

Jahrestagung
der
Deutschen
Bodenkundlichen
Gesellschaft

Abstractband

Halle (Saale), 2. – 8. September 2023
<https://www.dbg2023.de>



Inhalt

Vorträge	3
Kommission I (Bodenphysik und Bodenhydrologie)	4
Kommission II (Bodenchemie).....	54
Kommission III (Bodenbiologie und Bodenökologie).....	127
Kommission IV (Bodenfruchtbarkeit und Pflanzenernährung).....	187
Kommission V (Bodengenetik, Bodensystematik, Bodeninformation).....	210
Kommission VI (Bodenschutz und Bodentechnologie).....	265
Kommission VII (Bodenmineralogie)	295
Poster	312
Kommission I (Bodenphysik und Bodenhydrologie)	313
Kommission II (Bodenchemie).....	342
Kommission III (Bodenbiologie und Bodenökologie).....	408
Kommission IV (Bodenfruchtbarkeit und Pflanzenernährung).....	443
Kommission V (Bodengenetik, Bodensystematik, Bodeninformation).....	479
Kommission VI (Bodenschutz und Bodentechnologie).....	504
Kommission VII (Bodenmineralogie)	530
Kommission VIII (Boden in Bildung und Gesellschaft)	540

Jahrestagung der
Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft
DBG 2023

Vorträge



Jahrestagung der
Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft
DBG 2023

Kommission I

Bodenphysik und Bodenhydrologie

Modeling effects of nitrogen fertilization intensity and irrigation on field water cycles and water use efficiency in Bangalore, India

Albara Almawazreh¹; Daniel Uteau²; Prof. Andreas Buerkert²; Stephan Peth³

¹ Leibnitz Universität Hannover; ² Universität Kassel; ³ Leibniz Universität Hannover

The rapid expansion of the mega city of Bengaluru over the last decades and the associated population growth led to changes in agricultural management practices towards increased irrigation agriculture and mineral fertilizer use. As plant nutrition and water uptake are closely linked, there is a need to understand how nitrogen (N) fertilization affects the field water cycle and water use efficiency (WUE) of common crops under limiting and non-limiting water conditions. Two field experiments (rain-fed and irrigated) were established on a deeply weathered Nitisol at the University of Agricultural Sciences Bangalore (UASB) GKVK campus. Three major crops in the region, Lablab, finger millet, and maize were sown and treated with three crop-specific levels of N fertilizer (high, medium, low) in a randomized split plot block design with four field replicates. We set up a hydrological model (HYDRUS 1D) for each crop and each treatment, which we calibrated and validated based on high resolution soil moisture data from installed sensors. The results indicate that factors like plant available water as a function of soil structure and plant specific properties such as N₂-fixation and drought tolerance, influence the impact of N fertilization on water cycle components and the corresponding WUE. Higher N application corresponded with higher grain yield and better water use efficiency WUE. For instance WUE of maize plots which received 150 kg/ha of urea (46%N) were 1-3 kg/m²/m higher than those that received none, similarly WUE of finger millet plots that received 50 kg/ha of urea (46%N) were 0.7-1 kg/m²/m higher of the control plots in both experiments. However, the effect on water cycle components was tangible only on the rain-fed field, where higher N levels led to around 6 cm and 3 cm higher transpiration, 3 cm and 2 cm lower evaporation and 3 cm and 1.5 cm lower percolation per season of maize and finger millet crops, respectively. The results also suggest that among the three crops, maize is the most susceptible to water stress, indicated by < 50% of actual transpiration to potential transpiration ratio and correspondingly only 0.1 kg/m²/m of WUE difference between the high and low N treatments plots during the dry monsoon season of 2018, when the cumulative season precipitation was 23 cm. In contrast, for lablab crops a positive effect of N fertilization was observed only under water-limiting conditions, which can be attributed to its N₂-fixation abilities.

Drilosphere mass exchange processes across scales: Feeding models of shrinkage and water retention curve from pore scale simulations

Luis Barbosa; Horst H. Gerke

¹Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V.

Worms casts and exudates alter organo-mineral association at the pore scale level, increasing the cohesive forces of surrounding soil particles. This affects swelling and shrinkage dynamics during wetting and drying cycles, increasing significantly the complexity of modelling the movement of water and solutes in the drilosphere. Although the pore-scale approach provides a more complete description of the heterogeneity of mechanical and hydraulic properties, it is essential to translate how the microscopic mechanisms affect macroscopic parameters at Pedon or field scales, where diagnostics, monitoring and predictions of environmental issues can be applied to policy decisions. Therefore, it was hypothesized that upscaling pore scale drainage simulations the changes in the mechanical solicitation of the soil solid phase - originating in organo-mineral associations coating the surface of the biopore can be quantified by the soil shrinkage curve which, in turn, provide mechanistic descriptions to predict effects on the water retention curve. The challenge of this work was to develop pore-scale simulations of drainage of coated biopore compared to soil matrix, upscaling these measurements into water retention and soil shrinkage curves.

The results of pore scale simulations coupling Discrete Element Method and Pore Finite Volume where used to establish the relationship between specific volume and gravimetric water content, which reproduced the shrinkage of intra and inter aggregate porosity. We found that the enlargement and propagation of cracks during the drainage process developed due to the greater retraction of micro porosity than the soil bulk volume leading to the formation of soil desiccation crack systems. This affected the slope of the soil shrinkage curve, the smaller the slope the more cracks were created during shrinkage. However, the binding forces of the organo-mineral associations present in the coated biopore ensured greater wet stability of the pore network than the soil matrix. Consequently, the effective parameters of the water retention function revealed that the soil matrix presented a more significant reduction of unsaturated hydraulic conductivity compared to the coated biopore during drainage process. This upscaling approach may allow further developments to include in the effective parameters of water retention and shrinkage curves the heterogeneous domain observed in hydro-mechanical parameters at the pore scale.

Einfluss der Salzkonzentration auf das osmotische Potential in trocknenden Böden

Jannis Bosse; Wolfgang Durner; Andre Peters

Technische Universität Braunschweig, Institut für Geoökologie

Für die Beschreibung des Wasser-, Stoff- und Energietransportes in austrocknenden Böden ist die Kenntnis der hydraulischen Eigenschaften im trockenen Bereich erforderlich. Die Taupunktmethode ermöglicht eine schnelle und genaue Messung des Wasserpotentials in diesem Bereich. Allerdings ist trotz der breiten Anwendung dieser Methode der Einfluss der osmotischen Potentialkomponente bei der Messung kaum bekannt und wird deshalb vernachlässigt oder durch stark vereinfachende Ansätze abgeschätzt. Diese Ansätze basieren i.d.R. auf der Messung der elektrischen Leitfähigkeit und gelten nur für geringe Lösungskonzentrationen. Für höhere Konzentrationen, wie sie bei Bodenaustrocknungen auftreten können, sind sie nicht adäquat. Ziel dieser Arbeit war (i) den Anteil des osmotischen Potentials bei Taupunktmessungen auch bei hohen Salzkonzentrationen zu quantifizieren, (ii) zu überprüfen, inwieweit die üblichen Ansätze zur Modellierung des osmotischen Potentials gelten und (iii) inwiefern diese einer Verbesserung bedürfen. Hierzu wurden Proben dreier Böden unterschiedlicher Textur (Sand bis Schluff) mit unterschiedlich konzentrierten MgCl_2 -Lösungen gespült und das Wasserpotential im Bereich -104 cm bis -106 cm bei sukzessiv abnehmenden Wassergehalten ermittelt. Da der Wasserverlust durch Verdunstung geschah, konnte bei bekannter Ausgangskonzentration die Salzkonzentration zu jedem Zeitpunkt berechnet werden. Um den Einfluss des osmotischen Potentials zu quantifizieren wurden die salzbeeinflussten Retentionsdaten mit einer salzarmen Referenz verglichen. Das osmotische Potential wurde mit (i) einem empirischem Modell, (ii) der einfachen und (iii) der erweiterten Van't Hoff Gleichung modelliert. Letztere beschreibt das thermodynamische Verhalten der Salzionen besser. Es zeigte sich, dass das osmotische Potential je nach Konzentration der Sättigungslösung im Bereich um pF 4 – pF 4.5 einen erheblichen Anteil am gemessenen Wasserpotential hat und dieses sogar dominieren kann. Von den drei verglichenen Modellen konnte die erweiterte Van't Hoff Gleichung die Messwerte am besten beschreiben. Je nach Bodenart und Salzkonzentration kann die Vernachlässigung der osmotischen Potentialkomponente zu großen systematischen Fehlern und Fehlinterpretationen führen, etwa in der Bestimmung der Wasser-Retentionskurve.

Trace element mobilization during infiltration of monovalent-partial desalinated water for Managed Aquifer Recharge into different dune sediments

Laura Braeunig¹; Mareike Schloo; Victoria Burke¹; Janek Greskowiak¹; Gudrun Massmann¹; Stephan Peth²

¹ Carl von Ossietzky University of Oldenburg, Institute for Biology and Environmental Sciences; ² Leibniz Universität Hannover, Institut für Bodenkunde

Groundwater recharge is one of the most affected and uncertain parameters securing global fresh water resources under the aspect of changing climate. Especially, freshwater lens volumes of islands depend solely on groundwater recharge and are additionally endangered due to saltwater intrusion. Managed Aquifer Recharge (MAR) via surface infiltration is a suitable approach to mitigate groundwater overexploitation and improving its quality. Commonly, desalinated seawater is used for MAR but the desalination process is cost and energy intensive. The aim of the cooperative project “innovatION” is to develop a monovalent-selective membrane capacitive deionization method to remove ions from seawater. Nonetheless, the infiltration of a water with different water chemistry than natural pore- or groundwater causes geochemical interactions between water and sediment.

Here, we present first insights on geochemical water-sediment interactions during infiltration of a monovalent partial desalinated water (mPDW) into three different dune sediments from the barrier island Langeoog, Northern Germany. Column experiments have been conducted with sand collected from the beach, grey and brown dunes. A decreasing pH, CEC and carbonate content was observed from beach sand over grey dune to brown dune sands. Those varying characteristics and mineral composition trigger different geochemical interactions. The results of the column experiments showed that cation exchange is the main ongoing process. Calcite dissolution or precipitation takes place depending on sediment characteristics. With pedogenic development of the sand dunes the geochemical interactions become more complex due to increasing fine fractions, organic and microbial components. Grey dune sands appear to be a suitable location for MAR application on Langeoog. Trace elements, as for example As and V, were found in all sand types and their mobilization during infiltration seems to be linked to colloidal transport. The results showed that it not just depends on shifting redox conditions but also on the chemical composition of the infiltrating water, as As and V mobilization was periodically retained with mPDW. Tending colloidal trace element transport was found to be an important factor not only at MAR sites but also at the pedo-hydrosphere interface and saturated zones with freshening-salinization processes.

Detecting the Decay: Insights into soil structure turnover following OC depletion

Franziska B. Bucka¹; Vincent J.M.N.L. Felde²; Stephan Peth²; Ingrid Kögel-Knabner¹

¹ Technical University of Munich (TUM); ² Leibniz University of Hanover

Aggregate forming and stabilizing processes have been intensively studied as they are closely linked to organic carbon (OC) sequestration. However, soils are no static systems and consequently, their structure is subject to constant breakup and turnover processes.

In order to study soil structure turnover with respect to the loss of OC, we designed an incubation experiment with soil microcosms, allowing OC-loss by leaching and microbial respiration, while preventing any mechanical disturbance.

We incubated intact soil cores of an arable Luvisol derived from Loess-deposits in south-east Germany for 300 days at constant water-tension and 25 °C to promote microbial activity. During the incubation, CO₂-release and OC leaching from the microcosms were monitored. A subset of microcosms was sampled each month to assess the effect of progressing OC depletion on the size distribution, OC content and stability of the aggregates.

The incubation led to a reduction of the initial OC (11.2 mg g⁻¹) by 2.2 mg per g soil and a more narrow C:N ratio, which corresponded to a reduced OC coverage of the mineral surfaces (1.7 m² g⁻¹ to 0.9 m² g⁻¹, as determined by N₂-BET). Despite the OC reduction, the aggregate size distribution (as determined both by wet- and dry-sieving) did not change significantly, although there was a trend towards a reduced aggregate mean weight diameter (higher reduction after wet-sieving). The aggregates' mechanical stability (as determined by dry-crushing), even slightly increased with a lower OC-content in the bulk soil.

Those observations highlight that OC depletion, without additional mechanical influence, does not immediately lead to the decay of soil structure. This suggests the existence of OC-storage sites that are not prone to OC-loss by leaching or microbial degradation. In contrast, the sites of initial OC-loss might not contribute to the structural stability of a soil.

Connecting near saturated hydraulic conductivity to soil aggregation under different land uses

Dymphie J. Burger¹; Sara L. Bauke; Lutz Weihermüller; Harry Vereecker; Wulf Amelung

¹ University of Bonn

Saturated and unsaturated hydraulic conductivity of soils for large scale applications are usually estimated from basic soil properties such as soil texture, carbon content and bulk density, using pedotransfer functions. Unfortunately, this approach typically neglects soil structural properties, and therefore, may cause incorrect representation of the runoff and infiltration processes. These processes are especially important to study during extreme rainfall events, which are more likely to occur with climate change.

In our study, we assume that soil structure is largely influenced by land use due to soil management practices such as tillage and land cover caused by different root architecture and litter layer quality and quantity. Therefore, we compare cropland, forests, and grassland sites with sandy to loamy texture along a climate transect across Europe. At those locations, the near saturated hydraulic conductivity was measured using a hood infiltrometer and soil samples were taken for aggregate fractionation. Furthermore, we will measure soil water retention characteristics by combination of the evaporation, sand bed and dew point method. We aim to combine all information to cover the complete range of hydraulic conductivity from saturation to full dryness and to provide a unique dataset on infiltration conductivity and soil retention characteristics. Here we will use exemplary locations along the climate transect, to show how the combination of information on soil hydraulic properties and soil structure can improve our understanding of land use effects on soil water infiltration.

A new sigmoidal but non-asymptotic soil water retention curve for the entire soil water content range brings together the van Genuchten and Brooks-Corey models

Gerrit de Rooij

Helmholtz Center for Environmental Research - UFZ

The most important parameterizations of the soil water retention curve do not perform very well in either the wet or the dry end. Rossi and Nimmo (WRR 1994) therefore gave the Brooks-Corey (1966) power-law model of the soil water retention curve a non-asymptotic dry range. Ippisch et al. (Adv. Water Resour., 2006) added an air-entry value to the sigmoidal retention model of van Genuchten (SSSAJ 1980). The models of Rossi and Nimmo and Ippisch et al. were adapted by de Rooij (HESS 2021) to arrive at a sigmoidal, non-asymptotic soil water retention curve with an air-entry value, dubbed RIA (Rossi-Ippisch-Adapataion). In RIA, the matric potential at oven-dryness appeared as a derived parameter.

Bittelli and Flury (SSSAJ 2009) showed that dry-range soil water retention data points often are unreliable. In order to make RIA robust when this is the case, this presentation explains how the matric potential at oven-dryness was made a fitting parameter that can be fixed if needed. This modification was complicated by the peculiar behavior of shape parameter α that made adequate parameter fitting impossible. The presentation elucidates this behavior and explains how this problem was solved by a reformulated model (de Rooij, HESS 2022). It then shows how earlier fits (when the problem had not yet been discovered) corroborate the reformulated model.

The work also offers support for a theoretical value for the matric potential at oven-dryness proposed by Schneider and Goss (Geoderma 2012), which is very helpful if dry-range data are lacking or of poor quality. The mathematical structure of RIA is such that, for α approaching infinity, Rossi and Nimmo's model arises as a special case of RIA, and, by implication, Brooks-Corey as a special case of Ippisch et al.

A public-domain code to fit the parameters using shuffled complex evolution (SCE) is available on Zenodo (de Rooij, 2022). It has features that help the user identify issues with local minima and overparameterization, and provides more information than most codes to offer better insight into the fitting process for those familiar with the SCE algorithm.

Thermische Eigenschaften von Böden - Modelle und Messungen

Ulrich Dehner

Landesamt für Geologie und Bergbau, Rheinland-Pfalz

Die thermischen Eigenschaften von Böden sind für vielfältige Fragestellungen wie z.B. die Strom- und Fernwärmeversorgung oder die Nutzung geothermischer Energie des oberflächennahen Untergrundes von Bedeutung.

Bisher liegen zahlreiche Modelle zur Ableitung thermischer Parameter mittels verschiedener Eingangsdaten vor. Entscheidenden Einfluss haben demnach Trockenrohdichte, Wassergehalt, Humusgehalt sowie die mineralogische Zusammensetzung von Böden.

Jüngste Untersuchungen stammen von Horn et al. 2021, die für Wassergehalte bei verschiedenen Matrixpotenzialen mehrere Schätzrahmen basierend auf Bodenart und Trockenrohdichte vorgelegt haben.

Die vorliegende Untersuchung verfolgt einen anderen Ansatz. Anhand umfangreicher Messungen an Stechzylindern wurden Messungen thermischer Parameter im Routinebetrieb eines bodenphysikalischen Labors mittels eines Messgerätes der Fa. Decagon vorgenommen.

Es liegt ein Datensatz für ca. 760 Bodenhorizonte vor, an denen folgende Parameter gemessen wurden:

- Wassergehalt bei pF 2,5
- Trockenrohdichte
- Körnung
- Corg sowie weitere bodenchemische Parameter

Darüber hinaus liegen detaillierte bodenkundliche Beschreibungen der Proben vor.

Vorge stellt werden sollen Ergebnisse der Auswertungen bezüglich des Einflusses bodenpyhsikalischer und - chemischer Parameter auf die thermischen Eigenschaften von Böden sowie eine boden- und substratsystematisch orientierte Auswertung der Daten.

Pedotransferfunktionen zur Ableitung von Trockenrohdichte und Porosität von Torfen und weiteren Moorsubstraten aus im Feld ermittelbaren Parametern

Ullrich Dettmann; Bärbel Tiemeyer; Arndt Piayda; Sebastian Heller; Bernd Schemschat; Stefan Frank

Thünen Institut für Agrarklimaschutz

Die Trockenrohdichte (TRD) und Porosität von Torfen und weiteren Moorsubstraten (kurz: Moorsubstrate) sind entscheidende bodenphysikalische Grundgrößen. Beide Parameter stehen in engem Zusammenhang mit wichtigen Bodenfunktionen und -prozessen. Sie beeinflussen dadurch direkt oder indirekt bodenhydrologische Bedingungen (z.B. Menge des pflanzenverfügbaren Wassers, Bodenfeuchte), bodenphysikalische (z.B. Schrumpfung, Quellung, Sackung, Bodenverdichtung) und biologische Prozesse (Torfmineralisierung und Torfwachstum). Auch die Nutzung landwirtschaftlicher Flächen (z.B. Befahrbarkeit, Pflanzenwachstum, Ertrag) und die Vernässbarkeit bzw. das Oszillationsvermögen von Moorstandorten hängt von den bodenhydraulischen Eigenschaften und damit von der TRD und der Porosität ab. Darüber hinaus ist die TRD entscheidend für die Umrechnung von Konzentrationen (z.B. organischer Bodenkohlenstoff und -stickstoff) in volumenbezogene Gesamtmenen. In Moorsubstraten wird die TRD und Porosität maßgeblich durch das pflanzliche Ausgangssubstrat, den Zersetzungsgrad und weitere bodengenetische Prozesse bestimmt. Diese lassen sich direkt bei der Bodenansprache im Feld bestimmen. Im Gegensatz dazu erfordert die Bestimmung von TRD und Porosität eine volumengetreue Probennahme und eine darauffolgende Laboranalyse.

In der vorliegenden Studie wurden Pedotransferfunktionen für Moorsubstrate zur Ableitung von TRD und Porosität mit einem Random Forest Verfahren entwickelt. Als Datengrundlage wurden Moorsubstrate aus etwa 500 Horizonten von 85 Standorten aus Deutschland und weiteren europäischen Ländern nach Bodenkundlicher Kartieranleitung (KA5) angesprochen und mit jeweils 6 Stechzylinderproben zur Bestimmung der TRD und Porosität beprobt. Als Prädiktoren dienten ausschließlich im Feld bestimmbare Parameter. Darunter fallen der Zersetzungsgrad nach von Post, Torf- bzw. Bodenart (z.B. Sphagnumtorf, Radizellentorf, amorpher Torf), Horizontcharakteristika (z.B. aggregiert, oxidiert, reduziert, gepflügt), mittlere Horizonttiefe, Durchwurzelungsintensität (keine Wurzeln bis extrem stark, abgeschätzt aus Wurzelanteil pro cm²) und Carbonatgehalt (Schätzung mit Hilfe 10 %-iger Salzsäure). Erste Ergebnisse zeigen, dass TRD und Porosität mit geringem Bias und hohem Bestimmtheitsmaß aus wenigen Prädiktoren (3-6) abgeleitet werden können. Die höchste Parameterwichtigkeit hat hierbei der Zersetzungsgrad nach von Post, gefolgt von der mittleren Horizonttiefe und der Torf- bzw. Bodenart.

The control of small-scale heterogeneity and spatially variable diffusion on mixing-limited reactions in unsaturated soils

Efstathios Diamantopoulos¹; Christopher Vincent Henri²

¹ University of Bayreuth; ² Geological Survey of Denmark and Greenland (GEUS)

Soils are characterized by structural components on multiple spatial scales, originating from soil formation processes, soil-plant interactions, microbial activity and management operations. This leads to local heterogeneities for almost all measurements of physical, chemical and biological state variables. This includes the diffusion process, which is known to be affected by the tortuosity, and therefore the water content. Also, biochemical reactions in soils appear to be highly variable in space and time. Yet, the identification of the main controlling factors of the dynamic of reaction rates in unsaturated porous media remain partial. Studying biochemical reaction in real-world soil-plant-atmosphere systems is highly challenging since the true underlying structures can never be absolutely known. For this, it is appealing to employ synthetic experiments. In this study, we consider a simple $A+B \rightarrow C$ reaction and investigate the potential impact of small-scale heterogeneity, infiltration fluxes and diffusion on apparent reaction rates in a series of synthetic soils described by the Miller-Miller theory. Reactive transport is solved using the random-walk particle-tracking approach to properly account for dispersion and mixing conditions. Results indicate a synergetic control of the intensity of soil heterogeneity, the Peclet number and the spatial variability of the (tortuosity-dependent) diffusion coefficient on mixing conditions, which has a great impact on effective reaction rates and on the formation of hot-spots and hot-moments. The initial location of the reactants appears to also condition the mixing state of the system and, therefore, the dynamic of reactions. We illustrate then the high complexity of reactive systems in unsaturated soils, which makes the use of average macroscopic reaction rates (as in most agriculture, environmental and geoengineering models) at least questionable.

Improving tropical soil carbon storage as a nature-based solution for climate mitigation?

Sebastian Doetterl

ETH Zurich

Using soil carbon storage as a nature-based solution to compensate for greenhouse gas emissions produced by industrial countries has been growing in popularity in recent years due to the lack of progress in transforming our economies towards carbon neutrality and net zero CO₂. Many of our expectations in finding nature-based solutions rely on vast, less developed –but nevertheless populated and rapidly changing– regions of the Global South. At the same time, concepts and assumptions about which solutions work for increasing long-term soil carbon capture in tropical ecosystems are based on knowledge gathered largely from the Global North in often fundamentally different environmental settings and from soils with very different development history. Furthermore, no modeling framework is available that accounts for the combined effects of climate, geochemistry and anthropogenic disturbance (soil erosion and land use change) on soil dynamics at larger scales in the tropics.

In my talk I will illustrate how these knowledge gaps and our lack of understanding of tropical soil genesis may mislead us into thinking that we can find easy solutions in the tropics to mitigate climate change. I will pair my analysis with an outlook on the socioeconomic drivers behind land use change, particularly in sub-Saharan Africa. I will highlight how the interactions of weathering and erosional disturbance can influence and dominate biogeochemical cycles in soils and discuss some directions where geochemical proxies that are available at the global scale can be useful for improving the spatial and temporal representation of tropical carbon storage and turnover.

Methodenvergleich Bodenphysik: Ringversuch zur Körnungsanalyse

Wolfgang Durner; Sascha Iden

TU Braunschweig

Die Partikelgrößenverteilung (PSD) eines Bodens ist eine grundlegende Materialeigenschaft, die eng mit physikalischen und chemischen Bodeneigenschaften zusammenhängt und fast alle Bodenfunktionen beeinflusst. Die experimentelle Bestimmung des Anteils von Sand-, Schluff- und Tonpartikeln erfolgt im Labor durch eine Kombination aus Siebung (Sand) und Sedimentation (Schlammkornanalyse). Die seit fast einem Jahrhundert üblichen Methoden zur Auswertung der Sedimentation sind die Pipettmethode (Köhn) und die Aräometermethode (international "Hydrometer", Bouyoucos, Casagrande). Sie sind sehr zeitaufwändig und erfordern geschultes Personal für eine genaue und verlässliche Bestimmung der Kornsummenkurve. Eine neue Alternative ist die „Integral Suspension Pressure“ (ISP) Methode. Sie basiert auf der Messung der Druckentwicklung in einer Suspension in einer bestimmten Tiefe, die ein integrales Maß für alle Partikel in der Suspension oberhalb der Messtiefe darstellt. Die PSD der untersuchten Probe wird durch Anpassung der simulierten Zeitreihe des Drucks an die beobachtete Zeitreihe durch inverse Modellierung ermittelt. Durch den Ablass eines Teils der Suspension wird die Genauigkeit der Methode verbessert und der zeitliche Aufwand reduziert (ISP+). Die ISP+ erlaubt die PSD in sehr hoher Auflösung zu bestimmen und vermeidet in ihrer experimentellen Umsetzung mit dem System PARIOTM (METER AG, München) praktisch jegliche Störung durch den Messprozess.

In einem Ringversuch mit 15 unabhängigen deutschsprachigen Laboren wurde ein Test zur Körnungsanalyse mit der Pipett- und der ISP+-Methode durchgeführt, um Aspekte wie Übereinstimmung, Robustheit und Genauigkeit beider Methodiken innerhalb und zwischen verschiedenen Laboren zu charakterisieren. Fünf Testsubstrate wurden nach Homogenisierung und Probenteilung nach identischer Vorbehandlung mit PARIO und mit der Pipettmethode mit je drei Wiederholungen pro Methodik in allen teilnehmenden Laboren vermessen. Im Beitrag werden die Ergebnisse des Ringversuchs vorgestellt.

Mechanismen und Methoden zur Erfassung von unterirdischen lateralen Flüssen im heterogenen Boden der kuppigen Grundmoränenlandschaft

Annelie Ehrhardt¹; Kristian Berger¹; Vilim Filipović²; Thomas Wöhling³; Hans-Jörg Vogel⁴; Jannis Groh⁵; Horst H. Gerke¹

¹ Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V.; ² University of Zagreb Faculty of Agriculture; ³ TU Dresden; ⁴ UFZ – Helmholtz Zentrum für Umweltforschung; ⁵ Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Unterirdische laterale Flüsse (ULF) sind ein weit verbreitetes Phänomen im ackerbaulich genutzten Boden der hügeligen Grundmoränenlandschaft. Auf Grund der heterogenen Struktur des Untergrunds sind Fließwege und Transportpfade von Nährstoffen und Pestiziden aus Ackergebieten in angrenzende Gewässer schwer abzuschätzen. Die Zielstellung der Studie ist es das Verständnis über das Auftreten von ULF in ackerbaulich genutzten Böden zu verbessern indem drei Methoden zur Erfassung von ULF miteinander verglichen werden. Zunächst wurde eine Zeitreihenanalyse (Wavelet-Kohärenz-Analyse) von Unterschieden im Wassergehaltsanstieg zwischen einem Lysimeter und einem korrespondierenden Feldstandort durchgeführt, um mögliche Randbedingungen für das Auftreten von ULF zu ermitteln. Weiterhin wurden Laborversuche mit an Horizontgrenzen entnommenen Bodenmonolithen entwickelt, um den Mechanismus der lokalen Porenwassersättigung als Auslöser für ULF zu überprüfen. In einem dritten Ansatz diente ein Feldtracerversuch zur Analyse der unterirdischen Fließrichtungen und –geschwindigkeiten unter natürlich auftretenden Niederschlägen. Mit Hilfe der Zeitreihenanalyse wurden Niederschlagsmenge und –dauer als mögliche Randbedingungen für das Auslösen von ULF identifiziert. Salz- und Farbttracerversuche mit durch Makroporen induzierter lokaler Sättigung entlang von Horizontgrenzen in 25 x 25 cm² großen Bodenmonolithen deuten auf Muster hin, die als ULF entlang einer Sandlinse und einer C-B-Horizontgrenze interpretiert werden können. In dem Feldtracerversuch wurde das ausgebrachte Bromid in einer Pararendzina 3 m unterhalb des Ausbringungsgrabens in 160 cm Tiefe nach 541 Tagen gefunden. In einer erodierten Parabraunerde wurde im gleichen Zeitraum nur vertikaler Fluss gemessen. Dies hebt die Bedeutung der 3D-Untergrundkartierung hervor für eine genaue Erfassung von unterirdischen Heterogenitäten der Bodenstruktur. Weiterhin ist es notwendig einen vielfältigen Satz an Methoden zur Erfassung verschiedener Aspekte ULF wie unterirdischen Fließwegen und Fließgeschwindigkeiten zu verwenden. Trotz der Vorteile der einzelnen Methoden die ULF zu erfassen ist es bis heute nicht möglich, ULF in kuppigen Grundmoränen in ausreichendem Maße zu quantifizieren und damit die hydrologische Relevanz des Phänomens in dieser Landschaft einzuschätzen.

A global comparison of biological soil crust surface structure: How does surface roughness change after wetting and what is the role of water repellency?

Vincent Felde¹; Lennart Hinz¹; Lucas Freudenthal¹; Susanne K. Woche¹; Emilio Rodriguez-Caballero²; Shubin Lan³; Jalil Kakeh⁴; Michelle Szyja⁵; Roberto de Philippis⁶; Eduard Reithmeier¹; Stephan Peth¹

¹ Leibniz Universität Hannover; ² University of Almeria; ³ Northeast Normal University; ⁴ University of Tehran; ⁵ University of Kaiserslautern; ⁶ University of Florence

Biological soil crusts (biocrusts) are topsoil microbial communities that are estimated to cover > 10 % of the global land surface. They play key roles in ecosystem functioning by increasing soil stability and reducing erosion. In drylands, one of their most important functions is the regulation of hydrological processes, such as water infiltration and water redistribution via run-off, which is strongly related to their surface properties. Depending on many factors such as texture and organismal composition, biocrusts exhibit strong differences in microtopography, which affects, among others, the connectivity of pathways for surface run-off and ultimately controls infiltration and soil erosion. While the connection between biocrust development and microtopography has been well documented, little is known about the dynamics of biocrust surface properties, especially in relation to hydrophobicity. To investigate the link between wettability and surface swelling after wetting, we scanned different biocrust successional stages from study sites around the world before and after a simulated wetting event. High-resolution 3D data of the biocrust surfaces was obtained with a structured-light 3D scanner (80 µm resolution). Since especially in hydrophobic soils, swelling of the surface may only occur once the hydrophobicity was overcome, we repeated the scans 10 times in 3 min intervals. Point measurements of contact angles (sessile drop method) were interpolated via Kriging to relate them with changes in biocrust microtopography. In all samples, the main surface changes occurred directly after wetting, i.e. during the first 3-6 minutes and differences between wettability and changes in surface microtopography were strongly related to crust type and study site, but no clear connection between wettability and surface swelling could be identified. Implications for water redistribution and erosion control are discussed.

Humusgehalt landwirtschaftlich genutzter Böden in Schleswig-Holstein und deren zukünftiges Kohlenstoffspeicherpotenzial

Ragna-Marleen Fey¹; Conrad Wiermann¹; Jörn Fröhlich²; Bernd Burbaum²; Marek Filipinski²; Arne Hanssen²; Christoph Haas²; Eckhard Cordsen²

¹ Fachhochschule Kiel; ² Landesamt für Umwelt Schleswig-Holstein

Im Energiewende- und Klimaschutzgesetz für Schleswig-Holstein ist eine Absenkung der THG-Emissionen um 95% (Bezugsjahr: 1990) bis zum Jahr 2050 vorgesehen. Um diese Ziele zu erreichen, sind auch im landwirtschaftlichen Sektor zusätzliche Maßnahmen erforderlich. Neben Maßnahmen zur Reduzierung der THG-Emissionen aus der Tierhaltung und Verbesserung der Nährstoffeffizienz werden große Potenziale in der Nutzung von Kohlenstoffspeichern landwirtschaftlicher Böden gesehen. Besonders der Wiedervernässung von Mooren wird in diesem Zusammenhang eine bedeutende Rolle zukommen. Aber auch auf mineralischen Acker- und Grünlandstandorten werden Reserven für eine zusätzliche Kohlenstoffspeicherung vermutet. Aus diesem Grund erfolgte eine Berechnung dieser zusätzlichen Kohlenstoffspeicherpotenziale mineralischer Böden in Schleswig-Holstein bis 1 m Tiefe auf der Grundlage von 220 Grünland- und 457 Ackerstandorten. Da eine Berechnung mit dem in vielen anderen Studien verwendeten Ansatz nach Hassink (1997) nicht möglich war, wurde eine einfache Differenzmethode in Anlehnung an Barré (2017) angewendet. Die Ergebnisse zeigen, dass auf der betrachteten Fläche von rund 1 Mio. Hektar ein Speicherpotenzial von 33 Mt Corg bzw. 120 Mt CO₂-eq besteht. Im Oberboden befindet sich dabei das durch angepasste Bewirtschaftungsmaßnahmen mittelfristig nutzbare Speicherpotenzial von 23,8 Mt Corg bzw. 87,3 Mt CO₂-eq. Die Ausnutzung dieses Sättigungsdefizites würde eine Anhebung des aktuellen Corg-Gehaltes im Oberboden um rund 30 % bedeuten. Um im Folgenden prüfen zu können, wie und in welchem Zeitraum dieses Potenzial genutzt werden kann, sollen in einem nächsten Schritt die aufgeführten Kohlenstoffsequestrierungsraten verschiedener Bewirtschaftungsmaßnahmen von Wiesmeier et al. (2020) überprüft und auf die schleswig-holsteinischen Verhältnisse angepasst werden.

Der Vergleich zu den wichtigsten terrestrischen Kohlenstoffspeichern, den Mooren, erlaubt eine gute Einordnung des Umfangs und der Bedeutung der berechneten Speicherpotenziale. Auf den rund 100.000 ha Moorflächen ergibt sich eine unbegrenzte THG Wirkung (Emissionsvermeidung + Senkenfunktion) von 165 Mt CO₂-eq in 50 Jahren, während sich auf den knapp 1 Millionen ha mineralischen Böden im Oberboden eine begrenzte zusätzliche Speicherfähigkeit von nur 87 Mt CO₂-eq ergibt. Insgesamt können Maßnahmen zur Vermeidung von THG Emissionen deutlich zielgerichteter und konzentrierter auf organischen als auf mineralischen Standorten erfolgen.

Messgenauigkeit von Watermark- und SMT-Sensoren in zwei unterschiedlichen Pflanzsubstraten

Ayla Krekel; Alexander Borgmann gen. Brüser¹; Thorsten Gaertig²

¹ ARBOR revival; ² HAWK - Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst

Bodenfeuchtesensoren (Watermark- sowie auch SMT-Sensoren) werden in zunehmend zur Bewässerungssteuerung eingesetzt. Die Effizienz der Bewässerung hängt somit von der Messgenauigkeit der Sensoren ab. Bei Stadtbäumen werden häufig spezielle Pflanzsubstrate verwendet, die den Sieblinien der FLL-Empfehlung für Baumpflanzungen und der ZTV-Vegtra-Mü 2016 entsprechen, und daher einen hohen Grobbodenanteil enthalten. Da die Genauigkeit der Sensoren von der sie umgebenden Matrix abhängt, stellt sich die Frage, ob die Sensoren auch in den grobkörnigen anthropogenen Pflanzsubstraten brauchbare Messergebnisse liefern.

Um die Messgenauigkeit der Sensoren in diesen Substraten zu prüfen, wurden 34 Pflanzcontainer mit einem Volumen von etwas über 30 l mit zwei unterschiedlich grobkörnig strukturieren Pflanzsubstraten, dem feinkörnigeren „Vulkafarm® organisch“ und dem grobkörnigeren „Vulkatree® 0-16“ des Herstellers VulkaTec aufgefüllt. In die Container wurden entweder ein Watermark-Sensor, der die Wasserspannung über den elektrischen Widerstand misst, oder jeweils 2 kapazitive SMT-Sensoren (SMT 50 und SMT 100), die mithilfe eines elektrischen Feldes den volumetrischen Wassergehalt messen, eingebaut. Nach anfänglicher Wassersättigung trockneten die Substrate über einige Monate aus, wobei in regelmäßigen Abständen die Sensorwerte sowie der tatsächliche Wassergehalt über Wägung ermittelt wurde.

Über beide Substrate und Sensoren hinweg zeigte sich, dass die Sensoren, wenn Sie auf das Substrat eingestellt sind, brauchbare Messergebnisse liefern. Bei den Watermark-Sensoren sollte für das jeweilige Substrat einmalig eine pF-Kurve erstellt werden, um die Bewässerungsdosierung optimal gestalten zu können. Je nach Substrat streuen die Wassergehalte dann ziemlich gleichmäßig mit einer Standardabweichung von 2,2 -2,5 Vol% um die Wasserspannungen der berechneten Ausgleichsfunktion.

Bei den SMT – Sensoren, die den Wassergehalt messen, konnte festgestellt werden, dass diese erst substratspezifisch kalibriert werden müssen, um akzeptable Ergebnisse zu liefern. Nach erfolgter Kalibrierung besteht ein straffer linearer Zusammenhang zwischen den über Wägung und Sensor ermittelten Wassergehalten, der besonders bei den für die Bewässerung relevanten niedrigen Wassergehalten sehr hoch ist.

Do we know our soil's water cycle well?

Jannis Groh¹; Horst H. Gerke²; Jan Vanderborght³; Harry Vereecken³; Thomas Pütz³

¹ University of Bonn, Institute of Crop Science and Resource Conservation (INRES), Soil Science and Soil Ecology; ² Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF), Müncheberg, Germany; ³ Forschungszentrum Jülich GmbH, Agrosphere, Institute of B

The TERENO-SOILCan lysimeter network in Germany provides insights into the quantification of day and night water fluxes, including dew formation, precipitation, evapotranspiration, and groundwater recharge. The weighable high precision lysimeters consider feedbacks across the entire hydrological cycle, from soil to atmosphere, allowing for a more holistic understanding of water and nutrient dynamics. Data regarding the soil water balance will be presented that are important for understanding the hydrological cycle and for studying land-atmosphere interactions. It provides information about water and nutrient dynamics and is useful for developing and calibrating models, as well as testing soil-vegetation-atmosphere processes under controlled conditions.

Ist geklärtes Abwasser wirklich besser zur Bewässerung landwirtschaftlicher Flächen geeignet als unbehandeltes Abwasser? Nährstoff- und Schadstoffdynamik in einem sich wandelnden Abwasserbewässerungssystem

Benjamin Justus Heyde¹; Hahn Nicole¹; Paul Zernovnikov¹; Dona Elmossallamy¹; Kathia Lüneberg²; Christina Siebe²; Jan Siemens¹

¹ Justus Liebig Universität Gießen; ² Universidad Nacional Autónoma de México

Ungeklärte Abwässer aus Mexiko-Stadt werden in Mexiko seit über 100 Jahren zur Bewässerung von Ackerland im Valle del Mezquital verwendet. Nach dem Bau einer der größten Kläranlagen der Welt wird unbehandeltes Abwasser zunehmend durch behandeltes Abwasser ersetzt. Im Rahmen der Forschungsgruppe PARES FOR 5095 prüfen wir die Hypothesen, dass i) die Bewässerung mit behandeltem Abwasser zu einer Freisetzung von Antibiotikarückständen führt, die sich in der Vergangenheit in den Böden angereichert haben, ii) die Verfügbarkeit von Nährstoffen und Kohlenstoff in den Böden sich durch die Bewässerung mit behandeltem Abwasser im Vergleich zur Bewässerung mit unbehandeltem Abwasser reduziert, was iii) den Abbau und die Dissipation der Rückstände im Boden verlangsamen könnte, und iv) der Bodentyp den Effekt der Abwasserqualität auf die Freisetzung und Dissipation von Arzneimittelnrückständen sowie die Verfügbarkeit von Nährstoffen und Kohlenstoff moduliert.

Zur Prüfung der Hypothesen wurden Proben von 4 Leptosolen, 4 Phaeozemen und 4 Vertisolen aus dem Valle del Mezquital mit (I) behandeltem Abwasser der Atotonilco Kläranlage, (II) behandeltem, mit Schadstoffen versetztem Abwasser, (III) unbehandeltem Abwasser und (IV) behandeltem, mit Schadstoffen versetztem Abwasser gemischt und bei 85% der Wasserhaltekapazität inkubiert. Die Schad- und Nährstoffkonzentrationen wurden nach acht Zeitpunkten (0 h, 6 h, 24 h, 2 d, 4 d, 14 d, 4 w, 8 w) analysiert. Das behandelte Abwasser hatte einen geringeren Gehalt an Nährstoffen (Pgesamt, Kgesamt, BSB5 und DOC) und eine geringere Konzentration vieler untersuchter organischer (Antibiotika und Desinfektionsmittel) und anorganischer Schadstoffe (Metalle) als das unbehandelte Abwasser. Antibiotika und Quartäre Alkylamoniumdesinfektionsmittelwirkstoffe wurden aber durch die Kläranlage nur unvollständig aus dem Abwasser entfernt. In dem Inkubationsexperiment zeigte sich bereits, dass der Bodentyp einen höheren und signifikanten Einfluss auf die Nährstoff- und Kohlenstoffverfügbarkeit in den Böden hat als die Abwasserbehandlung. Laufende Analysen werden den Effekt der Abwasserbehandlung auf die Freisetzung und Dissipation von Antibiotika und Desinfektionsmitteln beleuchten. Das präsentierte Experiment verdeutlicht die Rolle des Valle del Mezquital als Reallabor für die nachhaltige Nutzung der Ressource Abwasser.

Auswirkungen der Aggregatbildung auf Bodenverformungsprozesse bei statischer und scherender Belastung und Konsequenzen für ökologische Bodenfunktionen.

Rainer Horn¹; Xinjun Huang; Heiner Fleige; Richard Schroeder²

¹ Institute of Plant Nutrition and Soil Science; ² Abteilung Bodenkunde, CAU Kiel

Statische und dynamische (scherende) Belastungen resultieren in Bodenverformungen und Veränderungen der hydraulischen, gasförmigen und thermischen Eigenschaften sofern die Eigenfestigkeit des Bodens bzw. der Bodenhorizonte überschritten wird.

Es gibt Berichte über die kombinierten Auswirkungen von Verdichtung und anschließender Scherung auf die hydraulischen Eigenschaften des Bodens, aber ihre Folgen für die Festigkeitseigenschaften des Bodens (d. h. die effektive Spannung und die Scherfestigkeit) werden noch weitgehend ignoriert. In dieser Studie wurde die Dynamik der mechanischen Eigenschaften des Bodens unter dem Einfluss des Porenwasserdrucks (u_w) während der Verdichtung und des Scherens untersucht. Es wurden Bodenproben aus einem A-Horizont von Gleyen und einer Pseudogley Parabraunerde aus Löss analysiert. Die homogenisierten und strukturierten Proben wurden unter statischer und zyklischer Belastung verdichtet und anschließend bei zwei Geschwindigkeiten (0,3 und 2,0 mm min⁻¹) mit drei Belastungsstufen (50, 100 und 200 kPa) geschert. Während jeder Beanspruchung wurden u_w , der Chi-Faktor (χ) und die effektive Spannung (σ') gemessen und berechnet. Die Scherfestigkeit (τ), der Winkel der inneren Reibung (ϕ) und die Kohäsion (c) wurden bestimmt und mit dem Mohr-Coulomb-Versagenskriterium angepasst. Die Ergebnisse zeigten, dass Verdichtung und Scherung u_w und χ in allen homogenisierten Böden erhöhten, während dieses Phänomen bei strukturierten Böden nur dann auftrat, wenn die angewandte Belastung die Eigenfestigkeit des Bodens überstieg. Die Erhöhung von u_w führte zu hydraulischen und mechanischen Spannungen im Boden, die letztlich zu einer Verringerung der effektiven Spannung σ' führten, insbesondere bei einem anfänglichen Matrixpotential von -6 kPa. Böden mit feinerer Textur, höheren Belastungen und schnellerer Schergeschwindigkeit wiesen in der Regel stärker reduzierte σ' -Werte auf. Die strukturierten Böden hatten höhere τ -Werte mit höheren ϕ und c im Vergleich zu den homogenisierten Böden. In dem Vortrag werden die Auswirkungen der Aggregatbildung und die Dynamik der mechanischen Eigenschaften des Bodens, die durch den Porenwasserdruck (u_w) während der Verdichtung und des Scherens beeinflusst werden, quantifiziert.

What causes rising DOC concentrations in streams from peat-affected catchments? Insights with high-resolution water quality analysis

Tobias Houska¹; Laura Degenkolb²; Marc Brösing²; Ingo Müller³; Klaus Kaiser⁴; Klaus-Holger Knorr⁵; Maximilian Lau⁶; Conrad Jackisch⁷; Karsten Kalbitz¹

¹ TU Dresden, Institute of Soil Science and Site Ecology; ² Sächsisches Ministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft; ³ Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; ⁴ Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften – Bodenkunde und Bodenschutz, Martin Luther-Universität Halle, ⁵ Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Landschaftsökologie, ⁶ Institut für Mineralogie, TU Bergakademie Freiberg

Peatlands are an important natural terrestrial carbon store. Any impacts on the drivers of hydro-biogeochemical processes in these ecosystems can be particularly severe. When peats degrade they can turn from powerful carbon sinks to emitters. They can also threaten drinking water supplies, as (heavy) metals can be leached from degraded peats along with dissolved organic carbon (DOC). However, quantifying DOC discharges from terrestrial to aquatic ecosystems is challenging. The hydro-biogeochemical processes occurring at the soil-aquatic interface are not only complex but also occur at different spatial and temporal scales. These processes depend on a variety of constantly changing external conditions such as temperature, nutrition- as well as oxygen availability. On top, there is no sensor available, which can measure the DOC concentrations of streams in situ and directly.

Here we investigated the DOC concentration in two nested catchments of two adjacent streams in the Ore Mountains of southern Saxony in Germany. One stream is dominated by mineral soils, while the other is dominated by (degraded) peat soils. Each of the four sites is equipped with YSI-EXO fDOM sensors. Further data comprise discharge, water temperature, turbidity and electric conductivity. A machine-learning algorithm (Random Forest) was trained to predict DOC concentration from the available data set (validation r^2 between 0.85 and 0.98). We investigated the gained 15-minute resolution DOC data on potential driving factors. Interestingly, the area-specific loads of the peat-dominated catchment with 3.5 mg C m⁻² a⁻¹ did not differ significantly from that of the mineral soil-dominated catchment with 3.1 mg C m⁻² a⁻¹. However, the loads over the year were almost twice as high as previously detected from data collected on a monthly basis. With the high-resolution DOC data, we can detect the drivers of extreme DOC concentrations (up to 40 mg l⁻¹) after heavy rainfall events in summer and constant high-level DOC concentrations of 20 mg l⁻¹ during snowmelt in winter. By applying the algorithm on DOC:DON ratios, we were further able to quantify the different sources of plant-based material from the peat soils and microbial-degraded material from the mineral soil-dominated catchment. Previous DOC measurements, mostly based on 2-week to monthly measurements, likely greatly underestimate the contribution of DOC to C fluxes in ecosystems. For C-rich ecosystems such as Peatlands, this is significant.

Gekoppelte Modellierung von Wasser und Wärmeflüssen in der Umgebung von Erdkabeln unter atmosphärischen Randbedingungen

Sascha Iden¹; Jirka Simunek²; Wolfgang Durner¹

¹ TU Braunschweig, Institut für Geoökologie; ² University of California Riverside

Für den Transport elektrischer Energie über größere Entfernungen ist der Bau und Betrieb von leistungsstarken Stromtrassen geplant. Die verbauten Erdkabel wirken als Wärmequelle im Boden. Durch den gekoppelten Transport von flüssigem Wasser, Wasserdampf und Wärme kommt es zu einer Austrocknung des Bodens in der Nähe der Kabel, welche zu einer Reduktion von Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit des Bodens führt. Das Zusammenwirken dieser Prozesse birgt das Risiko einer Überhitzung der Kabel mit der Folge eines technischen Ausfalls; dies kann im Betrieb nur durch eine Drosselung der Leistung verhindert werden. Es wurde der gekoppelte Transport von Wasser und Wärme in der Umgebung von Erdkabeln mit einer Leistungsabgabe von ca. 30 W je Meter Kabellänge unter atmosphärischen Randbedingungen simuliert. Die Simulationen wurden mit einer modifizierten Version des Softwarecodes Hydrus-2D/3D durchgeführt. Es wurde ein 2D-Tiefenprofil simuliert, das orthogonal zur Hauptrichtung der Kabel ausgerichtet war. Der Zeitraum der Simulation war 2016-2018, wobei letzteres eines der trockensten Jahre in Deutschland in der jüngeren Geschichte war und im Sinne einer konservativen Betrachtung dreimal hintereinander simuliert wurde. Es wurden fünf verschiedene Texturen (Reinsand, Sand, Lehm, Schluff, Ton) simuliert und ein sandiges Bettungsmaterial angenommen. Zusätzlich wurde die Wärmeleitfähigkeit der Bettung auf drei Stufen variiert. Die Ergebnisse zeigen extreme Austrocknungen in der Kabelbettung bis zu pF-Werten von 6 und höher und einen starken Einfluss der Wärmeleitfähigkeit der Bettung auf die Temperaturentwicklung. Kritische Temperaturen am Kabel wurden selbst im trockenen Jahr 2018 und im Fall einer geringen Wärmeleitfähigkeit der Bettung nicht erreicht, wenn ein ausreichender Kabelabstand gewählt wurde. Entscheidend für eine adäquate Modellierung des Wasser- und Wärmeflusses war die korrekte Darstellung der bodenhydraulischen Funktionen im trockenen Boden, da sich die Wärmeleitfähigkeit des Bodens gerade bei niedrigen Wassergehalten sehr stark verändert.

The effect of Extracellular Polymeric Substances on water retention and conductivity in sandy soils

Stefan Julich¹; Carsten Nachtigal²; Cordula Vogel²

¹ Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde; ² Technische Universität Dresden

Soil microbial communities and plant roots produce polymeric substances of a great variety to enhance nutrient uptake and buffer fluctuations in their soil environment, which may affect soil functions. These substances like mucilage and extracellular polymeric substances (EPS) are known to alter the pore space and therefore influence soil physical properties like water retention. Although, recent research showed an improved water retention by certain EPS at the pore scale, it is still unclear whether plants might benefit from enhanced EPS contents in soils. Therefore, our research focuses on the effect of succinoglycan as a natural EPS-polysaccharide produced by various soil bacteria like *Ensifer meliloti* and *Rhizobia*. We used a sandy soil amended with varying succinoglycan concentrations to study aggregate size, hydraulic conductivity, and water retention. These properties were determined by a combination of the falling head method, the evaporation method and dew point potentiometry. Additionally, we determined the properties of succinoglycan such as viscosity and its water binding capacity. Our results indicate that with increasing concentrations of succinoglycan aggregate size increased and saturated hydraulic conductivity decreased. Water retention of the sandy soil was improved by increasing EPS concentrations, characterized by increased water contents in the range of the coarse pores, while only little differences were found for smaller pores. If and how the plants can benefit from the increased water retention in the coarser pores needs to be evaluated. Our results demonstrate that the combination of evaporation method and dew point potentiometry is able to determine the effect of EPS on soil hydraulic properties at the lab scale.

Charakterisierung der Bodenstruktur und des Wurzelsystems von Grünlandflächen mit Hilfe der Mikro-Röntgencomputertomographie

Katrin Kuka¹; Monika Joschko²

¹ Julius-Kühn-Institut Braunschweig; ² ZALF e.V.

Grünlandstandorte sind wichtige Ökosysteme, die insbesondere regulierende Ökosystemleistungen wie die Speicherung von Kohlenstoff und die Filterung von Wasser erbringen. Die Aufklärung der Beziehung zwischen Landnutzungsintensität und Bodenstruktur sowie deren Einfluss auf die Wurzelentwicklung und umgekehrt ist essentiell, um Empfehlungen für eine adäquate Bewirtschaftung von Grünlandstandorten erarbeiten zu können, mit welchen die Bodenfunktionen bestmöglich erhalten werden können.

In einem Projekt im Rahmen der Biodiversitätsforschungsinitiative (<http://www.biodiversity-exploratories.de>) wurden ungestörte Bodenkerne aus 31 Grünlandparzellen des Biodiversitätsexploratoriums Schwäbische Alb entnommen und mittels Mikro-Röntgenmikrocomputertomographie untersucht. Für die Probenahme wurde ein automatisiertes Probenahmegerät verwendet, um ungestörte Bodenkerne aus dem A-Horizont mit einer Größe von 120 mm in Höhe und Durchmesser zu entnehmen (Kuka et. al, 2013a). Daraus wurden wiederum bis zu 3 kleinere ungestörter Bodenkerne mit 30 mm in Höhe und Durchmesser ausgestochen. Die Bodenkerne wurden dann mit einem Mikro-Röntgencomputertomographen an der BAM (Berlin) mit einer Auflösung von 40 µm gescannt. In den 3D-Bildern konnten die Poren, die Festsubstanz und die Wurzeln deutlich unterschieden werden (Kuka et. al, 2013b). Die Wurzeloberfläche korrelierte signifikant mit der geschätzten Festsubstanzoberfläche und dem Verhältnis von Festsubstanzoberfläche zu Festsubstanzvolumen. Die Ergebnisse zeigen, dass mit steigender Landnutzungsintensität die Wurzeloberfläche als auch das Wurzelvolumen abnehmen, wobei insbesondere die Schnittnutzungshäufigkeit eine Rolle spielt.

Kuka, K., Illerhaus, B., Fritsch, G., Joschko, M., Rogasik, H., Paschen, M., Schulz, H., Seyfarth, M., (2013a): A new method for the extraction of undisturbed soil samples for X-ray computed tomography Journal of Nondestructive Testing & Ultrasonics (8), 1 - 8

Kuka, K., Illerhaus, B., Fox, C.A., Joschko, M., (2013b): X-ray computed microtomography for the study of the soil-root relationship in grassland soils Vadose Zone J. 12 (4), 10.2136/vzj2013.01.0014

PARIOplus – die halbautomatische Alternative zur Bürette? Ein Methodenvergleich.

Svenja Leemhuis¹; Elisabeth Solic²; Uwe Blum²; Axel Göttlein¹

¹ Technische Universität München (TUM); ² Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)

Die gängigen auf Sedimentation beruhenden Methoden zur Bestimmung des Schluff- und Tonanteils von Böden sind die Pipett- bzw. Büretten-Methode und die Aräometermethode, welche beide sehr zeitaufwendig als auch fehlersensitiv sind. Dem automatisierten Messsystem PARIOplus liegt ebenfalls die Sedimentation nach dem Stokes'schen Gesetz zugrunde. Mit diesem System ist es möglich eine quasi-kontinuierliche Partikelgrößenverteilungskurve zu erhalten, anstatt nur einiger zu interpolierender Messungen zu einzelnen Zeitpunkten. Es gestattet nach dem Start der Sedimentation einen unbeaufsichtigten, automatisierten Betrieb. Lediglich am Ende der Sedimentationszeit muss ein Aliquot der Suspension entnommen und getrocknet werden. Anhand von 149 Proben wurde in einem Kleinprojekt geprüft und verifiziert, ob die automatisierte PARIOplus-Sedimentationsmethode mit der rein manuell durchgeführten Büretten-Methode zu vergleichbaren Ergebnissen führt. Der Vergleich der Ergebnisse von PARIOplus und Bürette zeigte, dass der Großteil der Abweichungen (ca. 80 % der Proben) unter 5 % liegen. Die Probenpunkte mit diesen geringen Abweichungen befinden sich vor allem im mittleren Körnungsbereich (Bodenarten Ls, Lsu, Lu, Ltu, Lt, Lts, Sl, Slu, Uls und Ul) sowie erwartungsgemäß bei den Sanden (S, Su). Der Mittelwert aller Abweichungen liegt bei 5,67 %. Da bei einem Methodenvergleich von Pipette (Bürette) und Aräometer Abweichungen von bis zu 4 % (Kettler et al. 2001, Elfaki et al. 2016) gemessen wurden, wird die Abweichung zwischen PARIOplus und Bürette bei den aufgeführten Bodenarten daher als vertretbare bzw. annehmbare Methodenabweichung angesehen. Auch die Reproduzierbarkeit der Analyseergebnisse von PARIOplus ist gegeben. Da im Probenfundus der LWF (Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft) keine Proben mit einem Tongehalt von über 60 % vorhanden waren, muss die Vergleichbarkeit der Methoden in diesem Körnungsbereich noch untersucht werden.

(Intra-Event-)Schwankungen des totalen mobilen Inventars in Böden – Bedeutung für Kohlenstoffbilanzen und Kopplung unterirdischer Ökosysteme

Katharina Lehmann¹; Robert Lehmann¹; Martina Herrmann²; Simon Schroeter³; Kai Uwe Totsche¹

¹ Institut für Geowissenschaften, Friedrich-Schiller-Universität Jena; ² Institut für Biodiversität, Friedrich-Schiller-Universität Jena; ³ Max Planck Institut for Biogeochemistry Jena

In Böden ist ein weitaus breiteres Größen- und Materialspektrum – das "totale mobile Inventar" (TMI) – mobil*. Wie neben gelösten und kolloidalen Substanzen auch partikuläre Frachten >0,45 µm im Sickerwasser ungestörter Böden schwanken und am Stoffaustausch zwischen Oberflächen- und unterirdischen Ökosystemen beteiligt sind, ist noch nahezu unbekannt. Im topografischen Grundwasserneubildungsgebiet des „Critical Zone-Exploratoriums Hainich“ überwachen wir TMI-Dynamiken mittels Tensionslysimetern in Ober- und Unterböden der Landnutzungen Wald, Wiese und Acker. Bodensickerwässer und Niederschlag werden regelmäßig (14d-1m) und ereignisbedingt beprobt und physiko-/hydrochemisch, spektroskopisch und mikrobiologisch analysiert. Innerhalb von >6,5 Jahren wurden Schwankungen des TMI vor allem durch atmosphärische Bedingungen (Niederschlag, Temperatur) forciert, mit ausgeprägter Saisonalität in der Signatur der gelösten Bestandteile (z.B. Sulfat) und des pH-Werts der Sickerwässer. Der Gesamtexport von Bakterien aus Böden war im hydrologischen Winter 1,5-mal gegenüber Sommer erhöht. Episodische und starke Infiltrationsereignisse, nach Schneeschmelzen oder Starkregen haben eine verstärkte Mobilisierung von Partikeln zur Folge. Herauszuheben ist, dass der Export von partikulärem organischem Kohlenstoff (POC), während Infiltrationsereignissen im Winterhalbjahr, rund 80% der jährlichen Gesamtverlagerung einnahm. Dabei kann POC >20% des gesamten mobilen OC ausmachen und muss in Kohlenstoffbilanzen und bzgl. Ökosysteminteraktion berücksichtigt werden. Vor dem Hintergrund zunehmender Klimavariabilität und extremer Bedingungen infolge Klimawandel, haben wir die Intraevent-Dynamiken im TMI durch zeitlich hochaufgelöste Überwachung des Sickerwassers während eines Schneeschmelzereignisses (Feb. 2021) und eines Starkregenereignisses (Sommer 2021) untersucht, um das Verständnis der Einflussfaktoren der Verlagerung zu verbessern. Während der unterschiedlichen saisonalen Bedingungen waren jeweils starke Intraevent-Schwankungen des TMI (z.B. Nitrat, DOM, Mikroorganismen) zu beobachten, auch unter Wirkungen präferenziellen Fließens. Unser Langzeitmonitoring liefert neben besserem Verständnis des Bodenstoffhaushalts auch mögliche Kontrollfaktoren für Kopplung und Versorgung unterirdischer Ökosysteme (Aerationszone, Grundwasser) und deren chemischer, biologischer und funktioneller Schwankungen.

*Lehmann et al. 2021, SCI TOTAL ENVIRON, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143774>

Einsatz von Druckluftpflanzen im Boden – Quantifizierung des Sanierungserfolges mittels Laserscanaufnahmen der Bodenoberfläche

Oliver Löwe¹; Dominik Seidel²; Katharina Weltecke¹; Thorsten Gaertig¹

¹ HAWK Göttingen- Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst; ² Georg-August Universität Göttingen

Das Porenvolumen eines Bodens ist das Ergebnis eines ständigen dynamischen Prozesses. Im urbanen Raum ist dieses Fließgleichgewicht durch Bodenverdichtung essenziell gestört. Dadurch kann ein devitalisierender Kreislauf einsetzen, welcher zum Absterben von Feinwurzeln und Kronenbereichen führt. Eine der präsentesten Sanierungsmaßnahmen gegen Bodenverdichtung ist die Druckluftpflanzensanierung.

Bisher gibt es allerdings wenige wissenschaftliche Untersuchungen, die den Wirkungsgrad der Druckluftpflanzensanierung dokumentieren. In dem von der DBU geförderten Projekt SANURBAUM wurde folgende Arbeitshypothese geprüft:

Wenn durch die Druckluftpflanzensanierung neue Bodenporen geschaffen worden sind, muss sich die Bodenoberfläche um das Volumen der durch die Sanierung geschaffenen Poren erhöht haben.

Auf drei Versuchsstandorten, die jeweils eine der drei Hauptbodenarten (Sand, Schluff und Ton) repräsentieren, wurde die Wirkung der Druckluftpflanzensanierungen mit drei unterschiedlichen Sanierungsvarianten überprüft. Diese Varianten umfassen eine Variante mit Stützkorn, eine ohne Stützkorn und eine mit dem Einsatz von Wasser.

Erfahrungswerte der Sanierungsanwender wurden in die Maßnahme integriert um das in der Praxis übliche Sanierungsergebnis zu erreichen.

Der Arbeitshypothese folgend wurde der Sanierungserfolg mit Hilfe von Laserscanaufnahmen vor und nach der Sanierung geprüft.

Es zeigt sich:

- Dass der Sanierungserfolg von der Sanierungsvariante abhängig ist. Von den untersuchten Varianten hatte diejenige mit Stützkorn den besten Sanierungserfolg. Die Sanierung mit Wasser hat sich als nicht effektiv erwiesen.
- Dass der Sanierungserfolg maßgeblich von der Bodenart abhängt. Der Sanierungserfolg war bei den sandigen Böden höher, als bei den schluffigen Böden. Auf der Tonversuchsfläche wurde der geringste Effekt beobachtet.
- Dass der Sanierungserfolg maßgeblich von der Dichte des Sanierungsrasters abhängig ist. Bei Abständen von mehr als 0,40 m vom Sanierungseinstich ist der Effekt der Hebung kaum noch messbar.

Festgehalten werden kann, dass die Druckluftpflanzensanierung für bestimmte Standorte ein Potenzial zeigt, Bodenschadverdichtungen zu beheben. Auf unseren Versuchsflächen lag allerdings der Sanierungserfolg deutlich unter den Erwartungen. Aufgrund des hohen Aufwands und der vielen Sanierungsparameter, kann insgesamt ein einfaches Arbeiten im Sinne von „hinfahren und belüften“ nicht empfohlen werden.

Prediction of denitrification by assessing the microscale oxygen distribution in structured soils

Maik Lucas¹; Lena Rohe²; Bernd Apelt¹; Hans-Jörg Vogel¹; Reinhard Well²; Steffen Schlüter¹

¹ Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ; ² Thünen Institute of Climate-Smart Agriculture

Different microbial species are capable of producing N₂O through multiple pathways, and these can coexist within short distances due to different microenvironmental conditions in the heterogeneous soil structure. Denitrification in soil occurs predominantly in microbial hotspots where denitrifiers use nitrate as an alternative electron acceptor. Soil water content has a profound influence on denitrification because it determines the diffusion lengths of oxygen through air- and water-filled pores, as well as the diffusion of denitrification products from the source in the soil to the atmosphere. Predicting N₂O emissions resulting from denitrification, however, is notoriously difficult without quantifying microscale hotspots.

In this experiment we evaluated results from an incubation experiment with undisturbed cores from two different soils having contrasting structures (cropland vs. meadow) at three different water contents. In addition to high-resolution gas chromatography, 15N-labeled nitrate solution allowed information on denitrification and its product ratios to be gained through IRMS measurements at selected time points. On the other hand, 7 needle-type optodes per core in combination with image analysis of images derived by X-ray tomography are used to quantify small scale diffusion distances and hotspots around POM. Last, a previous experiment, with the same but sieved soil and without particulate organic matter (POM), is used as a comparison to further investigate the influence local structure heterogeneity and POM on denitrification.

First results indicate that the reduction of diffusion pathways during sieving in the arable soil resulted in significantly lower emissions after sieving compared to the structured soil, while N₂O+N₂ emissions in the meadow soil were only slightly affected by sieving. For the first time, we were able to generate 3D images of O₂ saturation by combining image-derived diffusion length information with the measured O₂ concentrations. These allowed to explain high variabilities of N₂O+N₂ emissions from the field structured cores.

Quantifizierung der 3D-Spannungsverteilung mittels Wellenschlagsensoren zur Bewertung der Uferstabilität gegenüber hydromechanischen Belastungen an der Tideelbe

Anneka Mordhorst¹; Heiner Fleige¹; Dörthe Holthusen²; Elmar Fuchs²; Rainer Horn¹

¹ Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Christian-Albrechts-Universität Kiel; ² Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) Koblenz

Die Uferböden der Tideelbe werden durch Gezeiten sowie wind- und schiffsinduzierten Wellenschlag regelmäßig hydromechanisch belastet. Besonders Wellenschlag und Sogwirkung durch vorbeifahrende Schiffe führen zu kurzzeitigen Änderungen des dreidimensionalen Spannungszustandes im Uferboden, die mit Hilfe von Wellenschlagsensoren (Stress State Transducer Sensoren: „Watt-SST“) im Rahmen des Forschungsprojekts „SpaTe“ in Kooperation mit der Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz (BfG) untersucht wurden.

Die für den Einsatz unter Wasser und im wassergesättigten Boden konstruierte Messsensorik ermöglicht es, die Spannungsverteilung im Uferbereich in hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung zu erfassen und den dynamisch variablen, dreidimensionalen Spannungszustand mittels berechneter Hauptspannungen, mittlerer Normalspannung und oktaedrischer Scherspannung abzubilden. Die Sensoren wurden im Frühjahr 2021 und 2022 in drei Tiefen über und unter der Bodenoberfläche am Standort Hollerwettern (Schleswig-Holstein) an unterschiedlichen Positionen des Uferbereichs für mehrwöchige Dauermessungen eingebaut. Zusätzlich wurden ungestörte Bodenproben (Stechzylinder) entnommen, um Aussagen über die mechanische Belastbarkeit anhand der Stabilitätsparameter Scherwiderstand (Winkel der inneren Reibung, Kohäsion), zyklische Kompressibilität und Vorbelastung zu treffen.

Ein durch ein vorbeifahrendes Schiff generiertes Wellenmuster mit charakteristisch langperiodischen Primär- und kurzperiodischen Sekundärwellen spiegelt sich in den Spannungsverläufen im Wasser bzw. im Boden wider. Dabei treten Abnahmen (Sogwirkung, z.B. durch Absunk seitlich am Schiff) und Zunahmen der Haupt- und Scherspannungen (durch Wellenschlag) auf, die sich unterschiedlichen Schiffstypen und -eigenschaften zuordnen lassen. Aus dem erhobenen Datensatz von knapp 100 Tidehochwasserphasen mit insgesamt 377 schiffsinduzierten Wellenereignissen wurden die maximal auftretenden hydromechanischen Belastungen ereignisbezogen anhand der 1. Hauptspannung und oktaedrischen Scherspannung auf die Uferböden quantifiziert. Ein Überschreiten der mechanischen Bodenstabilität (1. Hauptspannung > Vorbelastung, Scherspannung > Scherwiderstand) führt potenziell zur Ufererosion, wozu auch die Prozesse der Bodenverflüssigung durch dynamisch wirkende Porenwasser(über)drücke insbesondere in kohäsionsarmen Böden (etwa Feinsande) verstärkend beitragen können.

Vorhersage der absoluten hydraulischen Leitfähigkeit im gesamten Feuchtebereich aus der Wasserretentionsfunktion

Andre Peters; Tobias L. Hohenbrink; Sascha C. Iden; Wolfgang Durner

Technische Universität Braunschweig, Institute of Geoecology

Für die Modellierung des Wasser-, Stoff- und Energietransports in Böden sind mathematische Beschreibungen der Wasserretentionseigenschaften und der hydraulischen Leitfähigkeit notwendig. Die hydraulische Leitfähigkeit ist im feuchten Bereich durch den Wasserfluss in Kapillarporen ("kapillare Leitfähigkeit") und im trockeneren Bereich durch den Wasserfluss in Filmen und auf Partikeloberflächen ("nichtkapillare Leitfähigkeit") bestimmt. Im Gegensatz zur recht einfach zu messenden Wasserretentionskurve wird die hydraulische Leitfähigkeit in der Regel als relative Leitfähigkeitsfunktion ausgedrückt, deren Form durch Porenbündelmodelle vorhergesagt wird und durch eine gemessene gesättigte Leitfähigkeit, K_s , skaliert werden muss. Wir haben bei diesem Ansatz zwei Nachteile identifiziert. Erstens führt die Skalierung der ungesättigten Leitfähigkeitsfunktion mit dem gemessenen K_s zu einer falschen Vorhersage der ungesättigten hydraulischen Leitfähigkeit wenn Strukturporen vorhanden sind (was in natürlichen Böden eher die Regel als die Ausnahme ist). Zweitens sind Leitfähigkeitsdaten im trockeneren Bereich für die Kalibrierung der nicht-kapillaren Leitfähigkeitsfunktion oft nicht verfügbar.

In dieser Arbeit stellen wir eine neue Methode zur Vorhersage der absoluten nichtkapillaren und kapillaren Leitfähigkeit aus der Wasserretentionskurve vor. Skalierungsparameter bei Sättigung oder im trockeneren Bereich sind nicht erforderlich. Die Vorhersage deckt den gesamten Feuchtebereich von der Trockenheit bis zu einem Potenzial $h_{\max}$ (z. B. -6 cm) ab, oberhalb dessen Strukturporen dominieren (falls vorhanden). Da es einfach ist, K_s experimentell zu messen, kann der Bereich zwischen $h_{\max}$ und vollständiger Sättigung durch Interpolation geschlossen werden.

Ein Test des neuen Leitfähigkeitsvorhersagemodells mit unabhängigen Daten ergab einen mittleren Fehler zwischen vorhergesagten und gemessenen Leitfähigkeiten von weniger als einer halben Größenordnung. Das neue Modell kann verwendet werden, wenn keine oder nur unzureichende Leitfähigkeitsdaten verfügbar sind. Das Modell kann auch für die Vorhersage der gesättigten Leitfähigkeit der Bodenmatrix (ohne Strukturporen) genutzt werden. Damit kann dieser Ansatz helfen zwischen der Leitfähigkeit der Bodenmatrix und der gesamten hydraulischen Leitfähigkeit, die auch den Einfluss von Strukturporen umfasst, zu unterscheiden.

Automated classification of the German soil map (BUEK 200) into FOOTPRINT soil types and its parameterization for hydrological modelling

Thorsten Pohlert¹; Stefan Reichenberger²; Qianwen He³; Sebastian Gebler³; Sebastian Multsch³; Beate Erzgräber³

¹ Knoell Germany GmbH; ² knoell France SAS; ³ BASF SE Agrarzentrum Limburgerhof

The FOOTPRINT Soil Type (FST) system has been derived during the FOOTPRINT project (2006-2009) to facilitate spatially distributed hydrological and solute transport modelling at national or EU scale. The basic idea of this approach is to classify the soil typological units (STUs) of a national or European soil database into a limited number of soil types (FSTs) in order to reduce the number of unique soil-climate combinations for the later numerically expensive simulations. The FST code consists of a hydrological class (the FOOTPRINT Hydrologic Group), a topsoil and a subsoil texture code and an organic matter profile code. The FST system is model-independent, but complete parameterization methodologies were established during FOOTPRINT for MACRO, a 1-D dual permeability model for simulating water flow and solute transport in macroporous soils at field level. In this study we i) translated the latest version of the German soil map 1:200,000 (BUEK200) into FSTs, ii) derived representative profiles for all FSTs with arable land use, and iii) parameterized these representative profiles in MACRO. The 3648 STUs with arable land use in the BUEK200 were classified into 226 FSTs. Area proportions covered by the different FSTs are highly skewed: The 13 FSTs with the largest areas already cover 50 % of the total arable land. The hydrological class of each FST indicates whether artificial drainage is needed to allow arable land use, and a map of potentially drained arable land was derived for Germany accordingly. A representative soil profile was established for every FST by depth-based averaging over all soil profiles belonging to the same FST. Special care had to be taken to ensure that mineral soil layers were not mixed with peat or hard rock layers. The plausibility of the representative FST profiles and their MACRO parameterization was checked with water balance simulations. The present case study for the BUEK200 soil database demonstrates the potential of the FST system for spatially distributed hydrological and solute transport modelling at large scale based on national soil databases.

Influence of perennial crop *Silphium perfoliatum* on pore volume, pore size distribution and pore connectivity detected by X-ray CT linked to water infiltration in top- and subsoil

Lina Rohlmann¹; Kathrin Deiglmayr²; Maik Lucas³

¹ Osnabrueck University; ² Osnabrueck University of Applied Science; ³ Helmholtz-Centre for Environmental Research GmbH – UFZ

Perennial bioenergy crops like *Silphium perfoliatum* (cup plant) are a promising alternative to currently used energy crops such as maize because of their positive feedbacks on various soil properties including carbon sequestration, edaphon activity and erosion control.

In this study we explored the long-term effect of the cup plant (>10 years) on pore structure and water infiltration and compared it to a reference site with conventional tillage in Borgholzhausen, North Rhine-Westphalia. Infiltration was measured with a tension infiltrometer on three plots on each site in two depths (5 – 10 cm and 45 – 50 cm depth) with a tension of - 1 cm and - 3 cm. After that 100 cm³ soil columns were taken below the area where the infiltration was measured. X-ray CT was used to scan the soil columns with a resolution of 35 µm. Machine learning based image segmentation was used to classify roots, particulate organic matter (POM), biopores and pores. The soil matrix was further divided into areas of high and lower intensity, whereby the later, darker areas contained higher pore volumes of pores < 35 µm or a higher proportion of organic matter. The dataset was complimented by the determination of total carbon content and the root length distribution with RhizoVisionExplorer.

First results suggest that the samples taken from the topsoil of the cup plant site have more mesopores and narrow macropores than the samples of the subsoil or the ones from the reference site. However, less biopores could be observed in these samples as they were refilled by bioturbation indicated by the darker soil matrix, which was often shaped like biopores.

Aggregates vs pores? A survey among soil scientists about perspectives on soil structure

Svenja Roosch

Leibniz Universität Hannover, Institut für Bodenkunde

Two perspectives on soil structure have often been juxtaposed in the past: the “solid phase” or “aggregate” perspective and the “pore” perspective. The debate intensified recently with several opinion papers, letters to the editor, and editorials being published on that matter. Main disputed aspects were whether aggregates (a) are suitable experimental units for measuring and upscaling soil functions and (b) exist in situ or are mere artefacts of the separation method. Some researchers view the pore perspective as superior regarding the explanation and measurement of soil functions and predict that it will largely replace the aggregate perspective. Despite disagreements between researchers following one or the other perspective, some researchers view the perspectives as complementary, not exclusive. Do we not even agree to disagree? Moreover, people taking the same broad perspective may not agree on all aspects on how to use the concept, as the discussion about aggregates as “biogeochemical reactors” for greenhouse gas production showed.

In order to have a constructive and efficient debate, it seems necessary that we better understand the different perspectives, arguments, and use of terms. Moreover, the discussion in written publications only reflects the views of a part of the scientific community. Thus, in order to gain a broader overview of the views currently present in soil science, other – additional – ways of communication are necessary.

An online survey is a low-inhibition tool to get insight into peoples’ thoughts. A short English-language survey containing mostly single or multiple choice questions as well as a few free-text fields is spread via email and social media. The aim is to answer the following questions:

1. How is the approval of pore or aggregate perspective distributed among soil scientists?
2. How do soil scientists judge the compatibility of the two approaches?
3. (How) do perspectives on soil structure differ between soil scientists at different career stages?

Results of the survey will be presented to sketch the status quo of how the soil science community conceptually relates to soil structure. Data grouped by career stage might give hints for a future development of this debate.

Soil water balance under salinity stress

Adil Salman; Wolfgang Durner

TU Braunschweig, Institut für Geoökologie

Evapotranspiration (ET) is one of the most important components of soil-water balance. Understanding soil water dynamics and improving water resource management require an accurate estimation of ET. ET is a function of different meteorological, plant, and soil factors. Soil water potential is one of the soil-related factors that influences the ET. It consists of two main components: matric potential and osmotic potential. Unlike the other factors, the influence of the osmotic potential on soil water balance has not been sufficiently investigated in experimental studies. Although its importance is growing as a result of the impact of climate change on water and soil quality, as well as on sea level rise, which increases salt-polluted areas, resulting in a significant impact on soil-water balance in various regions of the world. In this study, we investigated the impact of the osmotic potential on the ET using small-scale lab lysimeters planted with grass and equipped with soil moisture sensors, tensiometers, scales, and data loggers connected to computers. To produce different levels of the osmotic potential, the lysimeters were irrigated with two different water qualities: distilled water and a 4.79 dS.m⁻¹ NaCl solution. The lysimeters were maintained in a well-watered condition, and the daily ET has been monitored. The results indicated a strong relationship between the osmotic potential and the ET. After about three months of applying the treatments, the accumulative ET was reduced by 39% for the lower osmotic potential lysimeters in comparison with the lysimeters that were irrigated with distilled water.

Ökolandbau beeinflusst Kohlenstoffvorräte, aber nicht die Bodenstruktur und die damit verbundenen physikalischen Eigenschaften in einem Langzeitversuch auf Schwarzerde

Steffen Schlüter¹; Maik Lucas; Maxime Phalempin; Loreena Knecht; Felix Langehenke; Annette Deubel; Constanze Rusch; Jan Rücknagel

¹ Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ

Ein Vorteil des ökologischen Landbaus mit diversifizierten Fruchtfolgen ist neben der Reduzierung des Einsatzes von Pestiziden und Mineraldüngern der langfristige Aufbau von organischen Kohlenstoffvorräten. Darüber verbessert der Anbau von tiefwurzelnden Leguminosen wie Luzerne die Bodenstruktur und erhöht den Gehalt an organischer Substanz im Unterboden. Diese Ansichten wurden in letzter Zeit in Frage gestellt, da man Fruchtfolgen mit Leguminosen nur ein begrenztes Potenzial zur Erhöhung der Kohlenstoffvorräte in Schwarzerden zuschreibt, weil die Kapazität zur zusätzlichen Kohlenstoffaufnahme begrenzt ist. Auch die direkten Auswirkungen dieser Leguminosen auf die Bodenstruktur und damit verbundene Bodeneigenschaften wie Wasserrückhalt und -transport wurden in Frage gestellt und stattdessen mit indirekten Auswirkungen in Verbindung gebracht.

Ziel dieser Studie war es, die Auswirkungen leguminosenbasierter Fruchtfolgen auf die Kohlenstoffvorräte und Bodenstruktureigenschaften in einem Langzeitanbauversuch (26 Jahre) auf einem Tschernozem-Boden in Deutschland zu untersuchen. Wir verglichen ein konventionelles und zwei ökologische Anbausysteme mit steigendem Biomasseertrag und zunehmendem Anteil von Leguminosen in der achtjährigen Fruchtfolge. Der Vergleich umfasste Erträge, Kohlenstoffvorräte, bodenphysikalische Eigenschaften und Mikrostruktureigenschaften auf der Grundlage der Röntgen-Computertomographie des Bodens innerhalb und unterhalb des Pflughorizonts.

Die Kohlenstoffvorräte im Oberboden stiegen signifikant an (53 ± 2 gegenüber 61 ± 2 t ha⁻¹), und zwar nicht aufgrund von mehr Leguminosen in der Fruchtfolge, sondern aufgrund der Biomasserückführung durch die Ausbringung von Wirtschaftsdünger. Die Kohlenstoffvorräte des gesamten Bodenprofils (bis 48 cm Tiefe) nahmen mit dem höheren Anteil an Leguminosen tendenziell zu. Der Gehalt an partikulärer organischer Substanz und der Bioporendurchmesser unterhalb der Pflugschicht nahmen mit Luzerne in der Fruchtfolge tendenziell zu. Allerdings lag der Legacy-Effekt vier Jahre nach dem Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von Luzerne nur im Bereich der natürlichen, räumlichen Variabilität. Die Bioporenlängendichte in dieser Tiefe ist im konventionellen Anbausystem sogar am höchsten, entsprechend den höchsten Erträgen und dem vermutlich stärksten Wurzelwachstum. Aufgrund der ähnlichen Bodenstruktur gab es auch kaum einen Unterschied in der hydraulischen Leitfähigkeit zwischen den Anbausystemen.

Pedotransferfunktionen als Grundlage für die Quantifizierung von bodenphysikalischen Bodenfunktionen im Verlaufe von 40 Jahren landwirtschaftlicher Bodennutzung

Richard Schroeder¹; Heiner Fleige¹; Mario Hasler²; Rainer Horn¹

¹ Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, CAU Kiel; ² Christian-Albrechts Universität zu Kiel

Die Datenbank SOILMECHDAT-Kiel ist aus veröffentlichten Arbeiten zusammengestellt, deren Daten nach der KA5 bewertet werden. Ungestörte Bodenproben aus über 500 Profilen Mitteleuropas und bis zu 1500 Bodenprofilen konnten insgesamt zwischen 1979 und 2019 erfasst werden. Die dokumentierten Bodenhorizonte werden durch mehr als 50 mechanische, physikalische und chemische Parameter beschrieben und bilden die Grundlage für eine umfassende bodenmechanische Bewertung.

Die Bodenstabilität, quantifiziert als Vorbelastung (P_c), gibt Auskunft darüber, wie widerstandsfähig der Boden gegenüber mechanischer (anthropogener) Belastung ist. Ist die aktuelle Belastung höher als P_c , kommt es zur strukturellen Deformation infolge einer Setzung und Änderungen hydraulischer und pneumatischer Kenngrößen. Ebenso werden zahlreiche biologische und physikochemische (Redoxreaktionen) Eigenschaften mit beeinträchtigt. Aus den über die Jahrzehnte mit standardisierten Methoden erzielten Ergebnisse wurden Pedotransferfunktionen erstellt, die P_c als Maß für die Bodenfestigkeit mit einer Reihe von bodenspezifischen Eigenschaften in Beziehung setzen.

P_c -Werte wurden nach Ober- und Unterboden sowie nach Bewirtschaftung (konventionell, konservierend, Forstwirtschaft, Weide) und Entwässerungsgrad (pF 1,8; 2,5) differenziert. Weitere Parameter wie Gesteinsart, Textur, Humusgehalt, pH-Wert, Lagerungsdichte, Porengrößenverteilung, Luft- und Wasserleitfähigkeit wurden mittels multilinearer Regressionsanalyse in Beziehung gesetzt und mit dem Statistikprogramm R ausgewertet.

Wassergehalt, Textur und vor allem Struktur spielen bzgl. der Stabilität eine besonders wichtige Rolle. Trockenrohdichte und Humusgehalt verhalten sich jedoch sehr heterogen in Bezug auf P_c und hängen stark von Textur und Bodenstruktur ab. Ein zu hoher P_c -Wert ist ein Zeichen für eine Überverdichtung, insbesondere bei fein strukturierten Böden, weil damit eine Verschlechterung der Wasser- und Luftleitfähigkeit (k_a und k_l) und der Luftkapazität (LK) einhergeht. Im Vergleich zu den Beziehungen für Sande und Lehmböden liegen deren ökologisch optimale P_c -Werte viel niedriger. Darüber hinaus ist zu beobachten, dass sämtliche Bodentypen und -klassen mit ihren unterschiedlichen Eigenschaften von mechanischer Bewirtschaftung betroffen sind und messbare Anzeichen struktureller Überverdichtung aufweisen. Dies zeigt, dass die moderne Überlastung die ökologisch verträgliche Stabilität besonders produktiver Böden weit übersteigt.

Validierung einer quasi-kontinuierlichen spektralphotometrischen Nitrat- und DOC-Messung in der Bodenlösung („NITROM“) in einem Säulenversuch

Stefanie Kühfuß; Andreas Schwarz; Wolf-Anno Bischoff

Gutachterbüro TerrAquat

Die N-Dynamik im Boden ist zentral für wichtige Fragen, z.B. aus den Bereichen Klimagase, Wasserschutz und Düngung. In terrestrischen Böden ist die wichtigste reaktive Spezies gelöstes Nitrat. Die Prozesse sind sowohl verhältnismäßig schnell (Stunden) als auch räumlich heterogen (z.B. kleinräumige Denitrifikation in aeroben Böden). Diese Dynamik kann bisher mit keiner Methode im continuous flow gemessen werden.

Das Nitrat-Online-Messsystem (NITROM) wurde entwickelt, um die Dynamik von Nitrat und gelöstem organischem Kohlenstoff (DOC) in der Bodenlösung kontinuierlich spektralphotometrisch zu erfassen. Da Nitrat und DOC teilweise im gleichen UV-Spektralbereich absorbieren, ist eine standortspezifische Kalibrierung nötig. In einem Stofftransport-Versuch an ungestörten Bodensäulen mit kontinuierlicher Probeentnahme per Unterdruck wurde die Messmethode anhand von Labormesswerten kalibriert und validiert.

Aus der kontinuierlichen Beprobung der 16 Säulen (1 Boden, 2 Nutzungen: Umbruch nach 26 Jahren Kurzumtriebsplantage (KUP) vs. 26 Jahre ungedüngter Dauerroggen, je 2 Varianten: mit/ohne Bodenbearbeitung im Säulenexperiment) wurden insgesamt 153 Bodenlösungsproben mit klassischen Methoden im Labor sowie spektralphotometrisch an 3 separaten NITROM-Geräten im Durchfluss auf Nitrat und DOC untersucht. Aus dem Datensatz wurden randomisiert 30 Proben zur Kalibrierung, 30 Proben zur Validierung und die restlichen Proben zur „Vorhersage“ genutzt. Bei der Kalibrierung/Validierung wurde eine Polynomiale Multiple Regression (PMR) mit einer Linearen logarithmischen Multiplen Regression (LMR) verglichen. Die relevanten Wellenlängen wurden über eine Hauptkomponentenanalyse vorausgewählt.

DOC und Nitrat konnten mit 4 Wellenlängen erfolgreich kalibriert und validiert werden (R^2 -Spanne 0,95 – 0,996; $N=30$). Auch die nicht genutzten Daten konnten mit $R^2 > 0,95$ vorhergesagt werden. Nach der Kalibrierung wurden keine Modellparameter angepasst oder verändert. Das LMR-Modell zeigte i.d.R. die bessere Anpassung.

Im Säulenversuch konnten sowohl die Unterschiede zwischen verarmtem Roggenboden und KUP als auch die zeitliche Dynamik mit Trocken-Nasszyklen und Bodenbearbeitung, die meist zu kurzzeitiger DOC-/N-Mobilisierung führten, gut beobachtet werden.

Das NITROM ist daher mit einer standörtlichen Kalibrierung geeignet, die DOC- und Nitratdynamik in der Bodenlösung hoch zeitaufgelöst zu messen. Es kann bei Säulen-, Lysimeter- und Feldstudien zunächst im Forschungsumfeld eingesetzt werden.

An approach for capturing spatio-temporal soil-moisture dynamics in sloping terrain under beech forest in central Germany

Daniel Schwindt; Michael Dietze; Simon Drollinger; Jago Jonathan Birk; Michael Klinge; Daniela Sauer

Georg-August Universität Göttingen - Geographisches Institut

In the course of climate change, central Europe is currently facing increases in the intensity and duration of droughts and heat waves and, meanwhile, also in the frequency of heavy precipitation events. Related edaphic droughts have caused massive damage to forests. They are increasing due to shifts in precipitation patterns that also affect soil-hydrological functions. Surface runoff and preferential flow - both vertically and laterally - increase, leading to increasing heterogeneity in the soil-moisture distribution.

However, the analysis of soil-moisture dynamics is usually based on point measurements that do not fully capture this heterogeneity. Here, we combined established point measurements with geophysical methods to assess the spatio-temporal soil-moisture dynamics from the slope scale to the root-zone scale. Thereby, we explored, how vertical and lateral subsurface water flow, and soil-moisture distribution along a slope are affected by (i) subsurface architecture, including textural variations and preferential flow paths; (ii) hydrological extremes (droughts and precipitation events).

Our study area is located in a beech forest 10 km NE of Göttingen, near Ebergötzen (central Germany). The local soil pattern is dominated by Cambisols that developed in periglacial slope deposits with varying admixtures of loess, overlying Triassic sandstone. Meteorological data, throughfall, stemflow, soil moisture, matric potential, and sap flow are recorded at 15 min time intervals. Thus, soil-moisture dynamics are measured on a point-by-point basis with high temporal resolution, providing an ideal set-up to validate complementary approaches that are able to capture spatial heterogeneity. We used primarily high-resolution electrical resistivity tomography, combining long-term (fortnightly/monthly) and event-based measurements (e.g., during and immediately after thunderstorms).

Our data indicate that soil desiccation during prolonged dry periods proceeded relatively uniformly, with tree-root water uptake locally causing enhanced dynamics. In contrast, soil rewetting after precipitation events was spatially highly variable. Our results stress once more the importance of preferential flow for both vertical and lateral redistribution of water in soils, particularly in sloping terrain. They point to the urgent need for spatially highly resolved measurements to obtain a better understanding of soil-moisture dynamics under climate change.

UV-aging effects on polystyrene (PS-MP) surface polarity and transport in soils

Leila Shafea; Marc-Oliver Göbel; Susanne Karoline Woche; Vincent J.M.N.L. Felde; Stephan Peth

Leibniz Universität Hannover

Microplastics (MP) in soils are considered as an emerging environmental pollutant of global concern. Mobility and surface charges can be affected by aging transformations mainly via UV irradiation. In the present study, 1 μm polystyrene particles (MP-PS) were aged with UV irradiation using an irradiance of 2.05 W/m² (ultraviolet A, UVA; 365 nm) and 5.58 W/m² (ultraviolet C, UVC; 254 nm) and exposure times of 1, 2, 7, 14, 21, 28, 35, 42, and 49 days. The UV-aging effects on MP-PS were characterized in terms of changes in particle size, zeta potential, and surface functional groups as determined by ATR-FTIR. Non-irradiated polystyrene particles were used as a control. Column tests were performed by percolating MP particles suspended in CaCl₂ solution (ionic strength of 2.5 mM) through a quartz sand matrix (3 mm). Microplastic sizes steadily decreased in both treatments of UVA and UVC from day 1 to day 49. ATR-FTIR results revealed that UV irradiation induced a transformation of MP surfaces with a notable increase in oxygen-containing functional groups (e.g., COOH and COOC at 1730 cm⁻¹, C–OH and C–O–C at 1269 and 1237 cm⁻¹, and C–O–C at 1191 and 1144 cm⁻¹) due to C–H bond breaking during the oxidation process. The increasing incidence of oxygen-containing functional groups in UV-treated samples raised negative surface charge and zeta potential and enhanced the MP transport through the quartz sand column. With increasing irradiation time, the aged MP-PS showed continuously increasing transport rates compared to pristine MP, ranging from 46 to 85 % and 48 to 91 % for UVA- and UVC-treated samples, respectively. The results of column tests were in agreement with the highest negative zeta potential and highest formation of O-rich functional groups as compared to pristine MP, which enhanced electrostatic repulsion between aged MP and sand particles. Our findings imply that UV irradiation changes the MP surface physicochemical characteristics and transport potential, increasing MP's mobility and hence the risk for contamination of deeper soil layers and water bodies.

Keywords; Microplastics, UV irradiation, UV-aging, O-containing functional groups, transport.

Loss of subsurface colloidal and truly dissolved phosphorus during flow events in artificially drained lowland catchments

Nina Siebers¹; Jens Kruse¹; Yunsheng Jia¹; Bernd Lennartz²; Stefan Koch²

¹ Forschungszentrum Juelich/IBG-3; ² Universität Rostock

Subsurface losses of colloidal and truly dissolved phosphorus (P) in agricultural soils can cause ecological damage to surface waters. Investigation of an artificially drained lowland catchment (1550 ha) in northeastern Germany allowed us to gain a deeper understanding of subsurface particulate P transport from inland sources to a brook as affected by precipitation. During the 2019/2020 winter discharge period, we collected daily samples from three different locations, namely a tile drain, a ditch, and a brook, and analyzed them for total P (TP_{unfiltered}), particulate P >750 nm (TP_{>750 nm}), colloidal P (TP_{colloid}), and truly dissolved P (truly DP). Unfiltered TP in the tile drain, ditch, and brook consisted primarily of TP_{>750 nm} (54-59%), followed by truly DP (34-38%) and TP_{colloids} (5-6%). During flow events, 63-66% of TP_{unfiltered} was in the form of particulate P (TP_{>750 nm} and TP_{colloids}), while during baseflow it was 97-99%; thus, truly DP during baseflow was almost negligible (1-3% TP_{unfiltered}). We also found that the colloids transported in the water samples originated from the C horizon of a arable field where the drainage pipes are located. These water-extractable soil nanocolloids (0.66-20 nm) consisted mainly of clay minerals, and agglomeration of P-containing nanocolloids from the soil occurs along the flow path, with iron(III) (hydr)oxides gaining importance over clay particles. Event flow facilitated the transport of larger quantities of larger particles (>750 nm) through the soil. However, the discharge did not exhaust the mobilization of colloids, and colloidal P was transported through the drainage system throughout the runoff period, even under baseflow conditions. Therefore, it is important that the effects of rainfall intensity and pattern on particulate P export be further investigated so that drainage management can be adjusted to reduce P export from agricultural lands.

Preferential flow paths within soil profiles: Persistence and relevance for matter transport

Sebastian Socianu¹; Hanna Böhme¹; Timo Leinemann¹; Patrick Liebmann¹; Karsten Kalbitz²; Robert Mikutta³; Georg Guggenberger¹

¹ Leibnitz Universität Hannover; ² Technical University Dresden; ³ Martin Luther University Halle-Wittenberg

Preferential flow paths (PFPs) are soil areas that connect the soil surface and subsoil and allow rapid water and nutrient flux through the soil profile. Via PFPs also topsoil-derived dissolved organic carbon (DOC) penetrates deeper soil layers, providing available carbon sources to microbes. Understanding the small-scale variability of DOC concentrations and fluxes into the subsoil is thus key for a thorough assessment of OC translocation into subsurface environments. We evaluated water and DOC fluxes in three soil profiles at three depths down to 1.5 m in a sandy Dystric Cambisol in Lower Saxony during a 5-year period using segmented suction plates installed in subsoil observatories. Overall flows were affected by seasonal changes in precipitation, with winter and spring months having the largest water fluxes. Although DOC fluxes were irregular during the study period they were dependent on and positively correlated with water fluxes. Despite substantial flow fluctuation across suction plates and soil depths, rank analysis revealed consistent zones of high and low water and DOC fluxes, implying stable subsurface PFPs. Furthermore, the relevance of small-scale spatial heterogeneity as evaluated by intraclass correlation was greater than seasonal variability in each hydrological year, reinforcing the notion that PFPs in a soil profile endure through time. In addition, photometric analysis revealed that the aromaticity of DOC decreased with depth in all three profiles and was marginally linked with water flows, indicating the selective retention of complex organic matter by sorption onto mineral surfaces along the flow paths. Our findings highlight the temporal stability of PFPs in subsoils and their importance for the development and long-term maintenance of biogeochemical hotspots in the subsoil.

Oberflächen-NMR basierte Bodenfeuchtheitsmessungen

Tobias Splith¹; Thomas Hiller²; Andreas Chwala³; Ronny Stolz³; Mike Müller-Petke¹

¹ Leibniz Institut für Angewandte Geophysik (LIAG); ² Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR); ³ Leibniz-Institut für Photonische Technologien

Die Feuchtigkeit ist ein wichtiger Parameter für eine Vielzahl von biologischen, chemischen und hydrologischen Prozessen im Boden. Zur Bestimmung der Bodenfeuchtigkeit können verschiedene Messverfahren verwendet werden, welche aber meist invasiv sind oder von weiteren Bodenparametern abhängen. Bei letzterem wird somit eine bodenabhängige Kalibrierung notwendig. Im MoreSpin Projekt soll auf Grundlage von Oberflächen-NMR (SNMR) ein nichtinvasiver und kalibrationsfreier Sensor entwickelt werden, welcher tiefenaufgelöste Informationen über die Bodenfeuchtigkeit liefern kann. Durch ein kompaktes Layout und möglichst kurze Messzeiten soll außerdem ein laterales Mapping ermöglicht werden.

SNMR ist eine etablierte Methode zur Charakterisierung von Wassergehalt und Porengröße in der gesättigten Zone des Untergrundes. Um Messungen in der ungesättigten Zone und mit einem kompakten Layout zu ermöglichen, wird Präpolarisation verwendet. Hierbei wird vor der SNMR-Sequenz ein statisches Magnetfeld angewendet, wodurch die Magnetisierung der Protonen im Untergrund und somit das Signal verstärkt wird.

Wir stellen Ergebnisse erster Untersuchungen vor. Der verwendete Sensor-Prototyp hat eine Fläche von weniger als 4 m² und besteht aus Sende- und Empfangsspulen mit jeweils 1 m Durchmesser, sowie einer Präpolarisationsspule mit 1,6 m Durchmesser. Durch die Präpolarisation mit einem effektiven Präpolarisationsstrom von ca. 1500 A wird das NMR-Signal um mehr als eine Größenordnung erhöht. Zurzeit befindet sich eine supraleitende Präpolarisationsspule im Aufbau die eine weitere Signalerhöhung bewirken wird.

Aus den Messungen ergeben sich zusammen mit numerischen Modellierungen erste Aussagen zur Tiefensensitivität und zum Auflösungsvermögen des Sensors. Zur weitere Optimierung des Layouts bezüglich spezifischer Fragestellungen wurde außerdem eine Sensitivitätsstudie durchgeführt.

Ein neues physikalisches Modell zur Wasserabhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit in Böden

C. Florian Stange

Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR)

Es gibt viele Ansätze zur Beschreibung der Wärmeleitfähigkeit in Abhängigkeit der Bodenfeuchte, jedoch hochaufgelöste Messungen haben gezeigt, dass es Abweichungen der Messergebnisse von den Modellannahmen gibt (z.B. Markert et al. 2017). Arbeiten, die Ansätze miteinander vergleichen, favorisieren je nach Datengrundlage unterschiedliche Ansätze (z.B. He et al. 2020; Liu et al. 2021). Besonders im trockenen Bereich sind bisherige Ansätze unzureichend (He et al. 2021). Es wird festgestellt, dass gut anpassbare Ansätze empirischer Natur sind und nicht vollständig auf einer physikalischen Theorie basieren (e.g. Zhang et al. 2021, He et al. 2021).

Die Herausforderung bei Böden ist das Dreiphasen-System und die Interaktionen, die sich zwischen den Phasen in Abhängigkeit ihres Anteils an dem Gesamtraum ergeben. Der Beitrag stellt einen neuen Ansatz vor, der auf den Wärmewiderständen der Phasen (gasförmig, flüssig, fest) basiert und den Wärmewiderstand des Bodens daraus mittelt. Der Ansatz kann gut an hochaufgelöste Messungen mittels Parameterschätzung angepasst werden. Bei der Parametrisierung ergeben sich jedoch für die Wärmeleitfähigkeiten der drei Phasen von Quarz, Wasser und Luft abweichende Werte. Besonders die Werte für die gasförmige Phase weichen stark ab und sind auch ein Hinweis, dass Bodenluft nicht ideale Luft ist und auch Wärmeübertragung durch konvektiver Transport und Phasenübergänge des Bodenwassers eine Rolle spielen könnten.

In dem Vortrag werden die mathematischen Formeln des Ansatzes hergeleitet und mögliche Entwicklungen diskutiert. Bspw. werden die Anpassungen der vier Hauptbodenarten dargestellt. Der Ansatz ist trotz seiner physikalischen Grundlage recht anpassungsfähig und kann typischen Verläufe für Sand-, Schluff-, Lehm- und Tonböden gut beschreiben. Möglicherweise kann er als einheitliches Modell für alle Böden genutzt und seine Parameter durch PTF's berechnet werden.

He et al, 2020. Room for improvement: A review and evaluation of 24 soil thermal conductivity parameterization ..., Earth-Sci. Rev., 211.

He et al, 2021. Modelling dry soil thermal conductivity, Soil and Tillage Research, 213.

Liu et al., 2021. Modeling thermal conductivity of clays: A review and evaluation of 28 predictive models, Eng. Geol., 288.

Markert et al., 2017. Pedotransfer Functions of Soil Thermal Conductivity for the Textural Classes Sand, Silt, and Loam. SSSAJ, 81: 1315-1327.

Zhang et al., 2021. An evaluation of soil thermal conductivity models ..., ICHMT, 129.

Soil disturbance due to installation of a line-sensor and its effect on the concentration measurement

Denise Stirner¹; Nina Stoppe-Struck¹; Detlef Lazik²; Stephan Peth¹

¹ Leibniz University Hannover, Institute of Soil Science; ² Helmholtz Centre for Environmental Research - UFZ

A so-called line-sensor based on tubular gas-selective membranes provides the average carbon dioxide (CO₂)-concentration of the ambient soil along its length at field scale [Lazik et al. 2019]. The sensor is usually installed by excavating a soil pit and refilling it after the sensor has been positioned successfully. During this process, a homogenization of the soil body is unavoidable resulting in CO₂-concentrations that are likely different from naturally structured soils.

To enable the application of line-sensors in natural soil systems, an installation technique is needed that allows a direct undisturbed in-situ placement of the sensor. In this presentation we introduce an installation procedure based on the following approach: a horizontal cavity with the diameter of a sensor is created down to the installation depth. A line-sensor is attached to a support structure and inserted into the cavity until it reaches its final position. This direct installation should reduce significantly the disturbance in soil.

To characterize the disturbance and its effect on the concentration measurement we compare three soil systems which differ in the type of disturbance: (i) an undisturbed reference system with an ideal soil-sensor-contact, (ii) a disturbed system in which the line-sensor was installed using the installation technique and (iii) a disturbed system that was altered in soil structure by multiple saturation-drainage-cycles.

The evolution of CO₂-concentration is determined with one line-sensor per system. X-ray computed tomography is used to identify specific disturbance patterns in the sensor neighborhood that affect the concentration measurement. The extent of the internal deformation behavior of the soil resulting from the installation procedure is analyzed using the digital volume correlation method (DVC).

The results from this study allows to assess the effect of in-situ installation of line-sensors.

Reference:

Lazik, D., Vetterlein, D., Salas, S. K., Sood, P., Apelt, B. and Vogel, H. J. (2019). New sensor technology for field-scale quantification of carbon dioxide in soil. *Vadose Zone Journal*, 18 (1), 1-14.

Co-Evolution of Structure, Heterogeneity, and Function During Pedogenesis

Kai Totsche

Friedrich Schiller Universität Jena

Besides roots and earthworms, microorganisms play a fundamental role in the formation, stabilization, and turnover of “structure” in natural soil. While the former two are also important “bioturbators”, the role of microorganisms evolves from their particle enmeshment (e.g., fungal hyphae) and colonization and alteration of the fluid exposed surfaces in soil, the biogeochemical interfaces. The interdependences and feedbacks of soil structure dynamics and the activity of soil biota affect the fluid flow and the transport of matter and information in dynamic ways by altering the spatial assignment of soil materials, but also by changing their mechanical and surface properties as well as the hydraulic and pneumatic characteristics of the dynamics void-network system. These alterations and structural reorganizations occur at spatial scales already at the submicron scales with yet far-reaching consequences for soil functions at the pedon scale and beyond. Understanding the coevolution of structure and heterogeneity and the insight to which extent this coevolution impacts soil properties and functions is progressively evolving, allowing unraveling of their implications for soil quality and the soil-based ecosystem services. This presentation compiles the current understanding of the interplay of abiotic and biotic forcings for structural dynamics and its consequences on the processes and functions in soils. It builds on synthesizing the evidence, findings, and outcomes of field surveys, computer simulations, and experimental pedogenesis.

Influence of soil texture and vapor pressure deficit on water use patterns of two typical hardwood floodplain forest species under drought

Lizeth Vásconez Navas; Henrik Busch; Simon Thomsen; Joscha N. Becker; Volker Kleinschmidt; Alexander Gröngröft; Annette Eschenbach

Universität Hamburg

Hardwood floodplain forest species like *Quercus robur* (oaks) and *Ulmus laevis* (elms) are adapted to the hydrological fluctuations of floodplain soils connected to the river hydrology. The expected increase of streamflow drought, soil moisture drought and lower groundwater levels in Central Europe challenges these species, prompting different phenological adaptations to survive periods with water limitation. Thus, we wanted to assess the water use patterns of both species under drought, in sandy and loamy soils, and under high vapor pressure deficit (VPD).

We conducted the study during the vegetation period of 2020 in the active floodplain of the lower middle Elbe. A sandy site located in the high sand embankments and a loamy site, representing the low positioned sites of the floodplains were selected to study the influence of soil texture. Sap flow was measured in 5 trees per species per site, using heat-ratio method devices. 3 soil profiles per site were instrumented with volumetric water content and water tension sensors up to 1.60 meters below ground. A week in June was selected to represent high soil water availability and one in August with less soil water availability, both periods shared similar VPD.

Oaks and elms showed different reactions to soil type and water availability. Overall, elms kept higher mean daytime sap velocity than oaks (~50% higher). However, elms display higher variability within the studied periods, presenting a steep decrease in sap flow velocity with increasing drought. In contrast, oaks presented a more constant daytime sap flow velocity, but significantly lower than elms (E.g. in loamy soils: 13cm/h and 6cm/h, for elms and oaks, respectively). Furthermore, oaks showed a higher sensitivity to soil texture and associated soil water potential, displaying a reduction of approximately 50% of their daytime sap velocity from loamy to sandy soils. The Jarvis model was applied to understand the impact of soil texture on tree water use. Since the predicted sap flow velocity, on the sandy site, was significantly higher than the measured one under drought, we consider that soil water potential plays a stronger role in sap velocity regulation than VPD under these conditions.

We aim to provide insights to the influence that site-specific abiotic conditions, like soil texture, could have on oaks and elms adaptation to increasing water limitation. This information may help increase the success of restoration efforts of this ecosystem.

Soil structure matters: Modellierung des Einflusses von Bodenmanagement auf Bodenfunktionen mittels BODIUM

Ulrich Weller¹; Sara König¹; Bibana Betancur-Corredor²; Alexey Zaitsev²; Ute Wollschläger¹; Hans-Jörg Vogel³

¹ Helmholtz Centre for Environmental Research - UFZ; ² Senckenberg Museum of Natural History; ³ Helmholtz - Centre for Environmental Research - UFZ

BODIUM ist ein systemisches Bodenmodell, welches die wichtigsten Komponenten und Prozesse im Boden und des Interface Pflanze/Boden integriert, um damit den Einfluss von landwirtschaftlichem Bodenmanagement auf Bodenfunktionen vorherzusagen. Eine zentrale Rolle hierbei spielt die Bodenstrukturdynamik. Unterschiedliche Landnutzung und Bodenbearbeitung verändern den Porenraum auf charakteristische Weise. Biologische Prozesse, wie Wurzelwachstum und Regenwurmaktivität, tragen zur Veränderung des Porenraumes bei.

Wir zeigen Modellszenarien, bei denen unterschiedliche Strukturdynamik bewertet wird hinsichtlich ihres Einflusses auf Pflanzenwachstum, Wasserfluss (mit Einbeziehung schneller Durchbrüche aufgrund von Makroporenfluss) sowie Nährstoffeffizienz.

Teile der Strukturmodellierung werden durch die Open Access Bodenstrukturdatenbank (<https://structurelib.ufz.de/>; Weller et al., 2022) unterstützt, in welcher charakteristische Makro- und Mesoporenarchitekturen für verschiedene Bodentypen und Bewirtschaftungen verfügbar sind.

Das Modell erlaubt ebenso die Exploration von Klimawandelszenarien und die Bewertung von Anpassungsstrategien.

Referenz:

Weller, U., Albrecht, L., Schlüter, S., and Vogel, H.-J.: An open Soil Structure Library based on X-ray

CT data, SOIL, 8, 507–515, <https://doi.org/10.5194/soil-8-507-2022>, 2022

Untersuchungen zur Funktionalität der Bodenstruktur von Ackerstandorten in Schleswig-Holstein

Conrad Wiermann¹; Gerrit Müller¹; Stephan Peth²; Heinrich Fleige³; Anneka Mordhorst³; Daniel Uteau⁴; Eckhard Cordsen⁵

¹ Fachhochschule Kiel; ² Leibnitz Universität Hannover; ³ Christian-Albrechts-Universität Kiel; ⁴ Universität Kassel; ⁵ Landesamt für Umwelt Schleswig-Holstein

Die Bodenstruktur ist für die Ertragsfähigkeit von Ackerstandorten von herausragender Bedeutung. Dies gilt besonders im Hinblick auf mögliche Anpassungen an die Auswirkungen des Klimawandels. Hierbei steht die Funktionalität der Bodenstruktur im Fokus: bei Starkregenereignissen müssen große Wassermengen möglichst schnell in tiefere Bodenschichten abgeleitet werden – bei langanhaltenden Trockenperioden hingegen muss eine kontinuierliche Nachlieferung von Wasser auf tieferen Bodenschichten in den effektiven Wurzelraum gewährleistet sein. Es wird also ein kontinuierliches Porensystem, das Ober- mit Unterboden verbindet, erforderlich sein, um diesen Herausforderungen begegnen zu können.

Von 2019 bis 2021 wurden 45 repräsentative Ackerstandorte in Schleswig-Holstein hinsichtlich ihrer Struktureigenschaften untersucht. Aus 3 Tiefen (Bearbeitungshorizont, unmittelbar unter dem Bearbeitungshorizont, Unterboden) wurden ungestörte Bodenproben in vertikaler und horizontaler Ausrichtung entnommen, um die Porengrößenverteilung, gesättigte Wasserleitfähigkeit und Aggregatstabilität bestimmen und bildanalytische Untersuchungen durchführen zu können. Außerdem wurden visuelle Beurteilungen der Bodenstruktur (VESS-Score) im Feld und Ertragserhebungen vorgenommen, so dass direkte Bezüge zwischen den Bodenstruktureigenschaften und dem Ertragsgeschehen möglich wurden.

Zur Beurteilung des Strukturzustandes wurde das von ZINK ET AL. (2010) publizierte Compaction Verification Tool (CVT) herangezogen. Die Ergebnisse zeigen, dass anhand dieser Methode zahlreiche Standorte Strukturschäden aufweisen. Auch MORDHORST ET AL. (2020) haben diese Strukturschäden besonders im Unterboden nachgewiesen und zeigen, dass diese zu einem Anteil von mindestens 6 – 10% anthropogenen Ursprungs sind. Anhand der vorliegenden Ergebnisse lässt sich erkennen, dass in vielen Fällen besonders unmittelbar unterhalb des Bearbeitungshorizontes ein anisotrop horizontal ausgerichtetes Porensystem vorliegt. Diese sogenannte Pflugsohle wirkt sich nachteilig auf das Ertragsgeschehen aus, da eine negative Korrelation zwischen der Ertragsleistung und den Bodenstruktureigenschaften nachgewiesen werden konnte.

Die Ergebnisse zeigen, dass auf ackerbaulich genutzten Standorten in Schleswig-Holstein Pflugsohlenverdichtungen weit verbreitet sind und zukünftige Landnutzungssysteme darauf ausgerichtet sein müssen, diese Störschichten zu regenerieren bzw. zu vermeiden, um Ressourcen des Unterbodens nutzen zu können.

Heat treatment modifies soil wetting properties – What happens from 80°C to 600°C?

Susanne K. Woche¹; Marc-O. Göbel²; Jörg Bachmann¹

¹ Institut für Bodenkunde, Leibniz Universität Hannover; ² Institut für Bodenkunde, Leibniz Universität Hannover

Soil hydraulic processes and soil wetting properties are strongly interrelated. Water repellency can cause formation of preferential flow pathways and uneven water distribution that, e.g., as well may influence abundance and distribution of microorganisms (MO). Modification of soil wettability, quantified in terms of contact angle (CA), thus is suggested to impact the soil water regime and related soil parameters. A preceding study [1] revealed heat treatment at 80°C to distinctly increase CA from $< 100^\circ$ to $> 120^\circ$. Here, we went beyond and tested the impact of heat treatment from 80°C to 600°C on two sandy topsoils with original CA $< 100^\circ$ (Ut) and $> 100^\circ$ (Ct). Both materials reached maximum CA at 105°C-treatment ($> 130^\circ$) that did not change until 180°C-treatment. At 230°C-treatment, CA decreased distinctly to around 60° . At 360°C-treatment, Ct was wettable (CA=0°) while Ut showed CA of $0^\circ - 25^\circ$ up to 600°C-treatment, indicating irregularly distributed heat-resistant components. In agreement with observed CA, the base component of surface free energy (SFE) decreased at 105°C-treatment and increased between 230°C- and 280°C-treatment. Further, loss on ignition (LOI) increased by about 100% and the up to 180°C-treatment constant C/N ratio decreased by about 43% at 230°C-treatment. An increase in pH by about one unit indicated ash formation to start at 280°C-treatment. Summarized, heat treatment from 80°C to 180°C resulted in persistently hydrophobic interfaces, while the interval from 230°C to 280°C marked a turning point that fundamentally changed physical and chemical interface properties by volatilization of particle coatings as shown by XPS spectra [2]. The findings are potentially relevant for natural soil systems in context with global climate change with expected higher frequencies of not only droughts, but as well wildfires that can heat up the soil surface layer to the temperatures tested here [3]. In conclusion, within the affected soil layer, exposure to 80°C - 180°C may induce or enhance hydrophobicity, while at exposure to temperatures $\geq 230^\circ\text{C}$ particle interfaces will turn hydrophilic, with probably as well negative consequences for MO abundance as volatilization of the organic particle coating results in bare, basically nutrient-free mineral surfaces.

[1] Bachmann et al., 2021, doi: 10.1111/ejss.13102

[2] Gaj et al., 2019, doi: 10.2136/vzj2018.04.0083

[3] Martinez et al., 2022, doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.153654

The interaction of soil moisture profiles and root length density profiles governed by the land use

Mengqi Wu; Tobias Klauder; Steffen Schlüter

Helmholtz Centre for Environmental Research – UFZ

Understanding the effect of soil water availability on root dynamics and functioning is essential for unveiling the mechanism of root-soil interactions. The regulation of root system growth and depth distribution involves spatial and temporal variation in soil moisture. Soil moisture, as a key indicator of soil functionality, is significantly influenced by land use. However, the role of soil moisture across the entire root depth in different land use management is poorly known, in particular the contribution from deep subsoil layers. Here, the effect of land use (conventional and organic farming (CF and OF), intensive and extensive meadow (IM and EM), extensive pasture (EP)) on the relationship between soil moisture profile and root length density profile was investigated at the Global Change Exploratory Facility, in Bad Lauchstädt, Germany. The soil moisture profile during an entire year was bi-weekly monitored with a portable probe (TRIME Pico IPH) down to 110 cm. The root length density profiles were measured in May in two consecutive years down to 50 cm by the intact soil core samples.

Cropland treatments (CF, OF) were significantly wetter than the grassland treatments (IM, EP) after harvest due to missing transpiration. Furthermore, the root length densities of winter cereals in the cropland treatments were significantly smaller than the perennial grassland treatments, especially in 0-40 cm. These differences in root length did not result in significant differences in soil moisture among all land use types in May. Additional root length measurements shortly after harvest would be required to assess rooting strategies under drought conditions. The CF treatment had lower moisture than the OF treatment below 30 cm during the whole growing season and beyond, because of less vigorous plant growth in OF due to limited nitrogen supply. From July onwards, the IM treatment had higher soil moisture than the other grasslands (OM, EP), but only in the deep soil (> 70 cm). In general, soil moisture in the shallow soil layers (0-20 cm) was very similar across land uses and clear differences only emerged in deeper soil.

Our results clearly indicate the legacy effects of root water uptake several months after harvest and a decoupling of soil moisture from root density profiles. The largest differences in soil moisture among land uses only accumulated in the subsoil > 30 cm, as the long-term differences are canceled out in the topsoil < 30 cm.

Jahrestagung der
Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft
DBG 2023

Kommission II

Bodenchemie

Stable isotope ratios of total dissolved N to trace N sources and transformations along the water path through a tropical montane forest in Ecuador

Pablo Alvarez; Andre Velescu; Wolfgang Wilcke

Karlsruhe Institut für Technologie (KIT)

Tropical montane rainforest growing on little developed soils are frequently N-limited and therefore susceptible to N deposition and increasing N release by mineralization because of increasingly less wet conditions. We explored whether the $\delta^{15}\text{N}$ values of total dissolved N (TDN) could provide information about changing sources and transformations of N in a tropical montane forest in Ecuador. We determined $\delta^{15}\text{N}$ values of TDN with an elemental analyzer for liquids coupled to an Isotope Ratio Mass Spectrometer (TOC-IRMS) in ecosystem solutions along the water path through the forest from rainfall (RF) via throughfall (TF), stemflow (SF), litter leachate (LL) and mineral soil solutions at the 0.15 and 0.30 m depths (SS15, SS30) to streamflow (ST). Moreover, we determined the chemical quality of the ecosystem solutions, calculated element fluxes, and measured $\delta^{15}\text{N}$ values of leaves, litterfall, organic and mineral horizons. TDN concentrations and fluxes and TOC/TDN ratios increased in the order, $\text{RF} < \text{TF} < \text{SF} > \text{LL}$, while the $\delta^{15}\text{N}$ values of TDN decreased from RF ($3.4 \pm 0.9\text{‰}$) to TF ($-1.8 \pm 0.4\text{‰}$), increased in SF ($0.1 \pm 0.5\text{‰}$) and in LL ($1.3 \pm 0.6\text{‰}$). Lighter $\delta^{15}\text{N}$ values in TF and a negative canopy budget suggest that isotopically heavy N from RF was retained and in turn N-isotopically light compounds including DON and NO_3 were leached from the canopy. The higher $\delta^{15}\text{N}$ values of TDN in LL than in the aboveground solutions suggest a contribution of N-isotopically heavy DON leached from the organic layer which showed a mean $\delta^{15}\text{N}$ value of $1.8 \pm 0.9\text{‰}$. The $\delta^{15}\text{N}$ values of TDN increased with depth in the soil solutions at 0.15 m ($-1.5 \pm 0.3\text{‰}$) and 0.30 m ($-0.6 \pm 0.2\text{‰}$) and in ST ($0.5 \pm 0.4\text{‰}$) suggesting increasing denitrification which is in line with the decreasing TDN concentration in the same order. Moreover, the retention of DON as reflected by a decreasing DON contribution to the TDN below the organic layer suggested that DON was retained in the first centimeters of the mineral soil. If this DON was N-isotopically lighter than the mineral N, the DON sorption could additionally have contributed to increasing $\delta^{15}\text{N}$ values between LL and the soil solution at 0.15 m depth. Our results demonstrate that the $\delta^{15}\text{N}$ values of TDN in ecosystem solutions indeed provide information about sources and turnover processes of N and thus the TOC-IRMS measurement of the $\delta^{15}\text{N}$ values of TDN in ecosystem solutions could provide a novel straight forward approach to exploring the fate of N in forest ecosystems.

Humusgehalt und -qualität nach 28 Jahren Aushagerung im Vergleich zu ausreichend mit Stickstoff versorgtem Boden im statischen Stickstoffdüngungsversuch der TH Bingen

Thomas Appel¹; Christine Elsen¹; Paul Haßler

¹ Technische Hochschule Bingen

Extrem ausgehagerte Ackerstandorte sind in der Agrarlandschaft selten. Sie bieten Unkräutern und Bodenorganismen die Chance, sich ausnahmsweise zu etablieren, wenn sie in regelmäßig gedüngten Feldern nur schwer Fuß fassen können. Die besonderen Habitatsigenschaften eines extrem ausgehagerten Standortes hängen dabei maßgeblich vom N-Nachlieferungsspotenzial ab. Die Stabilisierung der organischen Substanz im Boden, sei es durch Mineralassoziierung oder durch zunehmende Rekalzitranz geht mit einer Verengung des C:N-Verhältnisses einher. Chronischer N-Mangel könnte deshalb langfristig die Stabilisierung des Humus im Boden beeinträchtigen. Um dieser Frage nachzugehen, wurden aus den oberen 10 cm des statischen N-Düngungsversuch der TH Bingen Bodenproben entnommen und auf leicht mineralisierbaren, leicht hydrolysierbaren sowie auf partikulären (POM) und mineralassozierten (MAOM) organischen N und C untersucht. Flächenrepräsentativ beprobt wurden die drei Varianten des in randomisierten Blöcken (n=4) angelegten Großparzellenversuchs: 1) seit 28 Jahren ohne N-Düngung, 2) 100 % N-Düngung (nach Nmin-Empfehlung), 3) ca. 150% N-Düngung. Die Fruchtfolge: Körnerraps-Winterweizen-Wintergerste. Das Getreidestroh wird stets abgefahren. Mit den Bodenproben wurde ein aerober Inkubationsversuch durchgeführt. Corg und Norg wurden extrahiert (feldfeuchter und bei 40°C getrockneter Boden mit CaCl₂ bei 20°C und anschließend bei 80°C). Außerdem wurde der Boden dispergiert und in die Partikelfractionen, < 0,02 mm, < 0,2 mm und > 0,2 mm unterteilt. Aliquote der Partikelfractionen wurden auf C und N analysiert.

Der Humusgehalt war im ausgehagerten Boden um ca. 0,3 %-Punkte niedriger als im Boden der mit N gedüngten Parzellen. Das entspricht einem Unterschied von ca. 15 %. Der entsprechende Rückgang beim leicht mineralisierbaren Stickstoff betrug sogar -33,6 %. Von der Aushagerung war die leicht mineralisierbare organische Substanz also stärker betroffen als der stabilisierte Teil des Humus. Der bei 80°C hydrolysierbare N spiegelte diesen Unterschied besser wieder (-27,2 %) als POM-N (-22,2 % bzw. -24,9 %). Die MAOM-Fraktion bzw. der durch 40°C Trocknung hydrolysierbare N zeigten die Veränderung der Humusqualität dagegen kaum an (-8,6 % bzw. -11,2 %).

Wir sehen in den Resultaten die Annahme bestätigt, dass chronischer N-Mangel im Boden die Bildung rekalzitranter organischer Fraktionen beeinträchtigt, wodurch der Humusgehalt langfristig unter chronischem N-Mangel abnimmt.

Ergebnisse aus dem Humusmonitoring auf Ackerflächen in Nordrhein-Westfalen

Chris Bamminger¹; Philipp Pohlig¹; Gerhard Welp²; Stefan Pätzold²; Wulf Amelung²; Michael Herbst³; Steffen Werner⁴; Tobias Heggemann⁵

¹ Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW); ² Universität Bonn; ³ Forschungszentrum Jülich GmbH; ⁴ Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen – Landesbetrieb (GD NRW); ⁵ Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen

Seit 2009 wird vom LANUV NRW in Zusammenarbeit mit dem Geologischen Dienst NRW, der Landwirtschaftskammer NRW sowie der Universität Bonn ein Humusmonitoringprogramm in Nordrhein-Westfalen durchgeführt. Ziele sind a) die Bestimmung standort- und bewirtschaftungstypischer Gehalte und Vorräte von organischem Kohlenstoff (Corg) von Ackerflächen in verschiedenen Naturräumen in Nordrhein-Westfalen sowie b) die Abschätzung von zeitlichen Veränderungen der Corg-Gehalte und -vorräte durch Einflussfaktoren wie den Klimawandel und die landwirtschaftliche Nutzung. Die Ergebnisse sollen auch eine wissenschaftlich fundierte Basis schaffen, um die Landwirte bei allen Fragen der Humuspflge optimal zu beraten. Im Humusmonitoringprogramm wurden in 2009 insgesamt 200 Ackerflächen in fünf Naturräumen in NRW untersucht. Im sog. Extensivprogramm wurden einmalig die Oberböden von 155 Flächen auf Corg sowie weitere chemische (u.a. Nt, P, pH, Schwermetalle) und physikalische Basisparameter (Textur, Lagerungsdichte) untersucht. Von weiteren 45 Ackerflächen in drei Naturräumen (Niederrheinisches Tiefland, Rheinische Bucht und Westfälische Bucht) wurden im sog. Intensivprogramm zwischen 2009 und 2019 jährlich und zusätzlich in 2021 Proben aus dem Ober- und Unterboden entnommen und auf ihre Corg-Gehalte sowie weitere physikochemische Bodenparameter analysiert. Zusätzlich werden alle drei Jahre unterschiedlich stabile (d.h. klimasensitive) Corg-Pools im Boden mittels POM-Fraktionierung analysiert. Parallel zu den Bodenparametern werden standortspezifisch Klima- und Bewirtschaftungsdaten ausgewertet, um sowohl mit einfachen Bilanzierungsmodellen (VDLUFA) als auch mit komplexeren Modellen (z.B. Roth-C) die C-Dynamik abzubilden. Ergebnisse aus dem Intensivprogramm für den Untersuchungszeitraum 2009 bis 2021 sollen vorgestellt werden.

Microplastics impact on soil aggregation, nutrient storage, and microbial community vary between soil and plastic types in a corn plant pot experiment

Ryan Bartnick¹; Aileen Jakobs²; Tillman Lüders²; Eva Lehdorff¹

¹ Soil Ecology, Bayreuth Center of Ecology and Environmental Research (BayCEER), University of Bayreuth, Bayreuth, Germany; ² Ecological Microbiology, Bayreuth Center of Ecology and Environmental Research (BayCEER), University of Bayreuth, Bayreuth, Germany

Microplastic (MP) interactions in the soil are not well studied and limitations exist to analyze the diverse array of MPs in soil. Microplastics have been observed to have an impact on soil chemistry, soil structure, water storage, and microbial communities. We hypothesized that MP introduction in soil will cause changes in (a) physical properties: reduce stable aggregate formation and water holding capacity, and (b) chemical properties: reduce carbon and nutrient storage, and (c) biological properties: reduced plant nutrition and shift in microbial community.

To better understand the effect of MPs on soil physical, chemical, and biological properties, Zea mays was planted in pots with two soil types (sandy and silty) and spiked with three MP types (PE, PET, PBAT) and separated by three concentrations (0%, 0.1%, 1% w/w) and three MP size ranges (200-400 µm, 75-200 µm, < 75 µm); additionally, controls of plants potted with no MP and addition of sand instead of microplastic were sampled. Aggregate fractionation and stability, along with water holding capacity, were tested to see changes in physical structure of the soil and rhizosphere. To understand chemical interaction and nutrient cycling, ¹⁵N-labelled ammonium nitrate and ¹³C-yeast as representative of organic matter were added to soil to observe changes in plant uptake, nutrient pools, and soil organic matter mineralization. Biological changes to plant growth, root biomass and leaf area index were assessed, and microbial community composition will be investigated.

We expect overall effect of MPs to be greater in silty soil compared to sandy soil and with higher concentrations of MP. In more detail, we assume that specifically the small MP size will disturb soil aggregate formation and that this will lead to a destabilization and loss of soil organic matter (represented by ¹³C-yeast C). The decay of biodegradable plastic (PBAT) is expected to change soil chemistry such as pH and nutrient sorption more than in treatments with conventional MP. Shifts in microbial community should be more pronounced in the presence of biodegradable PBAT compared to soil amended with PE and PET. This study is meant to highlight the role of conventional and biodegradable plastics on critical soil functions such as the storage of water and carbon as well as on nutrient retention and plant nutrition. Such disturbances might have serious implication for soils under drought stress in the during climate warming.

Magnesium isotope ratios trace weathering along a 127-year glacial retreat chronosequence

Nuria Basdedios¹; Yanhong Wu²; Wolfgang Wilcke¹

¹ Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Institute of Geography and Geoecology; ² Chinese Academy of Sciences

Stable magnesium (Mg) isotope ratios may be used as tracer of weathering processes. At the Hailuoguo glacier retreat chronosequence in SE China about one third of the initially present Mg was lost from the topsoil in 127 yr. We determined bulk soil and exchangeable $\delta^{26}\text{Mg}$ values at six sites exposed from the glacier from 0-127 yr ago. Moreover, we conducted a weathering experiment (pHstat) at the youngest (0 years) and the oldest (127 years) sites and measured $\delta^{26}\text{Mg}$ values in differently reactive pools. We found a close correlation between the $\delta^{26}\text{Mg}$ values of the bulk topsoils (0-10 cm) and the Mg depletion rates ($r=0.98$, $p < 0.001$, $n=6$). The particularly fast Mg loss in the first 37 yr was attributable to leaching of exchangeable Mg and the fast dissolution of chlorite as revealed by the lower $\delta^{26}\text{Mg}$ values of the fast ($-1.28 \pm 0.10 \text{ ‰}$) than the slow reacting ($-0.74 \pm 0.13 \text{ ‰}$) pool at the 0 yr-old site in our pHstat experiment. The $\delta^{26}\text{Mg}$ values of the fast-reacting pool represented a mixture of the exchangeable Mg and chlorite. Our results demonstrate that the $\delta^{26}\text{Mg}$ values can be used as proxy of Mg loss and to identify the mineral sources of this loss.

Microplastics in European agricultural soils

Moritz Bigalke¹; Alberto Frache; Adrian Grunder; Nicolas Beriot; Suzy Rebisz; Nuno Alexandre; Chiara Gnoffo; Esperanza Huerta Lwanga

¹ TU Darmstadt

Microplastics (MP, plastic fragments of 0.001-5 mm size) are distributed globally with soil being a major sink. The MP can have negative effects on soil physicochemical properties, soil organisms and plants growing on contaminated soils. The importance of agricultural soils for food production makes MP pollution of these soils especially relevant.

In the frame of the MINAGRIS project (<https://www.minagris.eu/>) we did a comparison of different particle-based techniques (FTIR with MCT and FPA detector, LDIR and Raman microscopy) to analyze MP concentrations in soils. The analysis was based on the analysis of clean MP particles (PE, PVC und PLA) as well as MP spiked to three different agricultural soils. We found FTIR to be the most suitable technique and the analysis of the measurement data a very important step for the actual measured MP concentrations. The method will be applied to >200 soil samples sampled from agricultural sites across Europe. In the presentation we will present the method comparison as well as the current state of the MP concentration analysis in the agricultural soils.

Biodegradable plastic: decomposition and implications for soil organic matter stock

Evgenia Blagodatskaya¹; Vusal Guliyev; Benjawan Tanunchai PhD; Maria Udovenko; Oleg. Menyailo; Bruno Glaser; Witoon Purahong; François Buscot

¹ UFZ - Helmholtz Centre for Environmental Research

The eco-friendly use of materials to protect the environment is a key factor in maintaining a sustainable ecological balance. Poly(butylene succinate-co-adipate) (PBSA) is considered among the most promising bio-based and biodegradable plastics for the future with a high number of applications in soil and agriculture. Therefore, the decomposition process of PBSA and its consequences for the carbon stored in soil require careful monitoring. We applied the stable isotope technique to partitioning plastic- and soil-originated C in the CO₂ released in the course of PBSA decomposition in a Haplic Chernozem soil. We also monitored the successional changes in microbial and enzymatic functional traits during plastic decomposition as dependent on nitrogen availability. The decomposition of the plastic was accompanied by the C loss from soil organic matter (SOM) through priming, which in turn was dependent on added N. In both cases—with and without N fertilization—the PBSA decomposition raised the overall CO₂ output by a factor of around 2.5. Nitrogen facilitated PBSA decomposition and reduced the priming effect during the first 6 weeks of the experiment. During the 80 days of plastic de-composition, 30% and 49% of the released CO₂ were PBSA-derived, while the amount of SOM-derived CO₂ exceeded the corresponding controls by 100 and 132% in PBSA-amended soil without and with N fertilization, respectively. The N fertilization increased PBSA mineralization to CO₂ by 31.6 % and decreased the priming effect by 36% compared with the non-N treatment.

Plant uptake and transformation of per- and polyfluorinated alkyl substances (PFAS) originating from PFAS contaminated paper sludges

Runa Boeddinghaus¹; Daniel Beiser¹; Maren Schultheiß¹; Melanie Mechler¹; Lukas Lesmeister²; Marco Scheurer²; Frank Sacher²; Jörn Breuer¹

¹ Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ); ² DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW)

Per- and polyfluorinated alkyl substances (PFAS) are xenobiotics widely used in paper industries to yield e.g. grease or water repellent paper products. Investigations concluded that mainly between 2000 and 2008 PFAS contaminated paper sludges were applied to > 1500 ha agricultural field sites in South-West Germany, also known as “the Rastatt case” (Klatt, 2021). These contained multiple PFAS, supposedly mainly precursors of perfluorinated alkylsubstances such as perfluorinated carboxylic (PFCA) and sulfonic (PFSA) acids. Several PFCA and PFSA were shown to bioaccumulate in plants (Lesmeister et al., 2021) and animals and pose a risk to human health (EFSA, 2020).

The FluorTECH project investigated the transformation of three PFAS products used in paper industries when amended to soils to PFCA and PFSA as well as PFAS uptake into plants. The PFAS products containing i) fluoroacrylate polymers (FAP), ii) fluorotelomer phosphate mono- and diesters (PAP), or iii) perfluoropolyether (PFPE) were added to paper sludge resulting in 0.1% PFAS in fibers of the paper matrix. The three PFAS amended paper sludges were separately mixed with PFAS-free top soil (loamy sand, pH 5.4, Corg 1.4%) and used in a three year greenhouse pot experiment with wheat and lattice as well as in two experiments assessing the effect of environmental conditions on precursor transformation: a 40 weeks incubation experiment with sterilized and unsterilized soil at 5 °C and 25 °C in the dark and a phytotron experiment with ryegrass grown under high and low soil moisture and temperature regimes.

Throughout all experiments, plants took up mainly PFCA with the highest content detected in the PAP product treatments. Also in treatments with the formerly as stable regarded FAP product, we found substantial PFCA content in plants. The PFPE product treatments showed plant PFCA concentrations similar to the control treatments (soil mixed with pure paper sludge). In the phytotron experiment, highest PFCA content in ryegrass was found under conditions of low soil moisture and high temperature for PAP and FAP treatments, indicating involvement of soil microorganisms in precursor transformation. No significant formation of PFCA and PFSA was detected in the incubation experiment. Therefore, we assume a crucial impact of root exudates for precursor transformation in soils. Together with the phytotron experiment results, we assume cometabolic transformation processes for PAP and FAP precursors.

Microplastic Interaction with Soil Water - Visualization and Quantification with Neutron and X-ray Imaging

Andreas Cramer¹; Pascal Benard¹; Anders Kaestner²; Mohsen Zarebanadkouki³; Andrea Carminati¹

¹ ETH (Zurich); ² Paul Scherrer Institute; ³ TUM

Soil is considered the largest sink of microplastics (MP) in terrestrial ecosystems. Among the expected effects of MP as hydrophobic surface addition is the likelihood that MP enhances soil water repellency. So, crucial for MP fate in soils is the interaction between MP and water. If MP is translocated by water flow and, vice versa, MP impacts water flow, to what extent? Water flow on the pore scale will be impacted with feedbacks on transport and retention of MP. However, we don't know the extent of and conditions under which MP are transported through porous media and, if deposited, how they interplay with soil water dynamics. We hypothesize that: (i) isolated MP are displaced and translocated by air-water interfaces and (ii) local accumulation of MP is facilitated by bypassing water flow. To approach this question, neutron and x-ray imaging of MP and water in soils was utilized.

Dual neutron and x-ray imaging at the beamlines ICON (Paul-Scherrer-Institute) during repeated wetting-drying cycles was applied to trace MP-water interactions in aluminum cylinders filled with sand (0.7-1.2 mm) and MP (PET, 20-75 μm) in gravimetric contents of 0.35, 1.05 and 2.10%. The contents refer to static contact angle estimations of the mixtures resembling $< 90^\circ$, 90° and $> 90^\circ$. First, simultaneous neutron and x-ray tomography captured the initial dry MP configuration in samples. Subsequently, neutron radiographies of deuterated water flow through the sample of 1 ml min^{-1} were recorded for 200s. After drying, repeated tomography gave insights into MP translocation.

Neutron and x-ray imaging results showed that regions of major MP content are water repellent. Water flow bypasses and MP is mainly retained. Resultant air entrapments lead to reduced water contents. In regions of minor MP content water can infiltrate. Here, the air-water interface collects isolated MP and shifts their distribution towards an enhanced accumulation.

Extrapolation of these results to natural soil systems suggests that vertical transport of MP can be limited especially at hotspots of high MP contents. Water bypasses here. This might limit the water dependent degradation processes of MP due to reductions in hydrolysis, coating and colonization by microorganisms even elongating the process of natural attenuation.

In-Situ Diversity of Metabolism and Carbon Use Efficiency among Soil Bacterial Groups

Michaela A. Dippold¹; Paul Dijkstra²; Pro Bruce Hungate²; Lingling Shi¹; Yakov Kuzyakov³; Weichao Wu⁴

¹ University of Tuebingen; ² Northern Arizona University; ³ University of Goettingen; ⁴ Shanghai Ocean University

The central carbon (C) metabolic network harvests energy to power the cell and feed biosynthesis for growth. In pure cultures, bacteria use some but not all of the network's major pathways, such as glycolysis, pentose phosphate and Entner-Doudoroff pathways. However, how these pathways are used in microorganisms in intact soil communities is unknown. Methodological challenges arise, when multiple metabolic pathways lead to the same product. Then, compound-specific isotope analysis may not provide enough information to quantify the activities of the contributing pathways. Instead, identification of where in the molecule the ¹³C is incorporated is required. Here we show how knowledge of position-specific ¹³C incorporation from glucose isotopomers into phospholipid fatty acids (PLFA) and PLFA fragments can be used to quantitatively estimate the fluxes through the central C metabolic network. We developed a method to measure ¹³C enrichment of PLFA and PLFA fragments (ethanoate, propionate) using electron impact gas chromatography-mass spectrometry and tested this with fatty acids extracted from two pure cultures (*Bacillus licheniformis* and *Pseudomonas fluorescens*) after position-specific glucose labeling. Metabolic flux modeling based on the ¹³C enrichment of ethanoate and propionate fragments showed that *B. licheniformis* used Embden-Meyerhof-Parnas and pentose phosphate pathway (66% and 30%, respectively), whereas *P. fluorescens* utilized Entner-Doudoroff and pentose phosphate pathway (72% and 27%). Applying this method to disentangle central C metabolic network activities of co-occurring microbial groups in soils allowed to distinguish at least three groups of PLFA on the basis of their metabolic organization. We showed that the two groups of Gram-positive and the Gram-negative bacteria utilize different pathways to metabolize glucose in an intact agricultural soil and disentangled glucose C allocation to catabolism and anabolism. These groups also differ in C Use Efficiency (CUE), the efficiency with which a substrate is used for biosynthesis. We demonstrated that CUE is mainly driven by their citric acid cycle activity. Our results provide experimental evidence for diversity among microbes in the organization of their central carbon metabolic network and CUE under in situ conditions in soils. These results involve important implications for how community composition and their metabolic organization affects soil C cycling and organic matter formation.

What limits carbon sequestration in soils?

Axel Don; Florian Schneider; Henrike Henrike Heinemann; Daria Seitz; Neha Begill; Christopher Poeplau

Thünen Institut für Agrarklimaschutz

Carbon (C) sequestration in soils has been discussed as important climate mitigation option with the potential to generate negative emissions. Agriculture requires such negative emissions since some of their greenhouse gas emissions are unavoidable and require compensation to achieve net zero. Expectation of soils contribution to climate mitigation need to come down from theoretical assumptions to realistic estimates. In order to do so the limitations for soil C sequestration need to be analysed and discussed. Here we present a framework with case studies looking at limitations that are i) intrinsic due to the soils' ability to stabilize SOC on mineral surfaces (C saturation) and the current state of high SOC stocks ii) constraints by net primary productivity and biomass availability, and iii) restrictions due to limited land area and increasing global demand for food, feed and fibre from agricultural production. For the start of this analysis we used data of the first German Agricultural Soil Inventory comprising more than 3000 sites. In total 34% of agricultural topsoils (0-10 cm depth) in Germany contain high SOC stocks with more than 4% soil organic matter. In particular soils with ground water influence and grassland land-use contain high SOC stocks, which need to be maintained first before further SOC accumulation can be achieved. C saturation was frequently discussed as reason for preventing further built up of stabilised SOC in C-rich soils. However, based on data from long-term field experiments and the national soil inventory we challenge the perception that C saturation is a limiting factor for soil C sequestration in our soils.

Biomass is required to maintain and enhance SOC. However, the quality and form of biomass influences the effectiveness for SOC formation. Roots are more important than above ground biomass. This shifts the view of C-management to below ground. Above ground biomass, such as straw, maybe harvested without harms to SOC stocks and used in industrial processes or converted to biochar. Strongly limited is the land area on which measures for SOC built-up can be implemented without compromising other ecosystem services. Avoiding leakage of greenhouse gas emissions due to measures for SOC sequestration are a major challenge. With the example of cover crops as agricultural management option we illustrate these limitations and discuss how some of the limitations for SOC sequestration could be removed.

Status Quo der Analyse von Mikroplastik in Böden

Kristof Dorau¹; Martin Hoppe¹; Daniel Rückamp¹; Jan Köser¹; Georg Scheeder¹; Katrin Scholz²; Dr.-Habil. Elke Fries¹

¹ Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe; ² Umweltbundesamt

In den letzten zehn Jahren wurde Mikroplastik (MP; < 5 mm) zu einem Hotspot der Umweltforschung. Obwohl aquatische Systeme zunächst im Fokus der Forschung standen, hat auch die Zahl der Untersuchungen in terrestrischen Systemen zugenommen. Hierbei fällt auf, dass die Unterschiede in Probenahme, Probenvorbereitung und Analytik eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse kaum möglich machen. Ziel dieser Literaturstudie (n = 106 Studien) ist es, den aktuellen Stand der Mikroplastikanalyse in Böden zusammenzufassen und wichtige numerische Kennwerte aus den technischen Informationen abzuleiten. Die Studien wurden anhand der folgenden Kategorien differenziert: (i) MP-Eintragspfad, (ii) Untersuchungsgebiet, (iii) Probenahmedesign, (iv) Probenvorbehandlung und (v) analytische Nachweismethoden für MP. Die meisten Studien (63%) untersuchen ein definiertes Untersuchungsgebiet mit einem bekannten MP Eintragspfad, wobei 37% der Studien MP-Gehalte durch einen diffusen und räumlich weniger spezifizierten Eintragspfad berücksichtigen. Obwohl Böden im Fokus der Untersuchung stehen, haben nur 26% der Studien den Bodentyp näher klassifiziert. Erhebung und Benennung von Bodeneigenschaften war nur in 20% der Studien vorhanden. Dies ist unzureichend, um die Wiederfindungsraten von MP zu beurteilen. In nahezu allen Studien entsprach die Masse der Einzelproben der Masse der finalen Mischprobe mit durchschnittlich $1.32 \text{ kg} \pm 1.07 \text{ kg}$. Andere Verfahren, die ein größeres repräsentatives Elementarvolumen der Bodenprobe im Feld erheben, sind vielversprechend, jedoch bisher nur selten angewendet. Diese Literaturstudie macht die unterschiedliche Herangehensweise von Untersuchungsverfahren deutlich und zeigt damit die Notwendigkeit für einen systematischen und standardisierten Arbeitsablauf bei der Probenentnahme und der Aufbereitung der Bodenproben. Dies gewährleistet ein höchst mögliches Maß an Reproduzierbarkeit und Repräsentativität der analytischen Ergebnisse als Grundvoraussetzung zur Bewertung und Regulierung der MP Belastung von Böden in der Zukunft.

Long-term impact of land-use change on soil organic carbon in German agriculture

David Emde; Axel Don; Christopher Poeplau; Florian Schneider

Thünen-Institut für Agrarklimaschutz

Land-use change and land management practices alter soil organic carbon (SOC) dynamics in agricultural systems. Changing natural vegetation to agriculture in particular has resulted in a loss of approximately 5% of the current global terrestrial carbon stock. However, this carbon loss is reversible. Increasing the area of grassland is, therefore, an increasingly discussed climate change mitigation option since grasslands often store similar SOC stocks to natural vegetation. However, the time it takes for cropland to return to its pre-cropland carbon state after conversion to grassland is far from certain. Using soil and land-use history data gathered during the German Soil Inventory as well as from historical land use maps, this study therein aims to answer two questions: i) how does land-use change affect SOC stocks in agricultural systems; and ii) how long does it take for agricultural lands to reach a new SOC equilibrium following land-use change. By substituting space for time and accounting for differences in site properties via stratification, our results challenge the established “slow in, fast out” paradigm. At a national scale, topsoil SOC is lost relatively slowly when grassland is converted to cropland, and gained relatively quickly when cropland is returned to grassland. Further, neither direction of SOC change agreed with the 20 years’ timescales on which current emission reporting and climate mitigation policy is based, and SOC stocks were influenced by land-use changes for more than 100 years.

Effect of agroforestry on labile organic carbon in organically farming plots

Elmira Saljnikov¹; Frank Eulenstein²; Matthias Thielicke²; Vladan Ugrenović³; Martin Wendt²; Tara Grujić¹

¹ Soil Science Institute; ² Leibniz Center for Agricultural Landscape Research (ZALF); ³ Soil Science Institute, Belgrade, Serbia

In the light of climate changes, soil tillage and nutrient mining as business as usual have resulted in soil organic carbon loss at a rate equivalent to 10 % of the total fossil fuel emissions for Europe as a whole. Therefore, there is an urgent need to have a paradigm shift from extensive to resource-efficient agriculture that is based on sustainable agricultural practices. Calculations of carbon content within terrestrial ecosystems and changes in carbon accumulation/sequestration as a result of human activities are the first step towards a better presentation of the role of these ecosystems.

Organically farming plot surrounded by a forest was studied for the dynamic of accumulation of organic carbon depending on the distance from the forest line. Sequential soil respiration measurements were performed in order to obtain potentially mineralizable carbon content (PMC) and the rate of mineralization of OC. Samples were taken from the forest soil, 1 m, 5 m and 10 m from the forest line. Amount of PMC was linear to the distance from the forest line. The parameters studied were compared with the plots with conventional farming. As expected the amount of PMC in the forest soil was the highest (2872.5 mg C per kg soil) with the lowest rate of mineralization, followed by the 1 m, 5 m and 10 m from forest line. While the control plot cultivated as business as usual showed the lowest PMC of 552.7 mg C per kg soil with the highest rate of mineralization. Management practices can either increase or decrease soil organic matter content. Leaving crop residue on the soil surface, reducing or eliminating tillage, using cover crops, or other methods that add organic matter control mineralization/sequestration of SOC.

Imaging redox conditions in a tar-oil contaminated technosol by S K-edge XANES

Karin Eusterhues¹; Jürgen Thieme²; Pavel Ivanov¹; Kai Uwe Totsche¹

¹ Friedrich-Schiller-Universität Jena; ² NSLS II, Brookhaven National Laboratory

At numerous open pits worldwide, carcinogenic and geno-toxic tar oil is still exposed to the environment. To understand ongoing microbial tar degradation under different environmental conditions we studied soil structure, water retention, tar composition, and microbial biomass on a small tar-oil spill at a former brown coal processing site. Although tar is generally described as toxic and recalcitrant, specialized archaea, bacteria and fungi are able to degrade tar. In recent years, biogeochemical research has shown that organic matter degradation is not primarily driven by the composition of the substrate (recalcitrance), but rather by environmental factors (pH, nutrients, soil moisture), interaction with minerals, and the accessibility of the substrate to microorganisms or their enzymes (soil structure). In line with these findings, we observed that microbial biomass increased with pore volume on our study site. As contaminated layers of the technosol were more porous than uncontaminated control soils, they accommodated more microbes.

However, the relationship between pore volume and microbial biomass was not linear. We therefore wondered whether potential anoxic microdomains within aggregates in tar-rich layers could slow down microbial degradation. To understand redox conditions in relation to soil structure we mapped the chemical state of S by μ XANES at 5 μ m spatial resolution on thin sections. Preliminary results show that the tar-born S consists of three chemically different components that are spatially isolated from each other. One of these components is a mixture of sulfonate S, sulfite or sulfone S, and inorganic sulfide S, the second component consists of sulfonate S and organic mono sulfide or thiol S, and the third component is dominated by sulfonate S. Pure sulfates or sulfides were not detected.

Our data show that the tar is not homogeneously composed, but consists of chemically different domains of mostly a few μ m in size. We see no differences in S speciation between the material adjacent to pores or roots and the aggregate interiors. Thus, based on our current data, we cannot assume that microbial degradation in layers with large but widely spaced pores is inhibited by anoxic conditions in dense tar-rich aggregates.

Feuchthumusformen und der Bodenwasserhaushalt von Waldökosystemen im Münsterland

Tina Frank; Hans-Jörg Brauckmann; Gabriele Broll

Universität Osnabrück

Zur Weiterentwicklung von Monitoringverfahren für die Bewertung bodenökologischer Eigenschaften in Feuchtwäldern kann die Indikatorfunktion von Humusformen einen wichtigen Beitrag leisten. Im Projekt BioFeuchtHumus werden insbesondere die Feuchthumusformen (aerohydromorphe Humusformen) betrachtet. Diese treten u.a. im atlantisch geprägten Münsterland in Eichenmischwäldern mit darunterliegendem Pseudogley auf und reagieren durch ihre Abhängigkeit vom Niederschlag und der Evapotranspiration besonders sensitiv auf Klimaveränderungen. Auf den ausgesuchten Waldflächen im südlichen Münsterland werden im Projekt BioFeuchtHumus Messungen zur Bodenwasserspannung und -temperatur direkt an der Grenze von Mineralboden und Auflagehorizonten durchgeführt, um den Wassereinfluss in der organischen Auflage zu erfassen. Dazu sind Bodenfeuchtesensoren (Tensiometers) an 8 Mikrostandorten in drei verschiedenen Tiefen installiert worden. In den Ergebnissen wird deutlich, dass Feuchthumusformen im Münsterland auftreten und eindeutige Klassifizierungsmerkmale herausgearbeitet werden können. Außerdem wird sichtbar, dass die Bodenwasserspannung im Jahresverlauf schwankt. Vor allem in den Wintermonaten sind die Standorte bis in die organische Auflage wassergesättigt ($pF = 0$). In den Sommermonaten August und September erreichen die Standorte pF -Werte von bis zu 4,2. Durch die Zusammenhänge zwischen Humusform und den gemessenen Bodenparametern pF , C_{org} , N_t und pH lässt sich die Entwicklung der Feuchtwälder unter veränderten Klimabedingungen flächenhaft darstellen. Somit können die zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels auf den Bodenwasserhaushalt und auf die Verbreitungsmuster von Feuchthumusformen besser vorhergesagt werden. Dies wird zudem Aufschluss über die zukünftige Funktionalität der heutigen Feuchtwald-Ökosysteme geben, was für die forstliche Praxis bezüglich notwendiger und sinnvoller Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel von großer Bedeutung ist.

Weiterführende Poster (die auch angemeldet werden):

- Untersuchungen der Anneliden-Fauna (Regenwürmer und Kleinringelwürmer) von Feuchthumusformen im Münsterland
- Vorkommen von Feucht- und Nasshumusformen in der Westfälischen Bucht und im Niederrheinischen Tiefland
- Feuchthumusformen und Bodenvegetation in Waldökosystemen im Münsterland
- Projektlink „BioFeuchtHumus“ in Kooperation mit dem Landesbetrieb Wald & Holz, NRW gefördert durch den Waldklimafonds, FNR
<https://www.waldklimafonds.de/index.php?id=13913&fkz=2219WK41A4>

Soil organic matter as a mediator of energy fluxes - a new perspective

Anna Gunina¹; Yakov Kuzyakov²

¹ University of Kassel; ² University of Goettingen

The transformation of “energy to (soil organic) matter” has long been the focus of scientific attention, but a definitive conceptual framework does not yet exist. Following the classical definition of energy and the principles and laws of energy, we have developed an experiment-based review of the complex process of microbial conversion of energy and carbon (C) from litter to soil organic matter (SOM). Based on the transformation rate of plant residues, the amount of plant-derived energy persisting in soil (after one year) ranges from 7 to 20 % of total energy input, depending on the plant community. This represents 0.8-10 % of the energy already stored in SOM but only adds 0.4-5 % C to the existing SOM pool. We have introduced two new parameters - energy quality representing primarily substance, and energy availability representing the ability of microorganisms to utilize that substance (or pool of substances) under actual soil conditions. According to these parameters, we have assigned the main classes of organic substances to one of the three groups that show the availability of energy stored in microorganisms. We have estimated the energy investment of soil microorganisms for exoenzyme production and concluded that the disadvantage of enzymatic degradation can explain the ‘stability’ of the SOM because the energy input (investment) required for degradation exceeds the energy gain. Following the linear decrease in energy density (by 106 kJ mol⁻¹ C) of a broad range of organic substances per nominal oxidation state of C (NOSC) unit upon oxidation and experimental data on litter decomposition, we have developed the concept showing changes in the NOSC and the energy content of plant residues during decomposition and formation of SOM. Mineralization processes lead to energy losses and an increase in NOSC, while SOM accumulation increases energy content and decreases NOSC. Recycling can shift both the energy content and NOSC values depending on the environmental conditions of the soil and the quality/quantity of litter input. The SOM has a more diverse molecular composition but a narrower range of NOSC values than plant residues consists of microbial necromass and substances recycled by microorganisms, and contains, on average, substances with a higher energy content than the initial plant residues. Based on the developed concept, we have concluded that plant-derived C and energy that persist in the form of SOM ensures energy fluxes in the soil system.

Soil organic carbon mineralization rates in topsoil vs. subsoil and their controlling factors

Bettina Haas¹; Maiken Baumberger²; Johanna Kaucher¹; Mona Müller¹; Hanna Meyer²; Nele Meyer¹

¹ Uni Bayreuth; ² Westfäl. Wilhelms-Universität Münster

Soil organic carbon (SOC) mineralization and the resultant heterotrophic CO₂ production plays an important role in the carbon cycle. It can be crucial for determining whether soil is a net carbon source or sink. Recently, the subsoil received particular interest in this context. But yet, the contribution of subsoil to soil respiration is not well understood. Here, we aimed at investigating the impact of different climate- and environmental conditions on SOC content and heterotrophic respiration in topsoil and subsoil. We hypothesized the importance of these controlling factors on the mineralization. Within the frame of the Carbon4D project we monitored multiple factors (soil temperature, - moisture, - texture, carbon stocks, e.g.) in a 20 x 20 km study area in the Fichtel Mountains, Bavaria. We quantified SOC mineralization rates of almost undisturbed soil in different depth (10 cm layers) up to one meter at the respective native temperature and moisture conditions. To cover different conditions, cores were taken throughout one year in three distinct land uses (cropland, grassland, and coniferous forest). With this data from 120 locations and more than 1000 samples we aim at identifying the relationship between measured SOC mineralization and various controlling factors as well as the contribution of subsoil to the total CO₂ efflux. First results indicate that soil mineralization rates in subsoil are almost as high as in topsoil throughout the year. It is likely that the drought in the sampled year caused lower heterotrophic CO₂ production rates in spring and summer compared to the winter and led to soil moisture as the limiting factor. First results also indicate land use as controlling factor of soil mineralization within the depth of one meter.

Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Waldböden unterschiedlicher Nutzungsintensität

Ute Hamer¹; Michael Ulrich Thomas Meyer¹; Michael Elmer²; Max Fornfeist²; Theresa Klein-Raufhake¹; Laura Kurowski³; Britta Linnemann³; Katharina Rentemeister³; Lea Santora³; Jens Jakob Schaper³; Jens Wöllecke³; Norbert Hölzel¹

¹ Universität Münster; ² Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen; ³ NABU-Naturschutzstation Münsterland e.V.

Der Einfluss der forstlichen Bewirtschaftung auf Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Aktuelle Studien zeigen, dass die Bestandesstruktur in Wäldern viele Ökosystemfunktionen und auch die Diversität verschiedener taxonomischer Gruppen prägt. Wie stark diese Beziehungen von Standorteigenschaften (z.B. Waldentwicklungsphase, Bodentyp) beeinflusst werden und sich auf die Kohlenstoffspeicherung in der organischen Auflage und im Mineralboden auswirken, ist bisher kaum erforscht.

Für die Untersuchungen wurden vier in NRW und bundesweit flächenmäßig bedeutsame Standorttypen ausgewählt: 1) Buchenwälder (stark) saurer Standorte, 2) Buchenwälder (mäßig) nährstoffreicher Standorte, 3) Eichen-Hainbuchenwälder wechselfeuchter Standorte und 4) Eichen-Mischwälder bodensaurer Standorte. In jedem Untersuchungsgebiet wurden 50 Probekreise (engerer Probekreis 1000 m²) entlang eines Nutzungsgradienten (Bestockung (standortheimisch / standortfremd), Totholz (natürlich / geerntet)) angelegt, um sowohl die ober- (Vögel, Pflanzen, Moose, Flechten, Käfer) als auch unterirdische Diversität (Collembolen, Regenwürmer, Mikrobielle Biomasse, Nährstoffumsätze) sowie die Humusformen und Kohlenstoffvorräte zu erfassen.

Fokus der Präsentation liegt auf den aktuellen Auswertungen zu den Interaktionen zwischen Standorttyp (1, 2) und Nutzungsintensität auf Biodiversität und Kohlenstoffvorräte in den Böden (Humusaufgabe und Mineralboden 0-60 cm).

Projekthomepage: <http://bico2.de/>

Increasing root-derived soil carbon input to agricultural soils by genotype selection

Henrike Heinemann; Felix Seidel; Axel Don; Juliane Hirte

Climate change mitigation and adaptation is a major challenge of modern agriculture. In general, atmospheric carbon (C) can be taken up by plants via photosynthesis and incorporated into their biomass. When the plant gets harvested, the remaining above and below-ground biomass supplies the soil with organic C. The increased incorporation of atmospheric C into soils is a promising agricultural management tool for mitigating climate change. In order to build up soil organic carbon stocks in agricultural soils or even maintaining them under the pressure of climate change, increased organic C inputs are needed. In agricultural soils, crop roots are the major source of organic C and of great importance for long-term C storage in soils as their turnover is 2 to 3 times slower than that of above-ground biomass. This suggests, that genotype selection towards increased root biomass may enhance root C inputs and could therefore be a promising, easy-to-implement agricultural management option for increasing C stocks and possibly allow for additional C sequestration.

We compiled data from 13 global studies with field experiments in order to estimate the potential of optimized genotype selection to enhance root biomass without compromising yield for winter wheat, spring wheat, silage maize, winter rapeseed and sunflower. A median root C increase of 6.7 % for spring wheat, 6.8 % for winter rapeseed, 12.2% for silage maize, 21.6 % for winter wheat and 26.4 % for sunflower would be possible without yield reduction. This approach suggested a genotypic variation of root biomass but could not depict whether biomass allocation is also affected by genotype x environment interaction. To quantify this variation on the example of winter wheat, we assessed root biomass, vertical root distribution to 1 m soil depth and root: shoot ratios in a set of 10 different genotypes grown at 11 experimental sites, covering a large European climatic gradient. Preliminary results show a broad intra-specific variation in biomass production and its allocation between roots and shoots amongst the varieties. It seems possible to simultaneously select genotypes with higher grain yield and higher root biomass production meeting the needs for both food production and increased SOC build up. Additionally, increased root biomass due to deeper roots may stabilise yields under future climate change conditions where increased frequency of drought events during vegetation periods are expected.

Wirkung und Verbleib von Palladium gedopten und ungedopten Polystyrol-Partikeln in Böden

Martin Hoppe¹; Jan Köser¹; Georg Scheeder; Kristof Dorau¹; Axel Lamparter¹; Karsten Schlich²

¹ BGR; ² Fraunhofer Institute for Molecular Biology and Applied Ecology

Hinsichtlich des Verbleibs und der Wirkung von Nanoplastik in Böden gibt es weiterhin große Wissenslücken. Relevante Gehalte von Polymeren in Böden sind schwierig nachzuweisen, wobei die Nachweisbarkeit mit der Größe der Partikel abnimmt. Palladium (Pd) gedopte Modellpartikel können helfen, diese Wissenslücken zu schließen, da das Doping die Quantifizierbarkeit der Partikel in Umweltmedien erhöht (Boden, Pflanze, Sickerwasser). Für diese Studie wurden Polystyrol-Partikel (PS-P, 343 nm) und Pd gedopte PS-P (Pd-PS-P, 442 nm) synthetisiert, charakterisiert und anschließend zu einem Cambisol (Refesol 01A) und Podzol (Refesol 04A) zugegeben (25 mg/kg, 75 mg/kg, 225 mg/kg). Beide Böden wurden für einen chronischen Pflanzentoxizitätstest mit Hafer (*Avena sativa*) genutzt.

Rasterelektronenmikroskopie mit energiedispersiver Röntgenspektroskopie (REM/EDX), induktiv gekoppeltes Plasma mit Massenspektrometrie (ICP-MS) nach Königswasseraufschluss (KWA), dynamische Lichtstreuung (DLS) und Pyrolyse-Gaschromatographie mit Massenspektrometrie (Pyr-GC-MS) kamen zum Einsatz, um die Partikel in den Applikationsdispersionen, Böden und Pflanzen zu identifizieren und quantifizieren.

Anhand von REM-Aufnahmen wurde gezeigt, dass die Partikel (PS-P, Pd-PS-P) unaggregiert in den Böden und auf den Wurzeln vorliegen. Mittels Pyr-GC-MS konnte PS in beiden Böden nachgewiesen werden, für die exakte Quantifizierung der PS-Gehalte ist eine umfangreiche Methodenentwicklung notwendig. Die avisierten Konzentrationen (Pd-PS-P) wurden mittels ICP-MS nach KWA in den Böden wiedergefunden (96% - 133%). Die Verhältnisse der Pd-Gehalte der Wurzeln zu den Pd-Gehalten der Böden liegen für die unterschiedlichen Applikationskonzentrationen bei 1,4 – 2,2, was auf eine Anreicherung der Pd-PS-P auf/ in den Wurzeln hindeutet. Im Spross der Haferpflanzen konnte kein Pd nachgewiesen werden. Trotz der Pd-Anreicherung auf/ in den Wurzeln wurden im Vergleich zur Kontrolle keine signifikanten Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum gefunden.

Ammonium oxidierende Bakterien und die Benetzungshemmung zeigten keine monotonen Dosis-Wirkungs-Beziehungen für die getesteten Partikel. Aufgrund dieser nicht eindeutigen Ergebnisse sind komplexere Versuche nötig, um mögliche Auswirkungen von PS-P auf Bodenorganismen und Bodenfunktionen aufzuklären.

Grundsätzlich sind die gedopten Modellpartikel zur Methodenentwicklung, Methodenabsicherung und zur Untersuchung von Wirkung und Verbleib von Nanoplastik in Böden geeignet.

Impacts of microplastic on soil microbiota depend on polymer type

Stephan Rohrbach¹; Gerasimos Gkoutselis²; Linda Hink³; Alfons R. Weig²; Martin Obst⁴; Astrid Diekmann⁵; Adrian Ho³; Gerhard Rambold²; Marcus A. Horn⁶

¹ Leibnitz Universität Hannover; ² Universität Bayreuth; ³ Leibniz Universität Hannover; ⁴ Bayreuth Centre for Ecology and Environmental Research (Bayceer), Universität Bayreuth; ⁵ Deutsches Institut für Kautschuktechnologie e.V.; ⁶ Leibniz Universität Hannover

Plastic is a persistent global pollutant for terrestrial environments. Plastic particles fragment under the influence of abiotic factors into microplastic (< 5 mm), increasing its surfaces which can be colonized by microorganisms. Colonization and succession mechanisms of distinct plastisphere microbiotas are still not entirely understood, although evidence is building up that microplastic affect nitrogen and carbon-cycling catalyzed by microbes in terrestrial systems. Thus, it is important to further study the underlying principles and effects of microplastic on soil microbial community development and succession. Thus, we hypothesized that microplastic polymer type is a relevant factor for plastisphere soil community formation and alteration of soil functional potentials. Polyester mesh bags containing landfill soil supplemented with commonly utilized microplastic types or microplastic-free control soil were buried in a plastic-contaminated landfill for up to 14 months. After microplastic sampling from three timepoints, early colonization and biofilm maturation was detectable over time as determined by electron and fluorescent dye staining coupled to confocal laser scanning microscopy. Illumina sequencing of 16S rRNA gene amplicons revealed the distinct formation of specific microbiotas related to the microplastic-type and incubation time as well as the increase of certain pathogenic genera for a limited number of samples. In silico predictions and marker gene quantification by quantitative PCR suggested that microplastic polymers affected metabolic potentials related to greenhouse gas metabolisms. Specifically, the genetic potentials for methane and nitrous oxide emissions as part of biogeochemically relevant cycles for terrestrial systems on a global scale, as well as the toluol degradation potential based on PICRUST were more prominent in microplastic supplemented soil relative to non-supplemented controls. Collectively our results suggest that: (i) Microplastic is readily colonized by soil microbes leading to distinct and diverse plastisphere microbiota, (ii) terrestrial microplastic might be considered as a potential 'hot spot' for pathogens, (iii) polymer type and climate conditions as deterministic factors rather than stochastic factors drive the microbial community assembly within the plastisphere, and (iv) microplastic has the potential to alter the soil process potentials for nitrogen as well as methane cycling, and xenobiotic degradation.

Verbreitung und Dissipation von Quartären Alkylammoniumverbindungen in Böden Hessens

Kai Jansen¹; Katrin Lügger²; Christian Heller²; Jan Siemens¹; Ines Mulder¹

¹ Justus-Liebig Universität Gießen; ² Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Quartäre Alkylammoniumverbindungen (QAAV) sind kationische organische Substanzen mit amphiphilen Eigenschaften, die vielfältige Anwendung in Haushalten, Industrie und Landwirtschaft finden. Bedenken bezüglich dieser Stoffgruppe wurden geäußert, da sie mutmaßlich an der Co-Selektion von antibiotikaresistenten Mikroorganismen in der Umwelt beteiligt sind. Da Daten zur Verbreitung und Dissipation von QAAVs in Böden rar sind, wurde eine Studie in Kooperation mit dem Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie durchgeführt, um die QAAV-Belastung sowie die Dissipation in hessischen Böden zu untersuchen. Insgesamt wurden 65 Bodenproben unterschiedlicher Landnutzungen (Acker, Grünland, Wald, Weinberg) und Gebietstypen (Agglomeration, ländlich) auf Alkyltrimethylammonium- (ATMAV, Kettenlängen C8-C16), Benzylalkyldimethylammonium- (BAV, C8-C18) und Dialkyldimethylammoniumverbindungen (DADMAV, C8-C18) mittels HPLC-MS/MS nach ultraschallgestützter Extraktion mit angesäuertem Acetonitril untersucht. Aus acht der Ackerbodenproben wurden vier Bodenpaare gebildet, die unterschiedliche Tongehalte aufweisen. Innerhalb eines Paares war jeweils ein Boden mit QAAV belastet ($> 100 \mu\text{g/kg}$) und einer unbelastet ($< 5 \mu\text{g/kg}$). Nach Zugabe von 12 QAAVs (jeweils ATMAV, BAV und DADMAV mit Kettenlängen C10, C12, C16 und C18) wurden die Proben für einen Zeitraum von 56 Tagen unter kontrollierten Umgebungsbedingungen inkubiert. QAAVs wurden in 97% aller Bodenproben nachgewiesen. Die höchsten Gesamtgehalte wurden in Auenböden festgestellt, die durch die Ablagerung von Schwebstoffen bei Überschwemmungen beeinflusst wurden. Das Vorkommen von QAAVs in Waldböden lässt auf einen möglichen Eintrag über atmosphärische Deposition schließen. Hohe Konzentrationen an langkettigen DADMAVs deuten auf eine geringe Abbaubarkeit und Akkumulation über die Zeit hin. Wir erwarten, dass die Dissipation mit zunehmender Alkylkettenlänge und steigenden Tongehalten abnimmt, da QAAVs durch die Bindung an Tonminerale vor mikrobiellem Abbau geschützt werden. Zudem erwarten wir, dass eine mögliche Anpassung der Mikroorganismen in mit QAAV belasteten Böden zu einer höheren Dissipation führt.

Anthropogenic disturbances overwrite climatic effect on organic carbon in subtropical savanna soils of Mozambique and Zambia

Felicidade Jorge¹; Nkumbu Mutwale-Mutale¹; Melanie Braun¹; Armindo Cambule²; Lydia Chabala³; Benson Chishala³; Sa Nogueira Lisboa⁴; Mario Matangue⁵; Alfredo Nhantumbo; Alexandra Sandhage-Hofmann¹; Chizumba Shepande; Wulf Amelung¹

¹ University of Bonn; ² Eduardo Mondlane University; ³ University of Zambia; ⁴ N'Lab; ⁵ Higher Polytechnic Institute of Gaza

Subtropical savannas play an important role in the global carbon cycle and climate change mitigation. However, a full understanding of how climate affect soil organic carbon (SOC) content in this biome remains uncertain. The aim of this study was to elucidate the effect of climate on SOC content in subtropical savannas. We hypothesized that (i) with increasing amount of mean annual precipitation (MAP), SOC content increases but decreases with increasing mean annual temperature (MAT), and that (ii) the climate effect varies in different reference soil groups (RSG) and SOC pools including particulate organic matter (POM) and mineral-associated organic matter (MAOM). Further, we hypothesized (iii) that anthropogenic disturbances (AD) like wood cutting, intensive grazing, wildfire or charcoal production would modulate the response of SOC to climate. To test these hypotheses, we analyzed 51 topsoils (0-10 cm) samples for SOC, POM and MAOM from natural vegetation sites in Mozambique and Zambia covering a climatic gradient of MAP from 365 to 1227 mm and MAT range of 20 to 25°C. Sites included Arenosols and soils with clay enriched subsoils, i.e., Acrisols and Lixisols. Regarding their AD, all sites were field-classified as low, medium, or highly disturbed and, supplemented by time-series remotely sensed normalized difference fraction index (NDFI) classification. Our results showed higher SOC contents with higher MAP but no clear relationship for MAT. The variation explained by MAP was strongest in Lixisols (64%) followed by Arenosols (25%). POM fractions were most sensitive to MAP, suggesting that any loss of SOC would likely have a significant impact on this readily available SOC. When only low AD sites were considered, there was also a clear relationship between MAP and SOC in Arenosols, indicating a strong modulating effect of AD. We conclude that the effect of climate as a factor controlling SOC content is influenced by AD, which must be considered when predicting climate effect on SOC in subtropical savannas.

Stabilization of particulate organic matter in re-distributed/newly formed macro- and micro-aggregates in flood plain topsoils of the tidal River Elbe

Hamed Kashi¹; Jan Jagode²; Jianyu Tao¹; Jannis Florian Carstens²; Dörthe Holthusen³; Jana Carus³; Elmar Fuchs³; Heiner Fleige¹; Georg Guggenberger²; Sandra Spielvogel¹

¹ Institute of Plant Nutrition and Soil Science, Christian-Albrechts-University Kiel; ² Institute of Soil Science, Leibniz Universität Hannover; ³ Federal Institute of Hydrology (BfG)

For soils of various terrestrial ecosystems, factors influencing soil aggregate stability and aggregate turnover rates are well studied. But there is still a lack of knowledge concerning aggregate stability and aggregate turnover in semisubhydric and semiterrestrial soils of riverbank and flood plain soils.

We sampled four different aggregate size classes (2 mm to less than 0.25 mm) from floodplain topsoils of the tidal River Elbe from four different sites along a transect with decreasing distance from the river bed and increasing tidal flooding frequency. Each aggregate size class was labelled with a specific rare earth oxide (REO) (Lanthanum oxide, La₂O₃; Samarium oxide, Sm₂O₃; Neodymium oxide, Nd₂O₃ and Gadolinium oxide, Gd₂O₃). The aggregates from the different size classes were recombined, so that each aggregate size-class was represented in the recombined sample to the same amount as in a natural sample. Mixtures of labelled recombined aggregates were filled into columns with ¹³C and ¹⁵N labelled plant material and moved back to the field for three months.

First results indicate that the turnover rate was faster for macroaggregates (2-0.25mm) than for microaggregates, and slowed down with increasing distance from the river bed and decreasing flooding frequency. The new C from the added plant material was first preferentially accumulated in the macroaggregates, however, decomposed faster in the macroaggregates, so that at the end of the experiment most of the ¹³C and ¹⁵N labelled organic matter was incorporated in the smallest aggregate size fraction.

Biologisch abbaubares Mikroplastik induziert Stickstoffsperre

Martin Kaupenjohann; Felix Maria Mehring; Nicolle Bernhardt; Leonhard Bonaventura Grimm; Laura Bley

TU Berlin, Institut für Ökologie

In der Landwirtschaft werden immer mehr Folien und Vliese eingesetzt. Diese führen zu frühzeitiger Erwärmung des Bodens, schützen ihn vor Austrocknung und unterdrücken das Unkraut. Die Erträge steigen, Wasser wird gespart, und das Risiko von Umweltgefährdungen durch Pflanzenschutzmittel sinkt. Dem stehen mögliche negative Wirkungen durch Reste der refraktären Materialien gegenüber, die als Mikroplastik (MP) im Boden angereichert werden. Um diese Anreicherung zu vermeiden bringt die Industrie zunehmend Materialien auf den Markt, die biologisch abbaubar sind.

Qi et al. (2018) zeigten in einem Gewächshausexperiment mit Weizen, dass biologisch abbaubares MP das Wachstum der Versuchspflanzen stärker negativ beeinflusst als schwer abbaubares MP. Die kausale Ursache für diesen Befund ist jedoch unklar.

Wir wiederholten den Versuch und prüften die Hypothese, dass frisch in den Boden eingearbeitetes, biologisch abbaubares Mikroplastik zu einer Stickstoff(N)sperre führt, sodass die Versuchspflanzen aufgrund von N-Mangel weniger gut wachsen als Kontrollpflanzen auf unbehandeltem bzw. mit biologisch nicht abbaubarem MP behandeltem Boden.

Dazu führten wir im Sommer 2022 einen Vegetationsversuch mit Sommerweizen über einen Zeitraum von 51 Tagen durch. Der Weizen wurde in Pflanztopfe gesät, die mit jeweils 1000 g Boden (Ap, IS, 8,1 g Corg kg⁻¹, pH_{CaCl2} 5,4), in den zuvor 10 g MP eingemischt worden war, gefüllt waren. Verglichen wurden die jeweils in sechsfacher Wiederholung angelegten Varianten biologisch abbaubares MP (BioMP, bestehend aus 37,1 % Pullulan, 44,6 % Polyethylen Terephthalat und 18,3 % Polybutylen Terephthalat), Low-density Polyethylen (LDPE) und Kontrolle. Nach Keimung der Pflanzen wurde auf fünf Pflanzen je Topf pickiert. Zu Vegetationsbeginn wurden 170 mg N je Pflanztopf gedüngt. Untersucht wurden die Blattfarbe als Proxy für den Chlorophyll 31, 36 und 51 Tage nach Aussaat, die Frisch- und Trockenmassen sowie die N-, P-, K- Mg- und Ca-Konzentration der vegetativen und generativen Organe der Pflanzen nach Ernte und die pflanzenverfügbaren Stickstoffgehalte in den Böden. Zusätzlich wurden morphologische Parameter der Pflanzen gemessen.

Unsere Ergebnisse bestätigen die Resultate von Qui et al. (2018). BioMP reduzierte die Trockenmasse der vegetativen Organe der Versuchspflanzen gegenüber der Kontrolle um etwa 20 %, jene der generativen um 11 %. Damit einher gehen geringere Chlorophyllgehalte des mit BioMP behandelten Weizens über die gesamte Vegetatio

Waldumbau im Sauener Forst seit 1912: Rohhumus wird zu Moder und Mull, Kationenaustauschkapazität und Basensättigung steigen

Laura Bley; Felix Maria Mehring; Martin Kaupenjohann; Antonia Zieger

TU Berlin, Institut für Ökologie

Seit den 1970er und 80er Jahren mit starken, immisionsbedingten Waldschäden, insbesondere in Koniferenreinbeständen, werden Waldumbaukonzepte zur Stabilisierung der Ökosystem diskutiert. Vor dem Hintergrund der heute nicht mehr zu übersehenden negativen Auswirkungen des Klimawandels nimmt der Druck zu. Grundsätzlich geht es dabei um die Überführung der Reinbestände in artenreiche Mischwälder mit hohen Laubholzanteilen. Es ist zu erwarten, dass sich diese Maßnahmen auf Bodeneigenschaften wie Humusform, Humusvorrat und Nährstoffversorgung auswirken werden. Aufgrund der Langfristigkeit dieser Auswirkungen liegen dazu jedoch kaum aktuelle Daten vor.

Im „Sauener Wald“, etwa 80 km östlich von Berlin, findet der Waldumbau von devastierten Kiefernreinbeständen zu angepassten Mischwäldern seit über 100 Jahren kontinuierlich statt. Untersuchungen, die dort auf dem glazial geprägten Standort regelmäßig seit 1912 durchgeführt wurden, liefen zusammen mit unseren aktuellen Aufnahmen im Jahr 2020 eine echte, mehr als 100jährige Zeitreihe zu den Auswirkungen des Waldumbaus auf den Waldboden. Daten zu den Humusformen liegen aus den Jahren 1912, 1968, 1994 und 2020 vor. Grundlage sind Feldaufnahmen auf 93 Parzellen in dem etwa 800 ha großen Wald. Zur Quantifizierung der bodenchemischen Auswirkungen dieses Waldumbaus untersuchten wir Bodenproben bis in 40 cm Tiefe auf die Parameter organischer Kohlenstoffgehalt, Kationenaustauschkapazität, pH-Wert und Basensättigung auf insgesamt 53 Parzellen. Unsere Ergebnisse verglichen wir mit 1994 gemessenen Werten. Durch eine Auswertung der Bestandsdaten, die in den Jahren 1914, 1955, 1994 und 2020 erhoben wurden, konnten wir Waldumbaustadien definieren und diesen die Veränderungen des bodenchemischen Zustandes zuordnen.

Die Ergebnisse zeigen eine stetige Umwandlung der Humusformen mit fortschreitendem Waldumbau vom Rohhumus über den Moder teilweise bis hin zum Mull. Organischer Kohlenstoffgehalt, Kationenaustauschkapazität und Basensättigung in den oberen zehn Zentimetern des Mineralbodens steigen zwischen 1994 und 2020 signifikant an. Gleichzeitig kommt es zu einer Abnahme der pH-Werte in allen Tiefenstufen sowie zu einer Zunahme des austauschbaren Aluminiums in den unteren zwanzig Zentimetern. Die Berechnung der Humusvorräte ist noch nicht abgeschlossen, soll aber bis zur Tagung im September vorliegen, sodass wir dann auch über den Einfluss des Waldumbaus auf die C-Speicherfunktion der Böden berichten können.

Potential of indigenous agroforestry systems for soil health and carbon sequestration in the Mt. Kilimanjaro region, NE Tanzania

Oforo Didas Kimaro¹; Didas Nahum Kimaro²; Karen Vancampenhout³; Karl-Heinz Feger¹

¹ TU Dresden, Institute of Soil Science and Site Ecology; ² Mwenge Catholic University, Moshi, Tanzania; ³ KU Leuven

Tropical mountainous environments support smallholder agriculture and other ecosystem services for ca. 70% of the population, mainly due to favourable climatic conditions. Such healthy landscapes are vital in reaching the global sustainable development goals (SDGs) to end poverty (SDG 1), promote sustainable agriculture to achieve food security & improved nutrition (SDG 2) and carbon sequestration (SDG 13). Presently, short-term needs in terms of food security are not fully achieved, partly due to a decline in soil health. In this situation, smallholder farmers have adapted indigenous agroforestry systems on small farms to generate adequate food. Under such adaptive measures, priorities to enhance soil fertility can be a challenging practice. So far, there is a paucity of data on the potential of smallholder indigenous agroforestry systems with respect to soil fertility and carbon stocks. We investigated smallholder farm plots on the footridges of Mt. Kilimanjaro, NE Tanzania with Nitisols developed on volcanic bedrock to improve the knowledge base for management and restoration strategies of indigenous agroforestry systems. We focused on plots with historical cropping multilayer patterns to evaluate their effect on soil health. Four cropping patterns, i.e., old agroforestry (AFO), young agroforestry (AFY), grass fallow (AFG) and short-season monocrop maize (AFM) in the Kihamba agroforestry system were studied. Soil samples were collected from the plots at a depth of 0 - 40 cm for the laboratory. Mean total N, P, % organic C, base cations, acidity and micronutrients were analysed as indicators of soil fertility. Soil C stocks were calculated using C concentrations, soil depth, and bulk density. A one-way ANOVA test was conducted using R software to test the significance between variables. Results show that the highest amount of TN is found under AFO, followed by AFY, AFM and AFG. The amount of base cations, and micronutrients follow the trend AFO>AFY>AFM>AFG. The findings further reveal that there is a significant difference in soil organic C stocks among the cropping patterns. The results show that the agroforestry system has the potential for soil fertility and SOC sequestration. Implications of the results on AGF management and restoration strategies for improved soil health are discussed.

Keywords: Soil Health, Carbon Stocks, Smallholder Agroforestry systems, Mt. Kilimanjaro, Tanzania

Which role do lipids vs polymers play on surface properties of root mucilage in the rhizosphere?

Mathilde Knott; Dörte Diehl; Gabriele Ellen Schaumann

iES Landau, RPTU Kaiserslautern-Landau

The specific properties of mucilage (high viscosity, low surface tension and hydrophobicity) contribute to its preponderous role in the rhizosphere, as they modulate the spatial configuration of the liquid phase in the rhizosphere, leading to changed hydraulic properties. It is in general accepted that lipids, and in particularly phospholipids, are the ones tremendously decreasing the surface tension of mucilage and rendering mucilage hydrophobic once dried. Yet, measurements show that polysaccharides polymers can also have surface properties such as low surface tension and reduced wettability. Reliable qualitative and quantitative lipid measurement in mucilage are very difficult due to the extremely low amount of lipids in mucilage. Published data on lipids in mucilage is therefore quite rare.

Therefore, we set the long-accepted role of lipids in mucilage in question and hypothesize that mucilage polymers are the ones mainly responsible for its specific surface properties.

To discuss and answer this hypothesis, the chemical composition of two root (maize and wheat) and two seed (chia and flax) mucilage was analysed for the amount and molecular mass of the polymers as well as their sugar composition, the amount of lipids, proteins and phenols in the four mucilage before and after ethanol purification. Surface tension and contact angle (wettability) as well as rotational viscosity were also measured for increasing concentration of mucilage before and after purification, as well as the surface tension of the ethanol supernatant in respect of its concentration before purification.

Results underline the role of the polymers in contrast of the one of the lipids in the investigated mucilage. As mucilage gets degraded by bacteria, mass and length of polymers decrease, whereas phospholipids produced by bacteria increase. We discuss the role of polymers and lipids over aging processes in mucilage and how they in change may affect rhizosphere soil properties.

Use of thermogravimetry to detect organic amendments and their changes by mineralization in forest soils

Ina Krahel¹; Karsten Kalbitz²; Christian Siewert¹

¹ HTW Dresden; ² TU Dresden, Institute of Soil Science and Site Ecology

Soils are an important store of organic carbon. This soil function is influenced by environmental factors and land use. Predicting the potential for soil carbon sequestration is complicated by the diversity of organic carbon fractions and the dependence of stabilization processes on environmental factors.

A new approach considers water binding as a property of SOC with possible functional relevance which can be investigated by thermogravimetric fingerprinting (TF). The current study aims to validate indicators derived from TF of near natural soils by comparing with soils under agricultural use. The sample set consist of sandy soils from pine and beech forests in Brandenburg and agricultural soils from long-term field experiments in Bad Lauchstädt. Fresh organic litter and wood residues were added to study the detectability of changes in SOC composition by thermogravimetric analyses, elemental analysis, and soil respiration in laboratory incubation experiments.

Biodegradation of wood residues was moisture and temperature dependent. Relationships with and changes in indicators from TF confirmed a potential applicability for predicting carbon mineralisation independent of land use (agriculture or forestry). We conclude about the potential of thermogravimetry for rapid quantification of soil organic carbon and its turnover in forest soils although there is a lack of information on causal factors for the relationships used.

Warming alters microbial properties but not fate of recently assimilated C in the soil-plant-system of *Vaccinium vitis-idaea* in a 2.5-year translocation experiment.

Valentin Kurbel; Outi-Maaria Sietiö; Kristiina Karhu; Sari Timonen; Eva Lehndorff; Nele Meyer

Stabilization of microbial residues contributes substantially to soil C stocks ('in-vivo-pathway'), where C input, microbial community, and C degradation are key drivers. As these processes are temperature-dependent, feedbacks between C sequestration and global warming are expected. Therefore, this study aimed to understand warming-induced changes of processes related to microbially mediated C sequestration. In detail, it was hypothesized that (I) properties of the microbiome indicative for effective C sequestration change with temperature, and that (II) the fate of recently assimilated C in the soil-plant system is affected with an increasing input of C into the soil and the microbial biomass under warming. By a translocation experiment in Finland, soil cores with individuals of the shrub species *Vaccinium vitis-idaea* were exposed to an increase of 4.7 °C MAT and excavated after 2.5 years. Following that, the microbiome was analysed via chloroform-fumigation-extraction, biomarker analysis, DNA-sequencing, and microscopy. Further, the soil CO₂ efflux was measured in-situ and ex-situ. The effect of warming on the input and fate of recently assimilated C was assessed with ¹³CO₂ pulse-labelling and its tracing in soil C efflux during eight days as well as in microbial biomass, root, aboveground biomass, and soil after eight days. While there was no effect of warming on the C input and its fate, the size of the microbiome, its fungi/bacteria ratio, and the presence of ericoid mycorrhiza and dark septate endophytes decreased with warming, i.e. after translocation. The observed changes in the microbiome could influence C sequestration via the 'in-vivo-pathway' under global warming.

Stickstoffeinträge zerstören Moore! - Ist das so?

Andreas Look

GEOLOOK, Geowissenschaftliches Gutachterbüro

Stickstoffeinträge zerstören Moore! – Ist das so?

Bereits seit den 80er Jahren ist bekannt, dass atmosphärische Stickstoffeinträge insbesondere nährstoffarme Moore eutrophieren und damit langfristig zerstören.

An einem konkreten Fallbeispiel eines ökologisch sehr hochwertigen schwammsumpfigen Zwischenmoors in der Uckermark wird genau diese Lehrmeinung überprüft. In einem Zeitraum von 8 Jahren erfolgte zwischen 1982 – 1990 durch einen der größten Europäischen Schweinemastbetriebe in Haßleben (DDR) ein massiver atmosphärischer Stickstoffeintrag auf das angrenzende Kuh'zsche Grenzbruchmoor. Für das Moor bedeutete das einen errechneten jährlichen Stickstoffeintrag von rund 280 kg N (Südteil), bis 1.500 kg N (Nordteil) * ha⁻¹ * a⁻¹. Im Vergleich dazu liegt der atmosphärische Hintergrundanteil bei 10-15 kg N * ha⁻¹ * a⁻¹. Die CRITICAL LOADS für den Moorstandort liegen für „mesotrophic fens“ bei 20-35 kg N * ha⁻¹ * a⁻¹ (WERNER & SPRANGER 1996). Damit wurde längerfristig der critical load Wert um den Faktor 10 – 100 überschritten.

Bei den Untersuchungen kamen unterschiedlichste Methoden zum Einsatz, um der Frage eines veränderten Ökosystems in der Artenzusammensetzung und dem Moorwachstum nachzugehen: Vegetationsaufnahmen, Makrorestanalysen, Jahrringanalysen, Zuwachsraten der Torfmoose mittels Altersdatierungen (fallout), Luftbildauswertungen, Nährstoffanalysen des freien Wasserkörpers, der Torfe, der mineralischen Böden und der angrenzenden Übergänge zu den landwirtschaftlichen Flächen.

Letztlich konnte nicht nachgewiesen werden, dass die massiven Stickstoffeinträge ökosystemverändernd wirksam waren. Als wachstumslimitierender Faktor wurde hingegen Phosphat ermittelt.

Die eigentlichen Veränderungen sind jedoch in den letzten 20 Jahren zu sehen, hervorgerufen durch ein massives Absinken des Grundwasserspiegels. Damit einhergehend kommt es zu einer Mineralisation des randlich trockenfallenden Moorkörpers und folglich zu einer starken Nährstofffreisetzung. Hierbei spielt primär die Freisetzung von Phosphat eine wesentliche Rolle, zusammen mit der Diffusion im freien Wasserkörper. Daneben kommt es auch zu einer Freisetzung der Stickstoffvorräte. Das Kuh'zsche Grenzbruchmoor wird inzwischen in der Krautvegetation durch Brennesseln dominiert.

Als Fazit der kleinen Untersuchung lässt sich festhalten, dass selbst allgemeingültige Lehrmeinungen kritisch zu hinterfragen und ohne nähere wissenschaftliche Untersuchungen nicht immer einfach anwendbar sind.

Stability or change within – Does the loss of pastoral topsoil lead to changes of molecular composition in grassland A horizons of Tibetan alpine pastures?

Philipp Maurischat¹; Michael Seidel²; Georg Guggenberger³

¹ Carl von Ossietzky University of Oldenburg, Institute for Biology and Environmental Sciences; ² Carl von Ossietzky University of Oldenburg, Institute for Chemistry and Biology of the Marine Environment ; ³ Leibniz University Hannover, Institute of Soil Science

Felty horizons of Tibetan soils are a remarkable feature of *Kobresia pygmaea* (*K. pygmaea*) pastures. These soils comprise the largest alpine pasture biome of the world. Pasture soils have a diagnostic, very stable felty root mat originating from adaptation to yak grazing. These pastures are the largest carbon reservoir in High Asia, storing 21.7 Pg C. However, pasture degradation is a long-standing problem. Studies show, that the felty root mat is subsequently eroded in a retrogressive process, first leaving patches of pasture behind and then denuding the whole landscape. Our investigations show that organic matter cycling is impacted in the degraded areas as revealed by the analysis of dissolved organic matter composition in streams compared to watersheds with mostly intact pastures.

Whether the degradation process, will also change the molecular characteristics of soil organic matter and discharged DOM in the adjacent streams remains unclear so far. Along a soil degradation gradient of a toposequence of six soil profiles of the Tibetan Lake Nam Co catchment we carried out ultra-high resolution mass spectrometry (FT ICR MS) of leachates extracted from soil organic matter to gain insight into its molecular composition.

Our data reveal that the molecular-level composition of leachate SOM changed with different stages of degradation of felty horizons and degraded barren land horizons. With degradation, carbon oxidation increased, leading to a potential reduction of the free energy available for heterotrophic organic matter degraders. Further, proportionally more stable aromatic compounds increased in degraded systems, while the relative contribution of nitrogen and phosphorous was higher in intact pastures. Degradation indices showed that a certain group of typically stable compounds, (the “island of stability”) relatively gained in abundance with increasing topsoil degradation. They disappeared with the complete loss of the A-horizon. Concluding, changes in the molecular composition of soil organic matter allow to trace the degradation state of topsoils. This serves as a stepstone towards identifying degradation processes already in aquatic systems draining the watersheds.

Sensitivity of forest floor carbon stocks to forest disturbance

Mathias Mayer¹; Silvan Rusch¹; Markus Didion¹; Andri Baltensweiler¹; Lorenz Walthert¹; Stephan Zimmermann¹; Andreas Rigling²; Frank Hagedorn¹

¹ Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee, Landschaft (WSL); ² ETH Zürich

Forest disturbances are increasing around the globe with climate change and human land-use being important drivers. While forest disturbances undoubtedly reduce carbon (C) stocks in living tree biomass, their effects on forest floor C stocks remain uncertain. Here, we quantify changes in forest floor and mineral soil C stocks following two major storm events in Switzerland. Combining paired site studies with national soil inventory data and process-based modelling indicate that windthrow effects on belowground C stocks are strongly related to the size of the forest floor stocks. The largest windthrow-induced C losses of up to 29 t C ha⁻¹ occurred in high-elevation forests with a harsh climate developing thick organic layers; as much as 90 % of the forest floor C got lost upon disturbance. In contrast, C stocks of low-elevation forest soils with thin organic layers were hardly affected. Upscaling to the whole forested area of Switzerland showed a total C loss from the forest floor of ~0.4 Mt C after the two storm events, counteracting the forest net C sink of decades. Our findings are supported by the results of a global meta-analysis, showing an increase of disturbance-induced C losses with the size of the initial forest floor C stocks. Our study provides strong evidence that the sensitivity of soil C stocks to forest disturbance is particularly high in forests featuring a thick and slowly forming forest floor.

Combining results on organic pollutant degradation and on soil organic matter turnover gives indications for the control of key microbial transformation processes in soils under global change

Anja Miltner¹; Karolina M. Nowak¹; Angelica Muskus²; Tiantian Zheng³; Matthias Kästner¹

¹ UFZ - Helmholtz Centre for Environmental Research; ² Pontifical Bolivarian University; ³ Key Laboratory of Forest Ecology and Management

Microorganisms are responsible for important soil functions such as degradation of organic pollutants, but also for the formation and transformation of soil organic matter (SOM). In case of organic pollutants, studies using radiolabelled compounds regularly show formation of non-extractable residues (NER). However, further characterisation of these NER is usually missing. Also, SOM studies usually comprise general C balances, but no details on microbial processes. Considering general principles of microbial metabolism and combining the knowledge on degradation of both natural organic compounds and organic pollutants can provide more detailed insight and help to (1) better characterise NER, (2) better describing SOM transformation and stabilisation and (3) identify the controlling factors for organic compound turnover.

For heterotrophic organisms, each substrate must provide both C and energy. Each substrate will thus partially be mineralized, the other part will be used as C source for biomass synthesis; the allocation depends on the requirements of the organisms and on the properties of the substrate. The residues of the microbial biomass formed will contribute to SOM formation after cell death. Earlier studies on pesticide degradation in soils already showed that biomass residues of the degraders (biogenic NER = bioNER) account for a substantial part of the NER found by isotope mass balances. The close link between mineralisation and biomass formation suggests a relation between mineralization and bioNER formation, controlled by the carbon use efficiency (CUE). CUE may vary depending on microbial metabolism and environmental conditions. It affects microbial biomass formation, which is a key prerequisite for necromass accumulation.

Detailed mass balances for a number of pesticides under different conditions showed that incubation temperature had a particularly strong effect on the total degradation efficiency, but also on CUE during pesticide degradation and therefore on the contribution of bioNER to total NER. Other factors including pH and SOM contents had less effect. We can expect similar effects for the turnover of natural organic compounds and thus SOM formation. This information can significantly improve the risk assessment for chemicals and advance our knowledge on factors controlling organic compound turnover and SOM formation under climate change.

Sorption of Sulfonamide Antibiotics in Peat Soils

Eric Mirenga; Sören Thiele-Bruhn PhD

Trier University

Sulfonamides are extensively used as antibiotics in human and veterinary medicine, and have been discovered as emerging pollutants worldwide. These pharmaceuticals are only poorly retained in wastewater treatment, and reach agricultural soils with the excreta from livestock. At the landscape level, peat soils are significant water collectors and widely used as grassland for livestock, and thus are sinks for organic pollutants. Due to their supposed high retention capacity, they can even be employed as filters for contaminated water. However, the fate of pharmaceutically active contaminants in peat soil is, as yet, largely unclear. In this study, sorption of two selected sulfonamides, i.e., sulfadiazine and sulfamethoxazole was investigated using a batch sorption technique, and peat soils with different physicochemical properties and from different land use systems, including sustainable wet peatland cultivation (paludiculture). Sorption K_d values ranged from 4.78 to 35.49 L kg⁻¹ for sulfadiazine and 3.85 to 61.08 L kg⁻¹ for sulfamethoxazole. Thus, they were around 10 times higher than sorption coefficients for mineral soils. Correlation coefficients between sorption K_d values and peat sample chemical characteristics revealed that pH was the main factor influencing sorption. Both sulfadiazine and sulfamethoxazole speciated to different proportions of charged and neutral species in each soil sample according to the pH. The SOM content and C/N ratios were also significantly positively correlated to sorption of both sulfadiazine and sulfamethoxazole, which affects the sorption of the charged species of the sulfonamides. This explanation is further confirmed by the O/C and H/C ratios of the peat samples. Non-linear regression analyses showed that the Fritz-Schlunder (4-parameter) and the closely-related Freundlich model (2-parameter) were generally best suited to describe sorption of both sulfonamides, with some exceptions. The Freundlich $1/n$ values were >1 for both sulfadiazine and sulfamethoxazole in every applicable case, and the sorption mechanism for both sulfadiazine and sulfamethoxazole was deduced to be weak physisorption in all the soil samples apart from spruce forest, which had the lowest pH value of the samples studied.

The fate of pharmaceutical and personal care product residues contained in human excrements during a thermophile composting process

Ines Mulder¹; Katharina Prost²; Annika Heinzelmann¹; Tobias Hübner³; Sandra Sperber¹; Benjmain Justus Heyde¹; Jan Siemens¹

¹ JLU Giessen; ² FZ Jülich; ³ Helmholtz Center for Environmental Research - UFZ

Globally, the use of human feces for fertilization of soils has a long tradition and is crucial for closing nutrient cycles, but residues of pharmaceutical and personal care products (PPCPs) in excrements may pose a risk for this use of feces for fertilization. Thermophilic composting of human feces can provide a means to accelerate the breakdown and mineralization of these residues for minimizing the risk of soil contamination. We tested to which extend residues of pharmaceuticals and personal care products in feces dissipate during thermophilic composting. Human feces were collected together with saw dust in dry toilets during music festivals in Germany. They were later on mixed with green waste and straw and piled up as heaps. Samples were taken throughout the 5 or 6 week-lasting composting process of two different heaps. Analytes were extracted using an ultrasonic method and aqueous solvents from lyophilized samples followed by solid phase extraction. Sample extracts were then analyzed for 383 micropollutants using a targeted screening via LC-HRMS. Dissipation Times (DT) DT50 and DT90 values were determined for compounds, where an exponential fit of single-first order exponential decay function to the data was significant. Of the screened analytes, 23 were detected in at least one compost samples, 88 compounds were found in more than half of the samples (n=65), out of which 17 showed maximum concentrations exceeding 100 µg kg⁻¹ compost.

Although compounds present differed between the two different compost heaps and most compounds were degraded during thermophilic composting, some compounds such as isophorone, 2,4 dichlorobenzoic acid and gemfibrozil persisted in both heaps throughout thermophilic composting and were detected at levels > 10 mg kg⁻¹ at the end of the composting process. DT values obtained for some of the compounds differed per composting heap.

This study highlights that PPCPs reaching the compost apparently depend on type of festival and that not all organic micropollutants are eliminated during thermophilic composting. Also, the exact composting conditions, e.g. duration of thermophilic phase and peak temperatures, might affect the degradation of several of the compounds investigated in this study. However, levels of contamination are low and lie below e.g. the limit for PCBs or benzopyrene in compost and sewage sludge (100 µg kg⁻¹, 1000 µg kg⁻¹).

Effects of estuarine conditions on organic carbon stabilisation and dissolved organic carbon formation in marsh soils

Friederike Neiske; Joscha N. Becker; Maria Seedtke; Daniel Schwarze; Annette Eschenbach

Universität Hamburg

The capability of coastal wetlands to store large amounts of soil organic carbon (SOC) has been increasingly recognised. Stabilisation mechanisms (e.g. aggregation or mineral association) and the stability of organic matter (OM) (recalcitrant vs. labile) are important features for the long-term storage of SOC. In estuarine marshes, SOC storage is dominated by a complex and dynamic interaction of abiotic conditions such as tidal inundation or changes in salinity. Little is known on OC stabilisation and stability in these transitional ecosystems and how they are affected by system-specific characteristics. Therefore, our aim was to assess the effect of flooding and salinity on (i) OC stabilisation by aggregation and mineral association, (ii) the stability of OC and (iii) dissolved organic carbon (DOC) formation in estuarine marsh soils.

We analysed topsoil (0 – 10 cm) and subsoil (10 – 30 cm) samples from 9 marsh zones along the salinity gradient (salt, brackish and freshwater) and flooding gradient (pioneer zone, low and high marsh) of the Elbe Estuary for total SOC contents, OC stabilisation mechanisms (density fractionation), aggregate fractionation, OC stability (incubation with one- and two-compartment model fits), DOC concentrations and microbial biomass.

Total SOC contents were positively correlated with mineral-associated OC (CMAOM). Proportion of CMAOM was highest in topsoils of freshwater marshes and decreased towards higher salinities in topsoils of high marshes and pioneer zones. The OM protection by aggregation (CoPOM) increased in topsoils of high marshes. The proportion of pedogenically unprotected particulate organic matter (CfPOM) correlated positively with the potential mineralisable C (Cpot) and labile C (Clabile) and negatively with the recalcitrant C pool (Crecalcitrant) that were derived from the one- and two-compartment models. Labile C, Cpot and Crecalcitrant were strongly influenced by the CN ratio of the aboveground biomass. Moreover, Crecalcitrant was linked to the proportion of CMAOM. Concentrations of DOC increased with total SOC and Cpot but decreased with CoPOM.

We conclude that SOC stabilisation in the Elbe Estuary is mainly related to mineral association of OM. With increasing terrestrial influence, the contribution of physical protection in aggregates increases – which reduces DOC formation. Besides these pedogenic stabilisation mechanisms, recalcitrance is strongly determined by vegetation characteristics.

Microplastics in Soil Affect Soil Water Retention and Saturated Hydraulic Conductivity

Katharina Neubert; Lutz Weihermüller; Harry Vereecken; Nicolas Brüggemann

Forschungszentrum Juelich/IBG-3

An important factor for optimal plant growth is the accessibility of water in the soil for root water uptake. As noted by Bentz et al. (2022), small-scale hydrophobic areas in an otherwise well wettable soil could cause water-repellency, leading to unequal water distribution in the soil column. Those dry spots might impact overall water extraction by the root system and non-optimal growth, especially under dry soil conditions or at stages where water will infiltrate into the soil. Additionally, adding MP even at small quantities to the soil might alter the soil pore space, leading to changes in water retention and saturated hydraulic conductivity.

We therefore hypothesize that microplastics (MP), which can be ubiquitous in soil, affect soil hydrology due to their hydrophobic characteristics and changes in pore space. For the experiments presented here, four types of plastics were chosen, which on the one hand are most abundant in German soils, and thus, were considered relevant. On the other hand, those plastics differ slightly in hydrophobicity. Low-density polyethylene (LDPE) and polypropylene (PP) consist exclusively of hydrocarbons, and are therefore most hydrophobic. Polystyrene (PS) shows a lower hydrophobicity due to its functional side group (benzene ring), and polyester fibers (PES), consisting of polyethylene-terephthalate (PET), exhibits a hydrophilic character with a contact angle $< 90^\circ$.

The results showed that the saturated hydraulic conductivity (K_{sat}) of a loamy silt soil was significantly higher ($p = 0.01$) for the soil mixed with 0.4%-w PES fibers ($K_{sat}(PES) = 40.08 \pm 12.87 \text{ cm day}^{-1}$) compared to the soil without MP ("blank", $K_{sat}(\text{blank}) = 18.04 \pm 1.17 \text{ cm day}^{-1}$). Especially under dry conditions, the hydraulic characteristics of the soil mixed with all types of MP tested differed clearly from the blank. Hereby, the volumetric water content at field capacity (pF 1.8) and at wilting point (pF 4.2) were reduced in soil containing MP compared to blank. Additionally, the soil water retention curves for soil containing MP dropped more rapidly with increased tension than for the blank. Although, the difference in plant available water (PAW in $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) defined here between water contents between pF 1.8 and pF 4.2, is higher for soil containing MP (+MP), we hypothesize that MP will impact the water available for plants especially if infiltration will be altered by the hydrophobic character of those soils and unequal rewetting of the soil column.

The effect of tire wear pollution on the nutrient and heavy metal uptake of crops

Kai Nils Nitzsche¹; Moritz Bigalke¹; Andreas Fliessbach²; Bernhard Stehle²; Dominika Kundel²

¹ Technische Universität Darmstadt, Institut für Angewandte Geowissenschaften; ² Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL)

Tire wear is considered the most dominant microplastic (MP) source into the environment. After entering the soil-plant system, MPs from tire wear can alter the physico-chemical properties of the soil. Furthermore, vulcanization agents (S and ZnO) and other additives can leach into the soil and be taken up by plants. The goal of this study was to test whether tire wear pollution altered the nutrient and heavy metal uptake of crops, thereby potentially affecting plant growth. Leek (*Allium porrum* var. Fantic), maize (*Zea mays*) and lettuce (*Lactuca sativa* var. Till) were cultivated in a pot experiment using a neutral, loamy sand with no tire wear application (control pots) and with tire wear concentrations of 3 % (polluted pots), respectively. Maize and lettuce were kept for 7 weeks, leek for 11 weeks. After harvest, C, N, S as well as other macronutrients (Ca, Na, Mg, K, P) and heavy metals were determined in the shoot biomass. We expect the biomass from the tire wear polluted pots to have higher S and Zn concentrations, and lower concentrations of macronutrients as a consequence of Zn toxicity. Overall, our results will have implications for the crop selection close to streets, i.e., whether certain crops could be more resistant to tire wear pollution.

The influence of photoaging on the leaching of DEHP from PVC microplastics into the environment

Sefine Oksal Kilinc¹; Charlotte Henkel²; Thilo Hofmann²; Liliane Rueß³; Thorsten Hüffer²

¹ Humboldt Universität zu Berlin; ² Vienna University; ³ Humboldt Universität Berlin

Polyvinyl chloride (PVC) is one of the five globally most produced polymers and is detected in terrestrial and aqueous environments in the form of microplastics (MP). Due to its wide usage, PVC is part of the daily human life. Depending on the requirements of use PVC products can contain 30 to 80% di (2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) a plasticizer, which is the most used phthalic ester on the polymer market. DEHP and its degradation products are known to act as endocrine disruptors, i.e., negatively affecting reproduction. Because of the low bioavailability of DEHP, it represents the majority of phthalate occurrence in soil.

The current study investigated the impact of UV-aging on PVC properties and the leaching of DEHP and its degradation products mono-2-ethylhexyl phthalate (MEHP), phthalic acid (PA) and phthalic anhydride (PAn) over varying experimental durations (1 to 80 days). Leaching of DEHP strongly increased with PVC age and was more than four times as high as the leaching from pristine pellets after 80 days. Degradation products were only observed for aged PVC. In contrast, the MEHP, PA and PAn leaching from pristine PVC were similar to those from blank batches.

DEHP exposure to the environment and human are currently based on the estimations from leaching data from pristine PVC. However, the present results suggest that UV-aging affects the leaching and thus the exposure of such potentially toxic substances from microplastics for environment and biota.

Long-term Leaching of Sulfonamide Antibiotics with Seepage Water from Soil Lysimeters

Wallace Ongara

Universität Trier, FB VI, Bodenkunde

The terrestrial environment, and agricultural land in particular, is exposed to inputs of pollutants from anthropogenic sources. In this study, the long-term leaching behavior of sulfonamide antibiotics was investigated by determining trace contaminations in leachate samples from field lysimeters. Nine different sulfonamides were tested. One or up to eight different compounds were applied annually for 17 years with spiked slurry or water to two field lysimeters. Leachate samples were collected during that time. Sample clean-up was done with solid phase extraction (SPE) and the sulfonamides were analyzed using LC-MS/MS. Sulfonamide antibiotics were recovered up to 16.2 years after the last application to soil suggesting high persistence in soil and high potential of remobilization. The mean concentrations in leachate water ranged from 0.02 (SMX) to 4.91 $\mu\text{g L}^{-1}$ (SAA), which equals to 0.003 to 0.416 % of the total mass applied during the investigation period. Strongly varying between the different sulfonamides, approximately 0.94 to 69.53% of the samples exceeded the 0.1 $\mu\text{g L}^{-1}$ critical threshold for biocides in European drinking waters. Considering the sum of all sulfonamides in each sample, 77.47 to 81.41 % of the samples exceeded the critical threshold. Weather conditions played a major role in the rainfall-dependent mobilization and release of antibiotics from soils. Due to the substantial concentrations of sulfonamides recovered from soil leachates long after the end of the applications, we conclude that these antibiotics are persistent and continuously transferred deeper into soils and groundwater.

Überraschend starker Ligninabbau in einer Laborinkubation von alpinen Böden mit unterschiedlicher Nutzungsgeschichte

Dario Püntener; Tatjana C. Speckert; Guido L. B. Wiesenberg

Geographisches Institut, Universität Zürich, Schweiz

Alpine und subalpine Gebiete reagieren sehr empfindlich auf den globalen Klimawandel. Die bessere Erforschung des Kohlenstoffkreislaufs in diesen Gebieten ist daher von großer Bedeutung, insbesondere inwiefern sich der Eintrag und Abbau von organischem Kohlenstoff im Boden verändert. Um den Abbau des als eher stabil angesehenen Lignins unter steigenden Temperaturen zu untersuchen, wurde ein Inkubationsexperiment unter kontrollierten Bedingungen durchgeführt. Dazu wurde die Inkubation mit ^{13}C angereicherter Pflanzenstreu unter drei verschiedenen Temperaturregimen (durchschnittliche Temperatur der Vegetationsperiode von 12.5°C , $+4^{\circ}\text{C}$ (16.5°C) und $+8^{\circ}\text{C}$ (20.5°C)) über den Zeitraum eines Jahres durchgeführt. Inkubiert wurden je ein alpiner Wiesenboden sowie ein Waldboden aus Jaun, Schweiz.

Die Konzentration der Ligninphenole nahm in allen Varianten über die Versuchsdauer um durchschnittlich -22.7% ab. Der Rückgang in den Waldproben (-24.9%) war etwas stärker als in den Wiesenproben (-20.5%). Überraschenderweise nahm die Ligninkonzentration in den Wiesenproben am stärksten bei der tiefsten Temperatur ab, während die beiden höheren Temperaturen identisch waren. In den Waldböden war der Rückgang bei einer Temperatur von 16.5°C am höchsten, gefolgt von der tiefsten Temperatur. Überraschenderweise wurde der geringste Rückgang bei 20.5°C beobachtet. Die geringeren Rückgänge bei höheren Temperaturen sind entgegen der Erwartungen und könnten auf ein niedrigeres, den subalpinen Temperaturen angepasstes Optimum der derzeitigen mikrobiellen Gemeinschaft zurückzuführen sein.

Die Konzentration der Ligninphenole der markierten Streu nahm für alle verschiedenen Böden sowie Temperaturen ab. Innerhalb der ersten zwei Inkubationswochen sank die Konzentration der einzelnen Phenole um mehr als 50%. Die anschließende Abnahme des ^{13}C -Signals erfolgte wesentlich langsamer. Eine mögliche Erklärung hierfür ist die hohe Verfügbarkeit von leicht abbaubarem Kohlenstoff in der Streu, der genügend Energie für die Produktion von Enzymen für den Ligninabbau liefert.

Auch die Kontrollproben zeigen einen ähnlichen Abbauverlauf. Der stärkere Abbau zu Beginn lässt sich durch das Vorhandensein ausreichend verwertbaren Kohlenstoffs erklären, der im Verlaufe der Inkubation abnimmt.

Eine Feldinkubation am Standort der Probennahme soll zeigen, inwiefern sich die Laborergebnisse auf Feldbedingungen übertragen lassen.

Boosting soil carbon storage by selecting cover crops with enhanced root biomass?

Laura Reinelt¹; Nicole Christin Maack²; Henrike Heinemann¹; Axel Don¹

¹ Thünen Institut für Agrarklimaschutz; ² Christian-Albrechts-Universität zu Kiel - Institute of Crop Science and Plant Breeding

Cover crops are mostly grown after the harvest of a primary crop and can increase soil organic carbon content, mainly by providing additional inputs of biomass carbon to the soil. Their cultivation also has additional benefits, such as improved water and nutrient retention, erosion prevention and increased biodiversity. Studies have shown that root biomass generally contributes more to soil organic carbon accumulation in soils than above-ground biomass. However, to date, little data is available on root biomass and root to shoot ratios of cover crop species.

In November 2021 and again in November 2022, we sampled root biomass of 14 cover crop species and a range of mixtures, and from three different sowing times, in field trials run by the seed producer KWS. Absolute root biomass and root to shoot ratios were strongly depended on the cover crop species. Root biomass decreased by up to about 80% between the first sowing date in the beginning of August and the last sowing date in mid-September. Interestingly, also the root to shoot ratio depended on the sowing date, suggesting changes in resource allocation between above- and below-ground. Based on this data, we are going to estimate the potential to increase soil carbon accumulation by selecting cover crop species with high root biomass. We are also analysing root traits of the cover crops, such as carbon and nitrogen content, specific root length, root diameter and rooting depth, as these traits are also relevant to soil carbon dynamics. Additionally, we are going to test if root traits can be used to predict root biomass at different sowing times.

Our results allow us to give recommendations for the selection of cover crops with the potential to increase soil carbon sequestration. This data is also useful for more accurate mechanistic modelling of the soil carbon content under different management scenarios.

DOC- und CO₂-Flüsse im Umfeld von liegendem Totholz

Lisa Rubin¹; Peter Stiasny²; Heike Puhlmann¹; Yvonne Oelmann³; Friederike Lang²

¹ Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abteilung Boden und Umwelt; ² Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Professur für Bodenökologie; ³ Eberhard Karls Universität Tübingen, Fachbereich Geowissenschaften

Wenn Totholz im Wald verbleibt, kann dies die Kohlenstoffspeicherung in Waldböden erhöhen, wenn die aus dem Totholz freiwerdende organische Substanz in den Boden gelangt und dort stabil gespeichert wird. Wie sich Totholz zersetzt und welche Faktoren diesen Prozess behindern oder beschleunigen ist schon umfangreich erforscht. Über den Verbleib des aus dem Totholz freigesetzten Kohlenstoffs (C) gibt es bislang aber nur unzureichende Kenntnisse, vor allem bezüglich der Standortabhängigkeit. Bei der Holzzersetzung wird C infolge mikrobieller Abbauprozesse als CO₂ freigesetzt, in Form fester Partikel durch Bodentiere in den Boden eingearbeitet oder in gelöster Form mit dem Niederschlagswasser in den Boden transportiert. Während die CO₂-Freisetzung eine C-Quelle in der Treibhausgasbilanz darstellt, kann der Eintrag von gelöstem oder partikulärem C in den Boden die C-Senkenfunktion erhöhen. Unter welchen Bedingungen der in den Boden eingetragene C aber tatsächlich langfristig stabil gespeichert wird, ist bislang kaum erforscht. Um zu verstehen, unter welchen Bedingungen totholzbürtiger C bevorzugt im Boden gespeichert wird und somit die C-Senkenfunktion verbessert oder über die Bodenwasser- und -gasphase ausgetragen wird, sind kontinuierliche Messungen der Bodengas- und Bodenwasserflüsse essentiell.

In dem vorgestellten Projekt werden zur Untersuchung dieser C-Flüsse auf verschiedenen Messplots Bodenwasserflüsse mittels Saugkerzen und CO₂-Flüsse mittels Kammermessungen im Umfeld von liegendem Totholz erfasst. Erste Ergebnisse zeigen eine erhöhte Konzentration von gelöstem organischem Kohlenstoff (DOC) unter Totholz im Vergleich zum nicht von Totholz beeinflussten Boden. Ebenso waren im Umfeld von Totholz die CO₂-Flüsse im Vergleich zum unbeeinflussten Boden erhöht. Die C-Flüsse unterscheiden sich systematisch zwischen den untersuchten Baumarten (Fichte, Buche) und variieren mit dem standörtlichen Wasserhaushalt. Mit Hilfe der Daten sollen C-Bilanzen im Umfeld von liegendem Totholz erstellt und mit Untersuchungen der Kohlenstoffgehalte in der Bodenfestphase verknüpft werden.

The potential of sorghum landraces to overcome drought: A lysimeter experiment with four soil textures

Anna M. Sauer¹; Sara Loftus²; Eva-Maria Görk²; K. Sudhabindu³; L. K. Erugoti³; Jana Kholová⁴; Michaela A. Dippold⁵; Mutez A. Ahmed⁶

¹ Bayreuth Center of Ecology and Environmental Research (BayCEER), University of Bayreuth; ² Georg-August Universität Göttingen, Biogeochemistry of Agroecosystems; ³ Centurion University of Technology and Management, Paralakhemundi, Odisha, India; ⁴ Crop Physiology Laboratory, International Crops Research Institute for Semi-Arid Tropics (ICRISAT), India; ⁵ Geo-Biosphere Interactions, Department of Geosciences, University of Tuebingen; ⁶ Department of Land, Air and Water Resources, University of California Davis, United States

Water limitation in agriculture is an increasing problem, especially in semi-arid and arid regions undergoing climate change. Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) is well adapted to drought stress and is an important staple crop in these areas. A broad genetic variety of locally adapted wild forms and landraces shows a high potential for drought adaptations to increasingly extreme climates.

Thus, M-35, the most popular genotype for decades in the post-rainy season in India, was compared with four landraces from Africa and Pakistan to evaluate their performance under drought conditions. These five genotypes were grown in 2 m deep lysimeters on soils of four different soil textures (silty clay, sandy loam, loamy sand, sand) which were dried during flowering stage to 30% usable field capacity and weighed weekly to assess transpiration. Additionally, two nitrogen (N) source treatments labeled with ¹⁵N, mineral N fertilizer versus cowpea organic N residues, were imposed to test the influence of legume pre-crops and biopore-utilization on sorghum's water and N use.

Although N recovery rates in the mineral N fertilizer treatment were higher than with the pre-crop, the ANOVA test showed no significant effect of N utilization on plant development, transpiration, or yield. Plants in silty clay grew tallest, produced the most biomass, and hence had the highest total transpiration. Interestingly, they also had tendentially the highest transpiration efficiency (TE) and harvest index (HI). These trends were opposite in sand, where especially the otherwise vigorously growing genotypes IS15945, IS8348, and M-35 showed strongly reduced plant height and biomass production. A later flowering time was associated with reduced HI. While the elite line M-35 showed the highest TE irrespective of the soil texture (up to 6 g/kg), it suffered from late flowering and yield loss on soils of all textures, with the effect being more pronounced when growing on a sandy soil. The landraces IS29914 and IS8348 showed stable HI even on sandy soils, irrespective of their lowest TE.

The study could overall emphasize the high potential of sorghum landraces to overcome more extreme climate conditions imposed by climate change. For future breeding, a combination of high and stable TE as seen in M-35 together with traits such as early flowering shown by some of the landraces could be a promising approach to adapt cultivars to extreme climates and soils with low water-holding capacities.

Vertikale und horizontale Verteilung verschiedener Silicium-Fraktionen in Böden unter Ölpalmlantagen in Indonesien

Daniela Sauer¹; Britta Greenshields¹; Barbara von der Lühe²; Harold J. Hughes¹; Suria Tarigan³; Aiyen Tjoa⁴

¹ Universität Göttingen; ² Universität Münster; ³ IPB University, Bogor (Indonesien); ⁴ Tadulako University, Palu (Indonesien)

Obwohl Ölpalmen zu den Silicium-Hyperakkumulatoren zählen, sind Auswirkungen des Ölpalmanbaus auf den Silicium-Haushalt tropischer Böden kaum untersucht. Diese Arbeit zielte darauf ab, (1) die vertikale Verteilung verschiedener Fraktionen von Silicium (Si) in Acrisols und Stagnosols unter Ölpalmlantagen im Vergleich zu Regenwaldstandorten zu analysieren, um eine potentielle Si-Verarmung durch Ölpalmanbau zu detektieren sowie (2) horizontale Si-Verteilungsmuster in den Oberböden von Ölpalmlantagen zu erfassen, die wir aufgrund der gängigen Bewirtschaftungspraktiken erwarteten.

Hierzu wurde in acht ca. 11-20 Jahre alten Ölpalmlantagen und acht Regenwaldstandorten in der Provinz Jambi (Sumatra, Indonesien) jeweils ein Bodenprofil horizontweise beprobt und nach Georgiadis et al. (2013) die folgenden Si-Fraktionen sequentiell extrahiert: Si in (1) mobiler Kieselsäure, (2) adsorbierter Kieselsäure, (3) organischer Bodensubstanz, (4) pedogenen Oxiden/Hydroxiden, (5) biogener und (6) minerogener amorpher Kieselsäure. Gesamt-Si wurde separat bestimmt. Zudem wurden in den acht Ölpalmlantagen an je fünf Punkten pro Plantage Oberbodenproben entnommen. Pro Punkt wurden je vier Bereiche beprobt: (1) Palmkreise (1,5-2m Umkreis um die Stämme, der gedüngt und vegetationsfrei gehalten wird), (2) Ölpalmreihen, (3) Zwischenreihen (freie Bereiche zwischen den Ölpalmreihen), (4) unter langgestreckten Mieten abgeschnittener Palmwedel, die i.d.R. in jeder zweiten Zwischenreihe aufgehäuft werden.

Unter Palmwedelmieten war die Konzentration amorpher Kieselsäure signifikant erhöht, was aufgrund der Si-Akkumulation in den Palmwedeln und der verstärkten Streurückfuhr durch die Palmwedelmieten zu erwarten war. In grasbewachsenen Zwischenreihen zeigten die Oberböden ähnliche Konzentrationen amorpher Kieselsäure wie unter Palmwedelmieten, was durch die phytolithreiche Grasstreu erklärt werden kann. Zudem war in Erosionsmessungen bei Bewuchs mit Gräsern und Kräutern kaum Oberbodenabtrag feststellbar, während die Erosion ohne Bewuchs 4-12 Tonnen pro Hektar und Jahr betrug. Mit Blick auf Si-Versorgung und Erosionsschutz wird daher u.a. Grasbewuchs oder Hächeln und Verteilen der abgeschnittenen Palmwedel als Mulfschicht vorgeschlagen. Die vertikalen Verläufe der Si-Fraktionen und die bis zu einem Meter Tiefe gespeicherten Si-Mengen pro Hektar zeigten keinen signifikanten Einfluss des Ölpalmanbaus. Eine Si-Verarmung war somit in den bis ca. 20 Jahre alten Plantagen nicht feststellbar.

Spatial protection, residence time and hysteresis of SOM stabilization: Can it be explained by a mechanistic-stochastic model?

Helmer Schack-Kirchner; Kenton Stutz; Stefan Hergarten; Friederike Lang

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Paradigms of SOM stabilization have shifted away from biodegradability with the most recalcitrant high-molecular compounds forming stable stocks to environmental and community controls where physical protection controls microbial decay. However, SOM models till now address physical protection through empirical factors rather than mechanistically. To evaluate spatial protection of SOM we present a cellular automaton that combines diffusional pattern formation with neighbor-controlled decay. A 2-D space is filled with a mineral matrix and pore cells, either empty or SOM. Stochastic rules control appearance and decay of SOM with time steps. Degradation probability is maximum for isolated SOM cells and zero when cells are completely surrounded by SOM or mineral cells. Model parameters are the structure of the mineral matrix, transition probabilities, and their neighbor modifications. The effect of spatial protection is evaluated compared to a baseline with no neighbor effects. Over a wide parametrization range the system approached a weakly fluctuating equilibrium level depending on the mineral matrix. In mature systems SOM concentrates in inter-particle spaces forming soil aggregates. The age distribution of SOM revealed two maxima with youngest and oldest SOM. When degradation probability is periodically increased, we observe a hysteresis in the accumulation of SOM at lower degradation rates relative to loss of SOM at higher degradation rates. This contradicts the no-neighbor baseline model where SOM accumulation is faster than degradation from low to higher SOM stocks. This hysteresis can be explained through self organized criticality where small disturbances at critical points trigger progressive degradation of formerly spatially protected SOM. As such, spatial protection of SOM without further qualitative parameters can explain both important SOM stabilization features and critical vulnerabilities under changing environmental conditions.

Influence of coarse woody debris on the stabilization of carbon in temperate beech forest soils

Robin Schäfferling¹; Lilli Zeh¹; Patrick Wordell-Dietrich¹; Kenton P. Stutz²; Stefan Julich³; Karl-Heinz Feger¹; Karsten Kalbitz¹

¹ TU Dresden, Institute of Soil Science and Site Ecology; ² Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Professur für Bodenökologie; ³ Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde

Deadwood has important functions in forest ecosystems. It is a biodiversity hot spot, serves as a storage of water and stores 8% (73 +/- 6 Pg) of the world's forest carbon. The fate of this carbon (C) is still highly debated particularly concerning its influence on soil organic matter and its contribution to the forest soils C sink. Our research investigates the extend to which downed beech deadwood influences the stable C pool in the soil of temperate beech forests and how that relationship depends on soil moisture.

The research was conducted in a near natural beech forest near Leipzig, Germany (Dübener Heide) and is part of the BENEATH-Project. We sampled three subsites representing a soil moisture gradient, i.e. dry, moist and wet conditions. Undisturbed soil cores were taken from these subsites in three depth (0-10 cm, 10-20 cm and 20-30 cm) beneath coarse woody debris (CWD) at an advanced stage of decay. Reference soils were sampled at a distance of about 2 m. The samples were separated into the free light fraction (F-LF), the occluded light fraction (O-LF) and the heavy fraction (HF) via density fractionation using sodium polytungstate solution ($\rho = 1,6 \text{ g cm}^{-3}$). For each fraction, the organic C and N contents were determined.

We expect significantly higher C stocks in the topsoil under CWD compared to the reference sites. These differences should especially occur in the F-LF and in the O-LF fraction because of a high input of particulate organic matter by deadwood (i.e. F-LF) and a high (micro)biological activity promoting aggregation (i.e. O-LF). We also expect higher amounts of C in the HF under deadwood due the high input by dissolved organic matter coming from the deadwood that interacts with the mineral phase of the soil. Carbon in the HF constitutes the mineral-associated organic C that is considered to be stabilized in the soil on the long term. That process should be particularly relevant in the subsoil and under wet conditions.

Our results should sharpen the picture of the deadwood's role for long term C stabilization in forest soils and how this process is affected by differences in the soil moisture status. They will give implications for climate mitigation through forest management

Soil's adaptation and memory: Implications for root-derived soil carbon sequestration

Marcus Schiedung¹; Axel Don²; Michael Beare³; Samuel Abiven⁴

¹ Department of Geography, University of Zurich, Switzerland ; ² Thünen Institut für Agrarklimaschutz; ³ New Zealand Institute for Plant and Food Research Limited; ⁴ Département de Géosciences, CNRS, École normale supérieure, PSL University

Soils have a large potential for the sequestration of soil organic carbon (SOC) to mitigate global climate change when introducing climate-smart practises, such as deep rooting systems. However, newly added root litter or exudates can enhance the mineralization of native SOC (positive priming effect), which may counterbalance the sequestration of new carbon (C). We used soils from a 20 years chronosequence of inverted grassland soils (>1 m deep melioration) and studied the root induced priming in newly formed topsoils, which accumulated C after inversion and in SOC enriched subsoils that consisted of former topsoils. These soils were incubated for six months after introducing labelled and fresh roots (>2 atom% ¹³C) by growing ryegrass under ¹³C-enriched atmosphere and removing aboveground biomass before incubation. By tracing the respired root-derived C and its recovery in soils and fractions, this chronosequence provided the unique opportunity to study the priming effect of roots in soils with different durations of C input under field conditions and consequently SOC levels. We found that newly added fresh root biomass causes positive priming of SOC in subsoils (331 ± 84% enhanced respiration) and newly formed topsoils (109 ± 27% enhanced respiration) within six months of incubation. This effect was a transitional phenomenon for new topsoils that accumulating SOC, which adapted to high C input within a few years, leading to no priming in long-term topsoils. Soils adapted to high C inputs showed a faster cycling of fresh roots and remaining roots were associated to the mineral soil fractions and a memory effect occurred if topsoils were buried below one meter depth. In recently buried topsoil the priming effect was low (50 ± 2% enhanced respiration) but substantially increased 20 years after burial (390 ± 32% enhanced respiration). Overall, C losses with priming never exceeded new root-derived C inputs and resulted in C gains even under highly favourable incubation conditions. We conclude that priming is a temporal reaction to additional C which attenuates when soils get adapted to high C inputs within a few years to decades.

The effect of forest management on litterfall and OC stocks in organic layers and mineral soils

Ingo Schöning; Marion Schrumpf

Max Planck Institute for Biogeochemistry Jena

Litterfall is an important pathway through which organic matter is transferred from plants to soil in forest ecosystems. Litterfall, the rate of litter decomposition and the magnitude of litter incorporation into soil are linked to the formation of organic layers and humus-rich topsoil horizons. However, the interaction between forest management, litter fall, formation of organic layers and mineral soil C stocks has rarely been quantified in combination and on a regional scale. Since 2015, we have been monitoring the aboveground litter input with a total of 750 litter traps at 150 forest plots in 3 German regions (Schorfheide-Chorin, Hainich-Dün and Schwäbische Alb). The organic layer and the topsoil (0-10 cm) were sampled with 14 sampling points per plot. The index of silvicultural management intensity introduced by Schall and Ammer (2013) was established to quantify forest management intensity at all plots. The 1st component of the index evaluates the risk of stand loss (SMIr) and is a function of tree species and stand age. The 2nd component evaluates the stand density (SMId) by comparing the current basal area of forest stands with their potential maximum values.

Piecewise structural equation models showed that organic layer C stocks were positively related to SMIr and negatively related to SMId and mineral soil pH. These relationships were mediated by litter C input, litter CN ratio and earthworm biomass. In our model, fixed effects explained 46% of the variance of the organic layer C stocks. SMIr and litter CN ratio had by far the strongest associations with organic layer C stocks. Study region which was considered as random factor explained 18% of the variance.

We could not find that SMIr or SMId had a direct or indirect influence on the mineral soil OC stocks. In contrast, we were able to determine very strong positive correlations between clay content, soil pH and mineral soil OC stocks. Additionally, we found a weak association between dithionite extractable iron and mineral soil OC stocks. All three together explain 67% of the variance in mineral soil OC stocks, and study regions explain additional 11% of variance. Our result showed, that forest management and particularly tree species selection was strongly reflected in the organic layer. However, the regional forest management gradient was not large enough to be become visible in the mineral soil, where OC stocks are mainly driven by parent material and related clay and iron oxide content.

Can we manage microbial carbon use efficiency by liming?

Julia Schroeder¹; Claudia Damatirca²; Tobias Bölscher³; Claire Chenu³; Urs Schmidhalter⁴; Lars Elsgaard⁵; Christoph C. Tebbe⁶; Christopher Poeplau¹

¹ Thünen Institute of Climate-Smart Agriculture; ² University of Turin, Department of Agricultural, Forest and Food Sciences; ³ INRAE - AgroParisTech, Université Paris-Saclay, UMR EcoSys; ⁴ Technical University of Munich, TUM School of Life Sciences; ⁵ Aarhus University, Department of Agroecology; ⁶ Thünen Institute of Biodiversity

Microbial transformation of organic matter is thought to stabilise carbon in soil. When soil microbes have a high carbon use efficiency (CUE), a higher proportion of the metabolised carbon is incorporated into the microbial biomass, thereby promoting in-vivo stabilisation of carbon. In fact, managing CUE could potentially become a strategy to support C sequestration. The pH was shown to be a major driver of microbial CUE in agricultural soils and therefore, management practices to control soil pH, such as liming, could serve as a tool to modify microbial physiology. However, the potential to actively manage CUE via liming is unclear. To address this question, the long-term effect of liming on CUE was investigated on soils from three European long-term field experiments (Versailles Bare Fallow '42 Parcelles', Store Jyndevad 'P and liming experiment' and Dürnast 'Kalkversuch 016'). In addition, control soils were limed in the laboratory to investigate direct liming effects on CUE accounting for both soil and lime-derived CO₂ losses ($\delta^{13}\text{C}$ signature). Preliminary results suggest that the long-term effect of liming on CUE is dependent on the pH range in which changes occur. Direct liming led to an increase in soil pH, but did not increase CUE in short-term. We will present effects of long-term liming and direct liming on soil microbial CUE and highlight the potential of manipulating CUE via liming.

Resolving the spatial architecture of organo-mineral interactions in soils: Dual primary ion source NanoSIMS and correlative imaging with O-PTIR

Steffen Schweizer¹; Luis C. Collocho Hurtarte²; Itamar Shabtai³; Christophe Sandt⁴; Livia Urbanski¹; Emanuele Lugato⁵; Carmen Höschen¹

¹ Technical University of Munich (TUM); ² European Synchrotron Radiation Facility / Diamond Light Source (Beamline I08, Didcot, UK); ³ The Connecticut Agricultural Experiment Station; ⁴ Synchrotron SOLEIL; ⁵ European Commission - Joint Research Centre

Advanced spectromicroscopic analyses such as NanoSIMS allow insights into the distribution of organic matter (OM) and mineral components in soil structures at the microscale. Despite advanced spectromicroscopic imaging, the determining factors of the organization of OM within the soil architecture are still widely unknown. Here, we present two analytical approaches aiming to resolve the spatial architecture of OM. The first approach focused on organo-mineral interactions in intact soil structures incubated for 4 months with ⁴⁴CaCl₂ and ¹³C/¹⁵N-labelled litter imaged by Nanoscale secondary ion mass spectrometry (NanoSIMS) using a dual primary ion source workflow combining Cs⁺ and the new RF plasma O⁻ source. The dual workflow enables correlating the distribution of C and N with Na, Mg, Si, K, Al, and Fe at a lateral resolution of 120nm. Preliminary analyses indicate that OM is related with clusters rich in Al and K. These were arranged around particulate OM forming local Ca hotspots, with partially exchangeable Ca as indicated by their ⁴⁴Ca enrichment. This means the particulate OM may function as a local hotspot of cation exchange likely affecting further spatial arrangement and precursor associations with mineral interfaces. The second approach focused on arable soils with high OM content despite their high sand content analyzed by a correlative optical photothermal infrared spectroscopy (O-PTIR) and NanoSIMS. The novel O-PTIR technique enables mapping aromatic and aliphatic components of OM at a lateral resolution of 0.5µm. We used < 20µm soil structures that were previously characterized by exceptionally high OM content and a high proportion of alkyl C according to ¹³C nuclear magnetic resonance (NMR) spectroscopy. Based on NanoSIMS imaging, we found distinct microstructures consisting of fine mineral particles and a high coverage of OM of approximately 43–80% correlated with OM content. This indicates an important role of OM-OM interactions which we are currently investigating further by O-PTIR. Taken together, the two novel spectromicroscopy approaches show how the spatial organization of the mineral matrix influences OM distribution and vice versa, whereas OM-OM interactions may prevail when mineral surface interactions are locally limited.

Soil carbon-sequestration and climate mitigation – definitions and their implications

Axel Don¹; Felix Seidel¹; Claire Chenu²; Daria Seitz¹; Thomas Kätterer³; Jens Leifeld⁴

¹ Thünen Institut für Agrarklimaschutz; ² INRAE - Institut national de la recherche agronomique
; ³ Swedish University of Agricultural Sciences (SLU); ⁴ Agroscope

Carbon sequestration has become a buzz word and generates large expectations on ecosystems to take up carbon (C) from the atmosphere. These so-called negative emissions could compensate greenhouse gas emissions and help to stabilise the global climate. However, the term C sequestration is often misleadingly used fostering biased conclusions and exaggerated expectations. C sequestration is defined as net uptake of C from the atmosphere. Soils have a particularly large potential to take up C yet many soils currently continuously loose C. Measures to build up soil C may only reduce soil C losses (C loss mitigation) but will not result in a net C sequestration. While checking 100 recent papers we found only 5% correctly using the term C sequestration. Even worse, 13% of the papers used C sequestration equivalent to soil C stocks. Here we call for a rigorous and concise use of the term C sequestration and discuss implications of misleading applications.

Wie können Effekte von Landnutzungsänderungen auf Bodenkohlenstoff modelliert werden?

Daria Seitz¹; Rene Dechow¹; Boris Schröder-Esselbach²; Axel Don¹

¹ Thünen Institut für Agrarklimaschutz; ² Technische Universität Braunschweig

Landnutzungsänderungen beeinflussen die Bodenkohlenstoffvorräte und damit das Klima, da Böden sowohl eine Senke als auch eine Quelle für atmosphärischen Kohlenstoff sein können. Das dynamische Bodenkohlenstoffmodell RothC wurde oft genutzt, um Veränderungen im Kohlenstoffvorrat von Ackerböden zu simulieren. Aber bisher wurde nicht getestet, ob es auch die Auswirkungen von Landnutzungsänderungen zwischen Acker und Grünland hinreichend gut simulieren kann. Für die Emissionsberichterstattung und für CO₂-Zertifikate für Humusaufbau ist es notwendig, die Dynamik der Kohlenstoffvorratsänderungen ausreichend genau modellieren zu können.

Wir haben einen globalen Datensatz mit 38 Standorten aus der Literatur genutzt um RothC zu testen. RothC ist ein einfaches dynamisches Kompartimentmodell, das den Kohlenstoffvorrat in 5 Pools mit verschiedenen Abbauraten teilt. Der Kohlenstoffvorrat wird bestimmt durch Kohlenstoffeintrag und -austrag. Im ersten Durchlauf haben wir nur die Kohlenstoffeinträge nach Landnutzungsänderung verändert und im zweiten Durchlauf zusätzlich die Abbauraten der Pools und damit den Kohlenstoffaustrag.

Diese ersten Ergebnisse zeigen, dass eine Änderung des Kohlenstoffeintrags nicht ausreicht um die Kohlenstoffvorratsänderungen nach Landnutzungsänderung zu beschreiben. Auch zusätzlich veränderte Abbauraten waren keine ausreichende Modellmodifikation. Dies deutet darauf hin, dass auch andere Prozesse verändert werden und das Modell weiter modifiziert werden muss.

Um herauszufinden, welche RothC-Modifikation ausreichend gut geeignet ist, haben wir die Datengrundlage vergrößert. Hierzu wurden Langzeitexperimente, die Bodenzustandserhebung Landwirtschaft und Methoden des Maschinellen Lernens kombiniert. Wir zeigen und diskutieren die Möglichkeiten und Grenzen der Modellierung von Bodenkohlenstoff nach Landnutzungsänderungen auf regionaler bis nationaler Skala.

Auswaschung kolloidal gebundenen Phosphors aus Waldoberböden

Jan Siemens¹; Anna Missong²; Jasmin Fetzner³; Liming Wang²; Pauline Winkler⁴; Klaus Kaiser⁴; Frank Hagedorn³; Roland Bol²; Erwin Klumpp²

¹ Universität Giessen, ² Forschungszentrum Juelich/IBG-3, ³ Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, ⁴ Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften – Bodenkunde und Bodenschutz, Martin Luther-Universität Halle

Kolloide und natürliche Nanopartikel wurden als wichtige Vektoren der Auswaschung von Phosphor (P) vor allem aus landwirtschaftlich genutzten Böden identifiziert. Laborexperimente deuten auf eine wichtige Rolle dieser Partikel für die P-Verlagerung auch in Waldböden hin. Feldstudien zur Auswaschung von kolloidal gebunden P (P_{coll}) aus Waldböden sind jedoch rar. Wir postulierten, dass i) ein Großteil der P-Auswaschung aus Waldoberböden in kolloidaler Form erfolgt, ii) Starkregen nach einer Trockenperiode die kolloidgebundene Auswaschung von P verstärkt, und iii) an Kolloide und Nanopartikel gebundener P einen Teil der operationell definierten Fraktion des „gelösten organisch gebunden P“ („Dissolved Organic Phosphorus“, DOP < 450 nm) ausmacht. Diese Hypothesen prüften wir in einem Beregnungsversuch, in dem mittels frei drainender Lysimeter Sickerwasser aus der organischen Auflage und den A-Horizonten eines sandigen, P-armen (Luess) und eines lehmigen, P-reichen Buchenwaldstandorts (Bad Brückenau) des DFG Schwerpunktprogramms SPP1685 Ecosystem Nutrition. Wir bestimmten in den Sickerwasserproben P_{coll} Konzentrationen von bis zu 79 µg P l⁻¹, wobei der Großteil der Konzentrationen kleiner als 20 µg P l⁻¹ war. Die P_{coll} Konzentrationen verringerten sich nicht mit zunehmender Bodentiefe. Entsprechend unserer Hypothese wurden die höchsten P_{coll} Konzentrationen bei der Beregnung nach einer Trockenperiode im Juli erfasst, wobei die Konzentrationserhöhung vor allem auf Partikel der Größenfraktion 25-250 nm zurückzuführen war, die reich an organischer Substanz und Al-(hydr)oxiden ist. Tatsächlich bestand eine signifikante Beziehung zwischen der P_{coll} Konzentration und der DOP-Konzentration der Sickerwasserproben (Bad Brückenau: P_{coll} = 0,17*DOP, R² = 0,59; Luess: P_{coll} = 0,27*DOP, R² = 0,32). Trotz der Mobilisierung von P_{coll} nach der Trockenperiode im Sommer betrug der P_{coll}-Anteil an der Gesamtposphorkonzentration unabhängig vom Beprobungszeitpunkt im Mittel etwa 10% ± 14% (Mittelwert ± Standardabweichung; Median: 5%). Die längerfristige P-Auswaschung aus den Waldoberböden erfolgt durch den geringen P_{coll}-Anteil an Gesamt-P vor allem in der Form von Ortho-P, trotz der Mobilisierung von P_{coll} durch Starkregen nach Trockenperioden. Die Beziehung zwischen P_{coll}- und DOP-Konzentrationen weist drauf hin, dass ein Teil des operationell definierten DOP im Sickerwasser in kolloidaler und nanopartikulärer Form vorliegt.

Impact of long-term agricultural management on stocks and quality of soil organic matter

Laura Skadell¹; Florian Schneider¹; Martina Gocke²; Julien Guigue³; Wulf Amelung²; Sara Bauke²; Eleanor Hobley⁴; Dietmar Barkusky⁵; Bernd Honermeier⁶; Ingrid Kögel-Knabner⁷; Urs Schmidhalter⁸; Kathlin Schweitzer⁹; Sabine Seidel¹⁰; Stefan Siebert¹¹; Michae

¹ Thünen Institute of Climate-Smart Agriculture; ² University of Bonn, Institute of Crop Science and Resource Conservation (INRES), Soil Science and Soil Ecology; ³ Technical University of Munich, TUM School of Life Sciences, Chair of Soil Science; ⁴ Technical University of Munich, TUM School of Life Sciences, Chair of Soil Science; Central Office for Information Technology in the Security Sector; ⁵ Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF) e.V.; ⁶ Justus Liebig University Gießen, Institute of Agronomy and Plant Breeding I; ⁷ Technical University of Munich, TUM School of Life Sciences, Chair of Soil Science; Technical University of Munich, Institute for Advanced Study; ⁸ Technical University of Munich, TUM School of Life Sciences, Chair of Plant Nutrition; ⁹ Humboldt University Berlin, Thae Institute of Agricultural and Horticultural Sciences; ¹⁰ University of Bonn, Institute of Crop Science and Resource Conservation (INRES), Crop Science; ¹¹ Georg August University Göttingen, Department of Crop Sciences

Soil organic carbon (SOC) stocks and $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, and C/N values as indicators for soil organic matter quality are important parameters for soil health and ecosystem services such as carbon sequestration. Agricultural management can affect these parameters but it is uncertain to what extent and to what soil depth. We sampled and analysed the upper metre of cropland soils from ten German long-term experiments (LTEs) to quantify depth-specific effects on SOC stocks and on SOC quality of common agricultural management practices: mineral fertilisation, irrigation, a crop rotation with legumes, straw incorporation, application of farmyard manure (FYM), liming, reduced tillage and soil compaction. Results showed that 19 ± 3 % of total management effects on SOC stocks were found in the upper subsoil (30–50 cm) and 3 ± 4 % in the lower subsoil (50–100 cm), including all agricultural management practices with significant topsoil SOC effects. In the topsoil (0–30 cm), 79 ± 7 % of management effects were found. Mineral fertilisation was the treatment that had the greatest effect on SOC stocks in subsoil, followed by irrigation, FYM application and straw incorporation. Sampling down to a depth of 50 cm resulted in significantly higher SOC effects than when considering topsoil only. Also, SOC quality in topsoil and subsoil was affected by the agricultural management. The analyses of $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ values revealed that liming and FYM had the largest effects on $\delta^{13}\text{C}$ in topsoil and subsoil, resulting in an average reduction of 0.5 ‰ (FYM) and 0.2 ‰ (liming). Changes in $\delta^{15}\text{N}$ with agricultural management allow conclusions on nutrient dynamics, however, locally detected $\delta^{15}\text{N}$ peaks within experimental field sites require further investigations to ensure that only the potential management effects are analysed. Since approximately 20 % of the impact of agricultural management on SOC stocks occurs in the subsoil, we recommend soil monitoring programs and carbon farming schemes extend their standard soil sampling down to 50 cm depth to fully capture agricultural management effects on SOC and also consider effects on SOC quality.

Tree species affect the vertical distribution of soil organic carbon and total nitrogen

Christina Steffens¹; Christian Beer¹; Stephanie Schelfhout²; Lars Vesterdal³

¹ Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit, Universität Hamburg; ² Ghent University - Faculty of Bioscience Engineering; ³ University of Copenhagen

Forest soils are considered sinks for atmospheric C. Many studies revealed that tree species and their mycorrhizal association affect forest floor and topsoil organic C (OC) and total N, while the knowledge of their effect on subsoil OC and N is still scarce. We will present results of a study in which we aimed to identify (1) tree species and mycorrhizal association effects on forest floor, topsoil (0–30 cm) and subsoil (30–80 cm) OC and N stocks and vertical distribution and (2) drivers for soil OC and N distribution. For that, we sampled forest floor, topsoil and subsoil under four broadleaved tree species, namely European beech (*Fagus sylvatica* L.), pedunculate oak (*Quercus robur* L.), sycamore maple (*Acer pseudoplatanus* L.) and European ash (*Fraxinus excelsior* L.) in four Danish common garden experiments along a gradient in soil texture and determined OC and N stocks. Total N (forest floor + soil) was higher under oak than beech, while total OC was unaffected by species. Forest floor C and N were higher under oak and beech, both ectomycorrhizal species (ECM), compared to under maple and ash, which are both arbuscular mycorrhizal species (AM). Relatively more OC and N were transferred to the topsoil under AM than ECM species, and this could be explained by greater endogeic earthworm biomass in AM species. In contrast, a higher proportion of OC was stored under ECM than AM species in the subsoil, and here OC correlated negatively with anecic earthworms. Subsoil N was highest under oak. Concluding, tree species and in particular their mycorrhizal association affected the vertical distribution of soil OC and N. Tree species differences in topsoil OC and N were not mirrored in the subsoil, and this highlights the need to address the subsoil in future studies on AM- versus ECM-mediated soil OC and N stocks.

Einfluss von liegendem Totholz auf die C-Sequestrierung in Waldböden Baden - Württembergs. Quantität und Qualität des organischen Kohlenstoffs und deren Standortabhängigkeit

Peter Stiasny¹; Lisa Rubin²; Heike Puhlmann²; Friederike Lang¹

¹ Albert-Ludwigs-Universität Freiburg; ² Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg

Totholz kann einen Beitrag zur Anreicherung von organischem Kohlenstoff in Böden leisten. Wenig untersucht ist die Standortabhängigkeit dieser Speicherfunktion. Hierbei meint

der Standortbegriff jene Faktoren, die Einfluss auf das Zer – und Freisetzungsgeschehen des Totholzes bzw. des Verbleibs des Kohlenstoffes nehmen. Neben bodenkundlichen Faktoren (pH, Wärmehaushalt etc.) werden im Projekt TotC/Livewood zusätzlich biotische Faktoren erhoben, die erstgenannte modifizieren (Baumarten, Bestandesdichte etc.). Letztere sind auch als mögliche anthropogene Steuerungsgrößen von Belang. Auf Grundlage eines Datensatzes von 20 Messplots (je 3 bis 4 Totholzstämmen) wird die Anreicherung von organischem Kohlenstoff und deren Abhängigkeit von oben genannten Faktoren betrachtet. Hierzu werden volumengetreue Bodenproben (Stamm/Kontrolle) bis 30 bzw. 60 cm Tiefe entnommen. Es wird der Gehalt an organischem Kohlenstoff analysiert und hieraus der Vorrat bestimmt. Die Analyse erfolgt quantitativ (Stamm – Kontrolle) und qualitativ (Dichtefraktionierung-> Stabilität/Vulnerabilität). Ergänzend werden weitere bodenchemische Parameter (BS, KAK etc.) betrachtet. Die bisherigen Auswertungen zeigen erhöhte C - Gehalte am Stamm, insbesondere oberhalb von hangparallel liegendem Totholz. Dies lässt neben der Freisetzung aus der Holzbiomasse auch auf eine erosionsmindernde/stauende Wirkung schließen. Aus Untersuchungen des Projektpartners FVA – BW sind erhöhte Konzentrationen von organischem Kohlenstoff, im Sickerwasser (DOC) unter Totholz bekannt. Beide Sachverhalte passen mit einer Erhöhung der leichten Fraktion im Ober- und der schweren Fraktion im Unterboden zusammen. Abnehmende Strahlungsintensität, als Produkt aus Exposition, Hangneigung und Kronenschlussgrad hat einen positiven Effekt auf den Gesamt-Boden-C-Speicher. Gleichzeitig scheint eine dichtere Bestockung, vermutlich durch höhere Streumengen den Totholzeffekt anteilig zu vermindern. Auf Grundlage der Ergebnisse sollen Vorrangflächen, auf denen das Belassen von Totholz einen positiven Effekt auf die Mitigation der Treibhausgasbelastung haben kann identifiziert werden. Die Untersuchung der Kohlenstoffpools kann die Bilanzierung des Ökosystemspeichers gegenüber anderen Nutzungsketten schärfen.

Cover crop-derived N nutrition of maize: Insights from a field ¹⁵N leaf-labeling study

Tobias Stürzebecher¹; Azhar Zhartybayeva²; Iris Zimmermann³; Yijie Shi⁴; Henrik Füllgrabe⁵; Nipun Withanage¹; Juanjuan Ai⁶; Katja Holzhauser⁴; Debjyoti Ghosh⁷; Jens Dyckmans⁸; Jochen A. Müller⁹; Nico Jehmlich⁷; Callum C. Banfield⁶; Henning Kage⁴; Sandra S

¹ Biogeochemistry of Agroecosystems, Georg-August-University Göttingen, Göttingen, Germany; ² Soil fertility section, Aarhus University, Aarhus, Denmark; ³ Soil Science, Christian-Albrechts-University Kiel, Kiel, Germany; ⁴ Institute of Crop Science and Plant Breeding, Christian-Albrechts-University Kiel, Kiel, Germany; ⁵ Georg August University Göttingen, Department of Crop Sciences; ⁶ Geo-Biosphere Interactions, Eberhard-Karls-University Tübingen, Tübingen, Germany; ⁷ Department of Molecular Systems Biology, Helmholtz-Centre for Environmental Research, Halle, Germany; ⁸ Centre for Stable Isotope Research and Analysis, Georg-August-University Göttingen, Göttingen Germany; ⁹ Karlsruhe Institute of Technology - KIT, Eggenstein-Leopoldshafen, Germany

Highly productive plant production systems are often affected by strong Nitrogen (N) leaching. Nowadays this problem of N depletion in agriculture is forced by various global challenges namely more frequent drought events or heavy rainfalls. Winter-hardy cover crops (CC) especially deep rooting CC's could be used to fix N excesses in the soil, reduce N-leaching and release N in easily available organic forms for the following cash crop. We implemented a ¹⁵N leaf-labeling experiment on a loamy Luvisol in Schleswig-Holstein with the following six deep- and shallow rooting cover crop species: (*Trifolium pratense*, *Trifolium repens*, *Festuca arundinacea*, *Lolium perenne*, *Raphanus sativus* var. *oleiformis*, *Brassica napus*). The cover crops were grown in monocultures and three mixtures (legume/grass, legume/brassica and brassica/grass). The plots were organized as randomized block design and maize (*Zea mays* L.) was the following cash crop. The deep rooting cover crop species (monocultures and mixtures) were leaf-fed with ¹⁵N (¹⁵N-(NaNO₃/¹⁵N-(NH₄)₂SO₄) to enrich the root channel organic matter (OM) with ¹⁵N. The ¹⁵N uptake of maize from root channel OM was analyzed with an elemental analyzer coupled to an isotope mass spectrometer. The recovery of cover crop-derived N was not significantly different between the rhizosphere of maize roots growing in bulk soil and cover crop root channels, showing a quite homogenous distribution of the cover crop-derived ¹⁵N across the soil volume at BBCH33 due to N-diffusion. The legume/grass mixture displayed highest ¹⁵N allocation into the subsoil root channels (3.6% of pore wall N was cover-crop derived in 30-60 cm), followed by the brassica/grass mixture (1.5%), and exceeding that of any monoculture. The high belowground N-allocation of the legume/grass mixture is in accordance with a higher cover-crop OM-derived N-uptake of maize growing after this mixture, covering approx. 6.5 % of total maize N demand. In contrast, cover-crop derived N-uptake of maize growing after the other mixtures and after the pure stands was much lower. Our results demonstrate that cover crop derived nutrient use efficiencies by maize is largely influence by cover crop species and mixture.

Soil Organic Matter Formation through Pulses and Patches of Disturbance: Theory, Evidence and Open Questions

Kenton Stutz¹; Klaus Kaiser²; Bruno Glaser³; Lilian Benz¹; Friederike Lang¹

¹ Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Professur für Bodenökologie; ² Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Bodenkunde und Bodenschutz; ³ Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Bodenbiogeochemie

Formation of soil organic matter (SOM) occurs through input of litter that is partially transformed and translocated by soil (micro)organisms and environmental components (e.g., fire and percolating water). However, it is still unclear how more SOM can be sequestered. We hypothesize that SOM forms at ecosystem scales through pulses and patches of disturbance. Namely, disturbance alters SOM stocks when disrupted components of soil-forming factors—e.g., fauna, trees, deadwood, boulders, canopy gaps, gullies—cause change in inputs, transformation, translocation or losses of SOM to differ. For example, when windthrow induces a pulse of deadwood, SOM stocks increase if rates of deadwood transformation and translocation into soil are higher than CO₂ losses to the atmosphere. Resulting patches of SOM persist unless heterotrophs adapt to the new conditions or another disturbance occurs. When soil-forming factors and disturbances move within ecosystems, converging patches of SOM may homogenize most of the original patchiness.

Persistent markers sensitive to biological, resource and environmental disturbances would provide evidence of patchy SOM formation. Promising markers are lignin-derived phenolic compounds due to their ubiquity in litter and soil, differences between plant species and litter type, affinity for various minerals and multiple biotic and abiotic transformation pathways. Lignin-derived phenolic compounds indicate that wood-derived organic matter is bioturbated into mineral soil next to woody debris, and distinct lignin-derived phenolic compounds can indicate whether deadwood underwent white or brown rot. Lignin-derived phenolic compounds of other disturbance and degradation pathways are still unknown. For instance, lignin can be degraded by ultraviolet and visible light, a process known as photo-degradation, the products of which may differ from those of biological degradation. As such, lignin-derived markers could serve as means to evaluate the persistence and resilience of SOM to future disturbance and to elucidate what ecological mechanisms sequester more SOM.

Adsorption characteristics of persistent and mobile organic substances of domestic origin in an agricultural soil: effects of pH and ionic strength

Mogens Thalmann¹; Linus Neubert¹; Sonda Klitzke²; Aki Sebastian Ruhl²; Andre Peters¹

¹ TU Braunschweig, Institut für Geoökologie; ² Umweltbundesamt

Irrigation of agricultural land with reclaimed water (RW) can prevent an overexploitation of water resources and reduce competition but poses the risk of introducing pollutants to the cropland. One group of organic trace substances can be classified as persistent and mobile (PM), meaning that adsorption and decay are only weak. To date, it is unclear to which extent soils may still function as a natural buffer for these substances, protecting groundwater from contamination. The adsorption of PM substances to the soil may be affected by the composition of the soil solution, which may be altered due to irrigation with RW. Thus, the aim of this study is to examine the effect of ionic strength (IS), cation valency (mono-/divalent) and pH on the adsorption of 11 PM substances of domestic origin onto a top and a subsoil of an agricultural field in Brandenburg.

In batch experiments, we investigated two soil materials differing mainly in their organic carbon content (C_{org}) and texture using solutions of different IS (pure water, 0.01 M CaCl₂, 0.1 M CaCl₂, 0.03 M NaCl, and 0.3 M NaCl) and pH values (5.3 and 6.2 for top and subsoil, respectively, and 7.5). The PM substances examined are adamantan-1-amine, acesulfame, benzotriazole, carbamazepine, diclofenac, diatrizoic acid, oxipurinol, primidone, saccharin, sulfamethoxazole, and valsartan acid.

Acesulfame, diatrizoic acid, primidone, and saccharin did not show any sorption within the experimental setup. For the other 7 substances, significant sorption to the soil was measured, with K_d values ranging between 0.68 L kg⁻¹ for valsartan acid and 5.89 L kg⁻¹ for diclofenac. Changes in IS and between mono-/divalent cations only affected sorption of adamantan-1-amine, as the only cationic substance. An increase in pH from 5.3 to 7.5 reduced sorption of sulfamethoxazole, valsartan acid, diclofenac, and enhanced sorption for adamantan-1-amine in the upper horizon soil (soil A). Our results suggest that the mobility of the examined substances may vary strongly for the investigated conditions, hence making risk assessment more complex. In case the adsorption of PM substances clearly depends on the solution composition (e.g. pH and IS), caution is required when the respective laboratory K_d values are used for transport simulations.

High topsoil organic carbon accumulation in sandy agriculture soils is associated with aliphatic-rich and aged soil organic matter – using the example of Plaggic Anthrosols.

Livia Urbanski¹; Karsten Kalbitz²; Janet Rethemeyer³; Peter Schad¹; Ingrid Kögel-Knabner¹

¹ Lehrstuhl für Bodenkunde, Technische Universität München, Freising; ² Technische Universität Dresden, Institut für Bodenkunde und Standortlehre; ³ Institut für Geologie und Mineralogie, Universität Köln

The investigations for carbon sequestration in Plaggic Anthrosols is most often informed by bulk soil carbon inventories, without considering the form (particulate or mineral-associated) in which carbon is stored, its capacity, and the chemical composition. Here, we focus on the unusual high organic carbon (OC) accumulation in sandy Plaggic Anthrosols and their reference soils under agriculture use. In these soils, the fine-sized particles (fraction $\leq 20 \mu\text{m}$), commonly assumed to be the major factor for OC stabilization, are very low in mass proportion. Soil organic matter (SOM) physical fractionation was done to evaluate the quantity and quality of OC in the topsoils (Ap horizon). For the resulting fine fraction $\leq 20 \mu\text{m}$, we measured the OC concentration, the radiocarbon concentration, calculated the OC storage capacity and contribution, and analyzed the chemical composition of the carbon units by solid-state ^{13}C NMR spectroscopy. This highly sandy (80–90%) soils showed an accumulation of OC much higher than the conventionally calculated saturation level controlled by the proportion of the fine fraction $\leq 20 \mu\text{m}$. However, there was no correlation between the topsoil OC concentration of the medium, fine silt- and clay-sized fraction and the mass percentage of the particles $\leq 20 \mu\text{m}$. Both Plaggic Anthrosols and the reference soils were comparably similar with respect to fractional concentration of OC, radiocarbon age, and its OM composition. The fine fractions $\leq 20 \mu\text{m}$ are characterized by a high mean OC concentration (reference soils: $226 \pm 66.5 \text{ mg g}^{-1}$, Plaggic Anthrosols: $202 \pm 59.0 \text{ mg g}^{-1}$). The SOM composition of the fine fraction was specifically rich in alkyl-C, with minor proportion of O-alkyl-C and low percentages of aryl-C. The radiocarbon concentration and the conventional radiocarbon age might indicate that fine fraction OM accumulated in topsoils received low inputs of OC derived from recent photosynthesis and is stored for long time periods with high mean radiocarbon ages not only for Plaggic Anthrosols (F14C: 0.92 ± 0.04 ; 14C: 639 yBP), but also for the reference soils (F14C: 0.93 ± 0.04 ; 14C: 575 yBP). It is not clear, if the OM inherited is stable under present-day soil and management conditions. Our data indicate that there may be specific mechanisms generally operative in sandy OM-rich agriculture soils for storing high amounts of OM that go beyond a mechanistic explanation just by association of OM with fine mineral surfaces.

SOM-mineral association and interaction in forest floors of silicate vs. calcareous soils

Gabriela Villalba Ayala MSc.; Jörg Prietzel Dr.

Technische Universität München (TUM)

In forest ecosystems, the accumulation of plant residues on the soil surface creates a unique zone rich in soil organic matter (SOM) known as forest floor (FF). Forest floor SOM plays an important role in forest vitality and productivity because it drives a variety of physical, chemical, and biological soil functions. Its properties and susceptibility to mineralization are strongly affected by the extent of organo-mineral association and formation of SOM-mineral assemblages. The content of mineral compounds in FF layers can be considerable (theoretically up to 70 mass percent). The accumulation of mineral compounds in FF can be attributed to several pathways, including abiotic mineral particle deposition, bioturbation, etc. Information about the relative contribution of organic and mineral compounds in FF layers and their structural and spatial arrangement provides useful insights into the mechanisms involved in their formation and turnover, FF resistance to microbial decomposition, and FF stability in a warming climate. However, our current knowledge about inorganic FF constituents and SOM-mineral association in FF is scarce.

Within the framework of the DFG-funded Research Unit “Forest Floor” (RU 5315), we investigated the effects of parent material and climate on biochemical and/or physicochemical FF properties (SOM C speciation, FF nutrient and mineral content, SOM-mineral association) by analyzing O layers of German and Swiss forest soils with different parent material (silicate, carbonate) and climate conditions (elevation/temperature gradient). We combined the application of a novel density fractionation method optimized for FF characterization (Prietzel et al. 2020) with a detailed chemical characterization of the different density fractions, including cutting-edge methods such as synchrotron-based XANES spectroscopy. Density fractionation has been proven a powerful method to distinguish SOM fractions with different extents of SOM-mineral interaction and/or occlusion within aggregates in mineral soil samples. However, its utilization for FF characterization at present is still limited. Our study for the first time compares SOM-mineral interaction and association patterns in O layers of silicate and calcareous soils. The results will enhance our understanding of parent material effects on FF properties and FF resilience to climate warming.

Microplastics in forest soils – a hidden hub of environmental plastic cycles

Collin J. Weber; Moritz Bigalke

Institute of Applied Geosciences, Technical University Darmstadt

Microplastics (MPs) are an environmental contaminant of global concern and soils are known to be one of its major sinks. However, while 31% of the earth's land surface are covered with forests, until now nothing is known about the inputs, concentrations and the biogeochemistry of MPs in forest soils. On global scales we found different indications for the importance of forest soils within global MP research. Huge amounts of nanoplastics were reported within remote surface waters of northern hemisphere forests and high MP loads were found in forest air-samples. A reason for those findings could be the known filter function of forests. Besides their role as global carbon sinks, forests are able to comb out different pollutants, depending on leaf area and forest composition. Since MP is transported over long distances in the atmosphere, the question arises how important forest soils are as sink for atmospheric MPs?

Worldwide, published data on MPs within forest soils is just available for one single forest. The missing data on MPs in forest soils could be related to the strong community focus on arable soils associated to the risks for soil functions, global food security and soil-plant interactions. However, also the analytical challenges of MP extraction from forest soils seem to be an obstacle so far. Especially the occurrence of complex organic layers on top of the mineral forest soils, referred to as Humipedons, pose different challenges for MP extraction and analytical protocols.

Raising initial questions about the role of forest soils within global plastic cycles and analytical solution approaches regarding MP extraction from Humipedons in a perspective way, is therefore the aim of this contribution. While existing MP extraction protocols can be adapted for mineral soil horizons in forests, they have to be adjusted for complex organic horizons consisting of differently decomposed litter material. Moreover, initial data on a remote forest soil located in Central Germany with MP concentration from 10.9 to 65.2 p kg⁻¹ (>300 µm) raises the question of further MP input pathways like forest management or littering, which need to be considered.

Schnelle quantitative und strukturelle Änderung von Kohlenstoff im Boden infolge von Bodenerwärmung

Guido L.B. Wiesenberg¹; Tatjana C. Speckert¹; Dario Püntener¹; Nicholas O.E. Ofiti¹; Cyrill U. Zosso²; Binyan Sun¹; Jennifer L. Soong³; Paul J. Hanson⁴; Margaret S. Torn⁵; Michael W.I. Schmidt¹

¹ Universität Zürich; ² Agroscope; ³ Colorado State University; ⁴ Oak Ridge National Laboratory; ⁵ Lawrence Berkeley Laboratory

Der globale Klimawandel führt zu einer Erwärmung der Landoberflächen, was nicht nur Auswirkungen auf die Vegetation, sondern auch den Boden hat. Mit einer leichten Verzögerung führt die Lufterwärmung auch zur Erwärmung der Bodentemperatur. Wir nutzen eine Kombination von Erwärmungsexperimenten in Langzeit-Feldversuchen (Blodgett-Forest, Kalifornien, USA und SPRUCE Torfmoor, Minnesota, USA) und Laborinkubationen. In diesen Experimenten untersuchen wir, wie sich die Erwärmung auf die Kohlenstoffvorräte und deren strukturelle Eigenschaften auswirken. Während im temperatur-limitierten borealen Torfmoor (SPRUCE) die Durchwurzelungsaktivität zunimmt, zeigt sich im temperierten Nadelwald (Blodgett) das Gegenteil. In beiden Feldversuchen lässt sich allerdings eine sehr schnelle strukturelle Veränderung der organischen Bodensubstanz beobachten. Während sich im Torfmoor (SPRUCE) die aktive Lage des Moors vertieft und hier sowohl vermeintlich leicht als auch schwer abbaubare Substanzen (z.B. Lignin und Suberin/Cutin) abnehmen, zeichnet sich dasselbe vor allem im Unterboden des mediterranen temperierten Nadelwaldes ab. Viele der vermeintlich schwer abbaubaren Substanzklassen ändern sich in beiden Feldversuchen ähnlich wie die Gesamtmenge des organischen Kohlenstoffs und nehmen deutlich ab, obwohl teilweise der Eintrag von Kohlenstoff in den Boden mit Erwärmung zunimmt. Im Rahmen der Feld- und Laborexperimente zeichnet sich ab, dass diese Prozesse je nach Ökosystem unterschiedlich ablaufen und gerade innerhalb eines ökosystem-abhängigen Temperaturoptimums der mikrobielle Abbau verstärkt abläuft. Die bisherigen Resultate weisen darauf hin, dass eine steigende Bodentemperatur drastische Folgen für die Kohlenstoffvorräte im Boden hat, welches im Rahmen des Tagungsbeitrags erörtert wird.

Veränderungen der Humusgehalte landwirtschaftlich genutzter Böden Bayerns - Ergebnisse aus 35 Jahren Bodendauerbeobachtung in Bayern

Martin Wiesmeier PhD

Technical University of Munich / Bavarian State Research Center for Agriculture

Eine Intensivierung der Landwirtschaft sowie der fortschreitende Klimawandel könnten zu einem Rückgang der organischen Bodensubstanz in landwirtschaftlich genutzten Böden führen. Um Rückschlüsse zur langfristigen Humusentwicklung abzuleiten, werden in Bayern seit 1986 im Rahmen der Bodendauerbeobachtung organischer Bodenkohlenstoff (SOC), Gesamtstickstoff (Nt) und weitere Bodenparameter auf 119 landwirtschaftlich genutzten Flächen im 5-Jahres-Turnus bestimmt. Eine Auswertung der Ergebnisse der Bodenmonitorings in Bayern für den Zeitraum 1986 bis 2016 zeigte ein uneinheitliches Bild der SOC-Entwicklung. In allen Regionen Bayerns ergaben sich für Acker- und Grünlandböden sowohl signifikante Rückgänge als auch Zunahmen der SOC-Gehalte sowie Standorte mit keinen signifikanten Veränderungen. Im Mittel ergab sich eine sehr geringe Abnahme der Corg-Gehalte in Ackerböden, wohingegen für Grünlandböden keine signifikanten Veränderungen festgestellt wurden. Die Entwicklung der Nt-Gehalte war grundsätzlich verschieden von der Corg-Entwicklung. Für Acker- und Grünlandböden ergab sich im Mittel eine signifikante Zunahme der Nt-Gehalte. Aufgrund der entgegengerichteten Veränderungen von Corg- und Nt-Gehalten kam es zu einer deutlichen Abnahme der C/N-Verhältnisse im Beobachtungszeitraum. Der beobachtete Corg- und Nt-Anstieg in einem Teil der Acker-BDF scheint vorwiegend auf veränderte Bewirtschaftungsweisen zurückzuführen sein. Als wichtigster Faktor wurde der Anteil der Jahre mit Ökolandbau identifiziert. Daneben scheint der Anteil der Jahre, in denen Stroh nach der Ernte auf dem Feld verblieb sowie eine Zunahme der organischen Düngung in Zusammenhang mit dem Corg- und Nt-Anstieg zu stehen. Als potentielle Ursache für den Corg- und Nt-Rückgang in einem Teil der Acker-BDF wurde ein hoher initialer Corg- bzw. Nt-Gehalt zu Beginn des BDF-Programms identifiziert. Die deutliche Verengung des C/N-Verhältnisses könnte ein Hinweis auf einen verstärkten Abbau der organischen Bodensubstanz im Zuge des Klimawandels sein. Bei etwa der Hälfte der Acker-BDF war die Abnahme des C/N-Verhältnisses auf eine stärkere Abnahme von Corg im Vergleich zu Nt zurückzuführen. Dies könnte möglicherweise mit einem präferentiellen Abbau partikulärer organischer Substanz (POM) zusammenhängen. Eine Ausweitung des Untersuchungsprogramms hinsichtlich (klimasensitiver) Humusfraktionen könnte zukünftig wichtige Einblicke in die Humusdynamik von Acker- und Grünlandböden im Klimawandel ermöglichen.

Das Erbe der Plaggenwirtschaft - Entstehung stabilen Bodenkohlenstoffs

Patrick Wordell-Dietrich¹; Florian Pusch¹; Livia Urbanski²; Marion Schrumpf³; Ingrid Kögel-Knabner²; Karsten Kalbitz¹

¹ TU Dresden; ² TUM; ³ Max Planck Institut for Biogeochemistry

Vor Einführung des Mineraldüngers zu Beginn des 20. Jh. war die Plaggenwirtschaft eine weitverbreitete Bewirtschaftungsform auf sandigen Böden in Nordwesteuropa. Dazu wurden sog. Soden (Teile des Oberbodens einschließlich der oberen Zentimeter des Mineralbodens, der organischen Bodensubstanz (OBS) und lebender Pflanzen) aus naheliegenden Wäldern, Heide- oder Graslandschaften abgestochen und als Einstreu im Stall verwendet. Durch die Mischung mit tierischen Exkrementen entstand ein organischer Dünger, welcher durch Pflügen in den Boden der angrenzenden Felder eingemischt wurde. Der kontinuierliche Materialauftrag führte im Laufe der Jahrhunderte zur Entwicklung eines bis zu 1 m mächtigen „Esch“-Horizontes. Noch heute, mehr als 100 Jahre nach dem Ende der Plaggenwirtschaft, sind diese Böden stark mit OBS angereichert. Der Gehalt an OBS ist in Plaggeneschen bis zu dreimal höher als in vergleichbaren sandigen Böden ohne Plaggenhistorie. Daher sind Plaggeneschen zum einen ein wichtiger Speicher von organischem Kohlenstoff und zum anderen zeigen sie das Potential von Böden zur langfristigen Speicherung von organischer Substanz. Aus Inkubationsexperimenten ist bekannt, dass die OBS in Plaggeneschen langsamer zersetzt wird als die von vergleichbaren landwirtschaftlichen Sandböden ohne Plaggenbewirtschaftung. Jedoch ist noch unklar, welche Mechanismen für die hohe Stabilität der OBS in Plaggenböden verantwortlich sind. Eine Hypothese geht davon aus, dass Unterschiede in der Zersetzbarkeit der Ausgangsvegetation der verwendeten Plaggen (Heide- oder Grassoden) eine entscheidende Rolle für die Bildung stabiler OBS in Plaggenböden spielt.

Um den Einfluss der Vegetation auf die Bildung von stabiler OBS in Plaggeneschen zu untersuchen, simulierten wir die Entstehung eines Plaggenbodens unter Verwendung von Haferstroh (*Avena sativa*) und ¹³C markierter Heidestreu (*Calluna vulgaris*) unter Einmischung tierischer Exkremente. In einem Langzeitinkubationsexperiment wurde die CO₂ Produktion sowie die Isotopensignatur in Abhängigkeit der verwendeten Streu gemessen. In einem zweiten Inkubationsversuch wurden an zwei Plaggenböden und zwei Referenzböden (ohne Plaggenhistorie) die CO₂ Produktion und deren Radiokarbonegehalt, sowie der Radiokarbonegehalt der Bodenhorizonte bestimmt. Dies ermöglicht Aussagen zur Stabilität der OBS in Plaggenböden und zum Beitrag des alten Kohlenstoffs aus der Zeit der Plaggenbewirtschaftung zu rezenten Umsatzprozessen in Plaggenböden.

Changes in soil C pools and fluxes under elevated CO₂ concentration and soil nutrient levels

Hye In Yang M.Eng; Marion Schrumpf; Sönke Zaehle

Max Planck Institute for Biogeochemistry

Release of carbon (C) by plants into soils through rhizodeposition potentially affects the soil microbial activities, including production of enzymes that work on soil organic matter decomposition. It has been shown that elevated atmospheric carbon dioxide (eCO₂) can influence soil organic matter turnover by altering belowground plant C allocation. It is hypothesized that trees do this to overcome nutrient limitation. The response of plant and soil processes to eCO₂ should accordingly vary with soil nutrient availability. A mesocosm experiment was conducted to investigate how different soil nutrient levels constrain the effect of eCO₂ on plant-soil interactions and C turnover. In closed mesocosms, European beech trees (*Fagus sylvatica* L.) were exposed to ambient and elevated concentrations of CO₂ with manipulated ¹³C label (100 per mille) in order to trace the allocation of newly photosynthesized C in the system and separate plant-derived C from pre-experiment soil organic C. Four nutrient treatments of control (no nutrient addition), nitrogen (N), phosphorus (P), and NP were applied to alter the nutrient availability in the soils. At the end of one growing season, soils and trees were harvested for analysis. Soil samples were analyzed for CN and microbial activities through microbial biomass C and enzyme activity measurements. Trees were separated into aboveground (leaves, branches, stems), and belowground (main root, coarse roots, and fine roots) parts for CN analyses. First results showed that C content in active roots tended to be higher under eCO₂ when N was added alone, compared to P and NP treatments, suggesting that trees may have allocated C differently according to varying nutrient availability in soils. We will also discuss further how tree-soil interactions changed under different treatment combinations and thus influence microbial activities as well as plant-derived and existing soil C pools.

18O analyses of bulk lipids as novel paleoclimate tool in loess research – a pilot study

Michael Zech¹; Jakob Labahn¹; Lucas Bittner¹; Philip Hirschmann¹; Christopher-Bastian Roettig¹; Diana Burghardt¹; Slobodan Markovic²; Bruno Glaser³

¹ TU Dresden; ² University of Novi Sad, Faculty of Sciences; ³ MLU Halle-Wittenberg

The analysis of the stable oxygen isotopes ^{18}O and ^{16}O has revolutionized paleoclimate research since the middle of the last century. Particularly, $\delta^{18}\text{O}$ of ice cores from Greenland and Antarctica is used as a paleotemperature proxy, and $\delta^{18}\text{O}$ of deep-sea sediments is used as a proxy for global ice volume. Important terrestrial archives to which $\delta^{18}\text{O}$ as a paleoclimate proxy is successfully applied are speleothems, lake sediments, or tree rings. By contrast, $\delta^{18}\text{O}$ applications to loess–paleosol sequences (LPSs) are scarce. Here we present a first continuous $\delta^{18}\text{O}$ record ($n = 50$) for the LPS Crvenka in Serbia, southeastern Europe, spanning the last glacial–interglacial cycle (since 145 ka). From a methodological point of view, we took advantage of a recently proposed paleoclimate/paleohydrological proxy based on bulk $\delta^{18}\text{O}$ analyses of plant-derived lipids. The Crvenka $\delta^{18}\text{O}$ bulk lipid values range between -10.2‰ and $+23.0\text{‰}$ and are systematically more positive in the interglacial and interstadial (paleo-)soils corresponding to marine oxygen-isotope stage (MIS) 1, 3, and 5, compared to the loess layers (MIS 2, 4, and 6). Our Crvenka $\delta^{18}\text{O}$ bulk lipid record provides no evidence for the occurrence of interstadials and stadials comparable to the Dansgaard–Oeschger events known from the Greenland $\delta^{18}\text{O}$ ice core records. Concerning the interpretation of our Crvenka $\delta^{18}\text{O}$ bulk lipid record, plant-derived lipids such as fatty acids and alcohols are certainly strongly influenced by climatic factors such as temperature (via $\delta^{18}\text{O}$ precipitation) and relative air humidity (via ^{18}O enrichment of leaf water due to evapotranspiration). However, pool effects in the form of non-water-correlated lipids such as sterols or the input of root-derived lipids need to be considered, too. Similarly, the input of soil-microbial lipids and oxygen exchange reactions represent uncertainties challenging quantitative paleoclimate/paleohydrological reconstructions based on $\delta^{18}\text{O}$ bulk lipid analyses from LPSs.

Reference

Labahn, J., Bittner, L., Hirschmann, P., Roettig, C., Burghardt, D., Glaser, B., Marković, S. and Zech, M., 2022. ^{18}O analyses of bulk lipids as novel paleoclimate tool in loess research – a pilot study. *E&G Quaternary Science Journal* 71, 83-90.

Microplastics in three different soil types: A *C. elegans* based risk assessment

Xuchao Zhang; Ralph Menzel PhD; Liliane Ruess PhD

Humboldt Universität zu Berlin

Terrestrial systems are under a high burden of Microplastic (MP) pollution, however studies evaluating effects on the soil fauna are scarce. Especially, more research is needed to understand the impact and differences between biodegradable and non-biodegradable plastics. This study uses the nematode *Caenorhabditis elegans* to investigate the effects of MP on different fitness parameters. Toxicity tests were performed according to a modified protocol of the ISO 10872. Three soil substrates were compared: VD-LUFA 2.2 soil (loamy sand), OECD artificial soil (85% sand, 14% peat, 1% CaCO₃) and a natural arable soil (R-FYM; loam). Nonbiodegradable low-density polyethylene (LDPE) and a biodegradable plastic mixture with 85% of polylactic acid (PLA) and 15% of polybutylene adipate-co-terephthalate (PBAT) were tested as irregularly shaped MP particles with the size < 180 µm and 180–500 µm, respectively. Additionally, MP was aged for 30 and 60 days either by light exposure or microbial degradation. The offspring, growth and fertility of *C. elegans* were assessed after 4 days exposure to 0.01%, 0.1% and 1% (w/w) of MPs in the three different soil substrates.

In nematodes exposed to unaged LDPE and PLA/PBAT, both offspring and relative numbers vary with the MP concentration, soil and plastic type. Both sizes of LDPE impaired the offspring of *C. elegans* at the concentration of 1% in R-FYM soil, with LDPE 180-500 µm even effective at 0.01%. In contrast, PLA/PBAT had no significant impact on the generation of offspring. For growth, in the VD-LUFA soil, the nematode length decreased at 1% LDPE. Both sizes of PLA/PBAT reduced nematode growth at 1% in OECD soil, while LDPE < 180 µm had a negative impact at 1% in R-FYM soil.

Under aged conditions, the number of offspring decreased when exposed to PLA/PBAT 180-500 µm previously subjected to microbial aging for 60 days in R-FYM soil. In contrast, LDPE 180-500 µm increased offspring after 60 days of microbial aging in VD-LUFA soil. For growth, the 30 days microbially aged PLA/PBAT 180 - 500 µm reduced nematode length in VD-LUFA soil, while 30 days of light aging had negative effects in R-FYM soil. The fertility of nematodes in all soil substrates and conditions was not altered significantly.

Overall, the offspring and growth of *C. elegans* can be negatively affected by MP, with impact differing due to soil, plastic types, and concentrations, while fertility is not sensitive to MP exposure at least under laboratory conditions.

Soil respiration and its temperature sensitivity (Q10) in semi-arid rangelands of Namibia

Katrin Zimmer¹; Katharina Frindte¹; Vistorina Amputu²; Alexandra Sandhage-Hofmann¹

¹ Universität Bonn; ² Eberhardt Karls Universität Tübingen

Savanna rangelands play a key role in carbon sequestration and forage production. However, savannas are threatened by overgrazing and climatic changes that can lead to desertification and woody plant encroachment. Little is actually known about the effects of grazing on soil respiration and its temperature sensitivity, which are indicators for carbon stability. Our aims were to investigate if (i) carbon stability was affected by rangeland management (continuous vs. rotational grazing), and if (ii) rangelands were more prone to carbon losses when desertified but (iii) less when encroached by woody plants. We sampled topsoils (0-10 cm) of inter- and subcanopies along grazing gradients in four freehold farms with rotational grazing and four communal villages with continuous grazing in the Greater Waterberg Landscape, Namibia. Samples were incubated with 40% of maximum water holding capacity, we then determined the potential basal respiration (20°C), temperature sensitivity (Q10, 20-45°C), and microorganism community compositions. In communal rangelands, both woody plant encroachment and desertified intercanopies were more prevalent than in freehold farms. The lowest basal respiration rates were found in communal intercanopies ($0.27 \pm 0.15 \mu\text{g CO}_2 \text{ h}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ soil}$), where Q10 values were highest (1.47 ± 0.19). In intercanopies of freehold farms, respiration was twice as high ($0.51 \pm 0.35 \mu\text{g CO}_2 \text{ h}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ soil}$), with lower Q10 values (1.38 ± 0.20). Similar to carbon concentrations, respiration in subcanopies was highest in both tenure systems (0.62 ± 0.15 to $0.66 \pm 0.35 \mu\text{g CO}_2 \text{ h}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ soil}$) with rather low Q10 values (1.39 ± 0.10 to 1.34 ± 0.09). First microorganism analyses revealed relationships between the temperature sensitivity of soil respiration and microorganism community compositions. Overall, our data indicate that grazing management which alters vegetation dynamics affects carbon stability in semi-arid savannas.

Jahrestagung der
Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft
DBG 2023

Kommission III

Bodenbiologie und Bodenökologie

Availability of contrasting organic and inorganic P sources in top- and subsoils of a calcareous Luvisol: a ³³P isotopic labeling study

Juanjuan Ai¹; Callum Banfield¹; Guodong Shao¹; Kazem Zamanian²; Tobias Stürzebecher³; Sandra Spielvogel⁴; Michaela Dippold¹

¹ University of Tübingen; ² Leibniz University of Hannover; ³ University of Göttingen; ⁴ University of Kiel

Besides nitrogen, phosphorus (P) is a major limiting nutrient for plant growth yet with restricted global resources. Increasing the P availability in subsoils helps to mitigate the approaching limitation in P fertilizer resources. Root exudates can provide easily available carbon and energy sources for microorganisms to mobilize soil P. However, details regarding the distinct processes underlying P mobilization from various P sources as affected by root exudation, especially in subsoils are poorly understood. This study aimed to identify the controlling factors and microbial processes regulating organic and inorganic P availability in top- and subsoils of a calcareous Luvisol by ³³P isotopic labelling. Based on a novel root exudate collection method, key rhizosphere strategies for P mobilization could be disentangled. We found that microbial communities in top- and subsoil use high and low available mineral P sources to a similar extent, but subsoil communities were much more efficient in mobilizing and incorporating complex litter-derived P than topsoil communities, and this capability is enhanced when root-exudates are present. We observed a clear increase in microbial activity and mechanisms of nutrient mobilization (e.g. P-related enzymes) following root exudate addition, which was in many cases more pronounced in sub- than in topsoils. We conclude that subsoil communities are well capable of using litter-derived P, especially when root exudates accelerate overall activity and element cycling. Thus, high root exudation is highly relevant for crops, which depend on subsoil nutrients and litter-derived P. Accordingly, residue-derived P, e.g., the detritosphere-P of decomposing roots, in the subsoil, is very likely also plant-available because it undergoes intensive microbial P (re-)cycling.

Intracellular Carbon Storage in Grassland Soil: An Intermediate Carbon Reservoir

Callum Colin Banfield¹; Yang Ding¹; Martin Komainda²; Kyle Mason-Jones³; Michaela Dippold¹

¹ Eberhard Karls University Tuebingen, Department of Geosciences; ² Georg August University Goettingen, Department of Crop Sciences; ³ Netherlands Institute of Ecology

Intracellular carbon (C) storage is an intermediate C and energy reservoir involved in the microbial transformation of soil organic matter which can compose up to 48% of microbial dry biomass. This C pool has been neglected in the soil C cycle because the prevailing methods for biomass estimation do not account for non-water extractable storage compounds. Our knowledge about the accumulation and distribution of intracellular storage is remarkably limited. To address this, we quantified triacylglycerides (TAG) as representative storage compound class from seven permanent grasslands in Germany differing in management (grazing and fertilizing) and soil type. The soil was collected in early December from two soil depths (5-10 cm and >30 cm) to capture different soil C inputs from grass roots. We hypothesized that, if C input controls storage compound levels, the level should drop from top- to subsoil. Root biomass in the soil was used as a proxy for plant C input. The intracellular storage compounds in soil were measured with gas chromatography–mass spectrometry (GC-MS). Dissolved organic carbon (DOC) and extractable microbial biomass carbon (MBC) were measured as available C to the microorganisms and microbial biomass, respectively. The results reveal that microbes allocated C to intracellular storage in all grassland soils, irrespective of depth. The root biomass in the topsoil was up to 50 times larger than in the subsoil, hinting towards a stark contrast in C availability between top- and subsoil. Total TAG contents and bacterial and fungal TAG contents dropped with depth at six out of seven sites, as did the MBC contents. The ratio of TAG-C to MBC, however, did not decrease with depth, suggesting more TAG storage per unit MBC in the C- and DOC-poorer subsoil. Across all sites, the specific TAG storage per unit DOC, i.e. (TAG/MBC)/DOC, was never lower but only higher in the subsoil compared to the topsoil. These findings raise the idea that microbes in the subsoil may utilise and store C differently than their topsoil counterparts. Our results provide early insights into the occurrence and drivers of C storage in grasslands, revealing deviating patterns of microbial life-history strategy across soil depth.

Extracellular polymeric substances from soil-grown bacteria delay evaporative drying

Pascal Benard¹; Samuel Bickel²; Anders Kaestner³; Peter Lehmann¹; Andrea Carminati¹

¹ ETH Zurich; ² Graz University of Technology; ³ Paul Scherrer Institute

When soils dry, water flow and nutrient diffusion cease as the hydraulic microenvironments vital for soil life become fragmented. To delay soil drying locally and related adverse effects, bacteria and plants modify their surroundings by releasing extracellular polymeric substances (EPS). As a result, the physical properties of hotspots like biological soil crusts or the rhizosphere differ from those of the surrounding bulk soil. Specifically, the presence of EPS delays evaporative soil drying. Despite the evidence of reduced evaporation from EPS-amended soils, the mechanisms controlling soil water content dynamics remain elusive. Thus, our study aimed to elucidate the potential of bacteria to modify their local environment when exposed to oscillations in soil water content induced by evaporative drying. We incubated sand microcosms with two contrasting strains of *Bacillus subtilis* for one week in a flow cabinet. At the end of the incubation period, local water loss was quantified and spatially resolved using time-series neutron radiography. Strain NCIB 3610, a complex biofilm producer steadily modified soil evaporation dynamics during the incubation period resulting in a substantial delay in soil drying due to hydraulic decoupling of the evaporation front from the soil surface. Evaporation dynamics remained largely unaltered in the microcosms inoculated with the domesticated strain 168 trp+ compared to the control treatment. The mechanism of hydraulic decoupling induced by NCIB 3610 was verified by estimates of diffusive fluxes and the position of the evaporation plane in the microcosm. Additionally, the role of polymeric substances in hydraulic decoupling was confirmed by an evaporation experiment using xanthan as an EPS analogue.

Perspectives and methodological challenges of imaging soil hotspots and coupling soil images of different origin in multi-imaging approach

Nataliya Bilyera; Callum C. Banfield; Michaela A. Dippold

Eberhard-Karls University of Tübingen

Soil imaging visualizes and quantifies processes in soil hotspots across space and time involving microorganisms, roots and carbon and nutrient sources, thereby helping to elucidate mechanisms. A wide range of individual approaches exists to determine spatial distributions of soil pH (optodes), root exudation and pesticides (^{14}C phosphor imaging), fertilizers (^{33}P phosphor imaging), nutrient fluxes (DGT), etc.

Since processes and mechanisms are clearly multi-factorial, combining individual approaches is key for any real understanding of soil processes. Multi-imaging comes with a set of challenges as firstly, scales need to be bridged as imaging methods operate at different spatial scales from cm to nm. Secondly, their time scales vary from minutes to days. Thirdly, the sequence of method application needs careful consideration as some methods leave behind chemicals, which may interfere with other measurements.

Imaging methods were initially developed for laboratory-controlled conditions, and only several were already adapted for field conditions. We will present the challenges for application soil imaging techniques in the field and problems related to sequential application. We will suggest a workflow for multi-imaging, which includes suggestions on coupling methods to study defined soil process, the sequence of the methods application, image alignment, hotspot thresholding and analysis, co-localization of images and quantitative image analysis. The perspectives, advantages and challenges of multi-imaging approaches will be comprehensively discussed.

Short-term effects of cultivation systems without synthetic pesticides on soil organisms

Juliette Blum¹; Romina Schuster²; Ellen Kandeler¹; Sven Marhan¹

¹ University of Hohenheim, Institute of Soil Science and Land Evaluation, Soil Biology Department; ² Alfred Wegener Institute Helmholtz Centre for Polar and Marine Research

The use of pesticides is increasingly criticized due to its significant impact on the environment. The possible decrease in abundance and diversity of soil organisms might lead to a loss of soil biological functions. The project “NOcsPS – Agriculture 4.0 without chemical synthetic plant protection” is aiming to develop a sustainable, environment-friendly, yet productive cultivation system.

In 2020, a field experiment with different cultivation systems was established at the University of Hohenheim: (1) a conventional system with pesticide and mineral fertilizer application, (2) NOcsPS systems without pesticide application, but mechanical weeding and mineral fertilizer application and (3) an ecological system without pesticide application, but mechanical weeding and no mineral fertilizer application.

The field experiment consists of a six-part crop rotation. Samplings of soil (0-20 cm) and soil animals were conducted during the winter wheat vegetation period for three years. Soil samples were analyzed regarding microbial abundance (CFE) and respiration, community structure (PLFA) and extracellular enzyme activity. Furthermore, the abundance of Collembola und Gamasina as well as the abundance and diversity of earthworms was examined. Soil microbial abundance, activity as well as community structure were not significantly influenced by the cultivation system. Collembola abundance was highest in NOcsPS systems while earthworms showed a higher abundance in conventional systems. In short-term, the cultivation system rather affected the soil animal than the microbial properties. While some soil animals might benefit from not applying synthetic pesticides, others might in turn be harmed by the consequently increased mechanical weeding.

Discovering the key players in Phosphorus mobilization out of soil minerals under natural, highly diverse and under disturbed conditions in the Amazonian tropics

Diana Boy¹; Elisa Diaz Garcia²; Simone Kilian Salas³; Alberto Andrino²; Hermann F. Jungkunst³; Georg Guggenberger²; Jens Boy²; Marcus A. Horn¹

¹ Leibniz Universität Hannover, Institute of Microbiology; ² Leibniz Universität Hannover, Institut für Bodenkunde; ³ iES Landau, RPTU Kaiserslautern-Landau

Biodiversity and its functional traits are the safety net for mitigating the effects of land-use or climate change. If the functioning of an ecosystem cannot be secured any longer, a tipping point (TP) can be crossed. For tropical soils, a well-known phenomenon is the loss of available forms of phosphorus (P) after disturbances, as P is sequestered in mineral and organo-mineral complexes. In old-growth, functionally diverse forests the acquisition and relocation of P into the nutrient cycle is enabled by specialised microorganisms. However, the P cycle is prone to be affected by disturbances cascading also the carbon and nitrogen cycles. Therefore, microbial mobilization and acquisition strategies are useful proxies to determine TP related to the P-cycle. To test the effects of drought and land-use change on the P-cycle, two different forms of P were offered to the microbial soil communities in a natural setting: apatite, resembling the P-containing bedrock, and inorganic P bound to goethite, one of the most abundant minerals in the tropics. Both minerals were buried in the soil for 3 years along gradients of above-ground biodiversity (from pristine and degraded forests to monoculture and pasture vegetation) with and without artificial rain exclusion. Using molecular tools, we analysed the diversity of bacterial and fungal communities on the minerals and compared them with the communities from spatially close soils. The presence and type of mineral determined significantly the composition of the microbial communities, pointing towards specialised microorganisms responsible for the mobilization of P from hardly accessible sources. We identified several key families preferring the niches in the minerals compared to the soil. While the overall diversity of the soil microbiota is significantly reduced under the pasture, the diversity of the Apatite and P-goethite associated organisms is similar along the entire above-ground biodiversity gradient. The rain exclusion experiment yielded a higher number of species in the minerals under drought conditions compared to the control. These results mirror the communities' ability to overcome the detrimental effects of P-limited conditions after anthropogenic and natural disturbance by inducing different and increased P acquisition strategies. While we cannot conclude about the crossing of TP in the P-cycle, the results indicate a surprisingly flexible and vivid functional redundancy within the microbial P cycle.

Fungal colonization of pristine secondary minerals in temperate forest soils

Luise Brandt¹; Johannes Ballauff²; Andrea Polle²; De Shorn Bramble³; Marion Schrumpf³; Ingo Schöning³; Susanne Ulrich⁴; Klaus Kaiser⁴; Robert Mikutta⁴; Christian Mikutta⁵; Christian Poll¹; Ellen Kandeler¹

¹ Universität Hohenheim; ² Universität Göttingen; ³ Max Planck Institut for Biogeochemistry; ⁴ Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg; ⁵ Gottfried Wilhelm-Leibniz-Universität Hannover

Due to their distinct properties, different minerals exhibit varying organic carbon (OC) and nutrient accumulation and form unique microhabitats in soil ("mineralosphere"), affecting the composition and functioning of their associated microorganisms. Fungi have been shown to play an important role in mineral colonization due to their active growth properties and ability to re-allocate nutrients within their hyphal network. Still, the interplay between microbial colonization and functionality, as well as OM and nutrient accumulation on mineral surfaces is not well understood. To explore this further, we buried cylinders containing the iron oxyhydroxide goethite and the clay mineral illite at 30 forest sites in three regions across Germany in 2015, as part of an interdisciplinary project (BEmins) within the Biodiversity Exploratories. Mineral cylinders and surrounding soil samples were recovered after a five-year incubation period and investigated for microbial colonization using phospholipid fatty acid analysis. The fungal community composition was further examined using amplicon sequencing. We measured activities of extracellular enzymes involved in C-, N-, and P-cycling (β -glucosidase, β -xylosidase, N-acetylglucosaminidase, and acid phosphatase) as well as contents of OC, nitrogen (N) and phosphorus (P) to link microbial colonization and functions to the mineral-specific accumulation of OM and nutrients. Compared to the soil, microbial communities colonizing the minerals displayed higher relative proportions of fungi. Mineral-associated fungal communities were characterized by lower overall diversity, lower proportion of saprotrophic fungi, and higher proportion of non-saprotrophic fungal genera compared to the soil. While fungal community structure was rather similar between the two minerals, certain genera exhibited region-specific differences. Enzyme stoichiometry indicated higher nutrient acquisition in mineral samples than in surrounding soils. After five years of habitat development under natural forest soil conditions, goethite and illite surfaces were still characterized by low OC contents. Under such conditions, nutrient (N and P) acquisition by fungi may be increased due to the greater relative proportion of mycorrhizal and other non-saprotrophic fungi that might be less dependent on OC availability.

Post-drought root exudation defines soil organic matter stability in a temperate mature forest

Melanie Brunn; Benjamin D Hafner; Tobias Bölscher; Kyohsuke Hikino; Hermann F. Jungkunst; Jiří Kučerík; Janina Neff; Karin Pritsch; Emma J. Sayer; Fabian Weikl; Marie J. Zwetsloot; Taryn L. Bauerle

Forest soils are crucial for many ecosystem services that rely on soil organic matter (SOM) stability. Carbon allocated to roots and released as exudates to the rhizosphere plays a key role in SOM stabilization. Under periodic drought, elevated root exudation and SOM accumulation have been reported. Yet, whether root exudates control SOM formation and stability in mature forests once the drought ends is largely unknown. We examined whether root exudates from *P. abies* and *F. sylvatica* trees relate to SOM formation and stability in soil depth profiles one year following five years of experimental drought (Kroof experiment, Germany). We collected root exudates throughout the rooting zone and combined the data with thermogravimetric analysis of SOM in the rhizosphere and non-rooted soil. We found that the rhizosphere of both species was characterized by stable SOM fractions that did not decrease post-drought, suggesting potential protection of SOM due to rhizodeposition and root exudates. In contrast, stable SOM fractions decreased relative to controls in non-rooted topsoil below *P. abies*, indicating a loss of stabilized SOM from drought-affected and re-wetted soil. Our measurements provide valuable insights into post-drought SOM formation and mechanisms of SOM stabilization in forest ecosystems under climate change.

Environmental constraints of cellulose decomposition in soil

Fatemeh Dehghani Mohammad Abadi; Robin Wagner; Steffen Schlüter; Thomas Reitz; Evgenia Blagodatskaya
Helmholtz Centre for Environmental Research - UFZ

Organic compounds are decomposed by soil microorganisms as a source of carbon (C), energy, and nutrients for microbial metabolic processes, resulting in either C storage or losses as CO₂. The current challenge to increase C sequestration in soils entails the understanding of C turnover processes during the microbial decomposition of numerous organic compounds under environmental constraints such as nutrient and water availability.

We studied the effect of moisture and nutrient availability on the decomposition of cellulose, which is the most abundant polysaccharide in plant residues. We monitored the CO₂ efflux from a fertilized and an unfertilized Haplic Cambisol at two water contents (pF 1.8 and 2.5). To account for substrate quality and quantity, we amended the soil with either regular or carboxymethyl cellulose (CMC) whereby the amount of added cellulose-C was related (10, 100, 400, 800, and 1600%) to the microbial biomass C (MBC) in the samples.

All implemented factors strongly affected the pattern of CO₂ release. Microbial respiratory response in fertilized soil nonlinearly increased with substrate amount, showing a clear peak at the cellulose-C concentrations above 400% of MBC. At the peak point, CO₂ efflux increased 1.8 and 2 times at 800 and 1600% of MBC, respectively, compared to 400% of MBC, therefore approaching saturation at concentrations above 800% of MBC. In the unfertilized soil amended with cellulose-C at the ratio of 10% and 100% of MBC, the respiration gradually increased by a factor of 1.3 and 2.9, respectively, compared to the non-amended soil. The effects of moisture increase from pF 2.5 to 1.8 and soil fertilization in the soil amended with 400% of MBC cellulose, were similar in terms of the pattern of CO₂ emission curves, resulting in earlier, higher and narrower peak because of better nutrient access. However, fertilization affected cumulative CO₂ release 1.5 times stronger than higher water availability during the intensive decomposition stage. In the long term, an increase in water content altered the dynamics of CO₂ release, but it did not affect the cumulative CO₂ amount. Finally, when amending the soil with CMC, the CO₂ efflux was much weaker than that of the soil amended with regular cellulose at the same amount of 400% of MBC.

This study confirms the strong dependency of decomposition dynamics on substrate properties and soil conditions, which is based on complex regulatory mechanisms of energy and matter turnover in soil

Förderung der Bodenbiodiversität und der Kohlenstoffbindung in Böden unter Durchwachsener Silphie

Kathrin Deiglmayr¹; Lea Mangelsdorf²; Kristin Keweloh²

¹ Osnabrueck University of Applied Science; ² Universität Osnabrück

Böden sind ein hohes Schutzgut, sie sind nicht vermehrbar und begrenzt verfügbar. Gleichzeitig bestehen vielfältige Nutzungsansprüche an Böden; neben der wichtigen Ernährungssicherung sollen Böden auch zum Klimaschutz und zum Biodiversitätserhalt beitragen. Für dieses Trilemma der Landnutzung gilt es, Lösungen zu entwickeln. Der Anbau von mehrjährigen Energiepflanzen mit Blütenaspekten kann in diesem Kontext ein wertvolles Element in zukünftigen Agrarlandschaften zur Förderung der Bodenbiodiversität und der Kohlenstoffbindung sein.

Auf zwei Löss-Standorten wurde untersucht, wie sich die Durchwachsene Silphie, ein Korbblütler aus Nordamerika, auf Biodiversität und Kohlenstoffbindung im Boden im Vergleich zu angrenzenden Ackerflächen auswirken. Als Indikatoren für die Abundanz und die Diversität des Bodenlebens wurden PLFA-Analysen für das Bodenmikrobiom und Regenwurmuntersuchungen für die Makrofauna betrachtet. Die Kohlenstoffvorräte wurden bis auf eine Tiefe von 50 cm erfasst und dabei nach partikulärer (POM) und mineralassoziierter (MAOM) organischer Substanz differenziert.

Die Ergebnisse zeigen ein nach Standort und Tiefenstufe differenziertes Bild, wobei die positiven Wirkungen der Dauerkultur auf Bodenbiodiversität und Kohlenstoffbindung überwiegen.

Comparing a classic calorespirometric approach to a novel method to shed light on SOM dynamics

Elia Di Lodovico¹; Christian Fricke²; Maximilian Meyer³; Gabriele Schaumann³; Thomas Maskow

¹ Universität Koblenz · Landau - Campus Landau; Helmholtz Zentrum für Umweltforschung - UFZ; ² Universität Koblenz · Landau - Campus Landau; ³ Helmholtz Zentrum für Umweltforschung - UFZ

Soil microbial communities are the main catalyst of the carbon (C) cycle in the soil, playing a key role in the degradation of organic compounds. The fluxes of C driven by the microorganisms are always coupled with the release of heat via the law of Hess. Several models show that the simultaneous measurement of respiration (CO₂ evolution rate) and heat production rate, called calorespirometry (CR), can provide information about the fate of degraded organic substances or SOM [1][2]. CR was already established in soil sciences, but the current approach still has several limitations (low CO₂ partial pressure, small sample size mimicking large soil systems, oxygen limitations, indirect CO₂ measurements, and low sample throughput).

In order to overcome these limitations, we combined a conventional soil respirometer with perfectly matched calorimetric measuring units and compared our new calorespirometric approach with the current approach in CR. In the latter, both (metabolic heat and respiration) are measured calorimetrically, and for the CO₂ evolution, the calorimetric ampoules are equipped with NaOH-solution (CO₂ trap), and the adsorption heat is measured. In the new approach, the metabolic heat is measured calorimetrically, while the CO₂ released is measured conductometrically using a KOH-solution (CO₂ trap). The two approaches have complementary advantages, the current shows a higher sensitivity for the calorimetric measurements and has a stable baseline and a clear offset, the new one allows continuous CO₂ measurements, larger sample sizes, higher sample throughput, and prevents oxygen limitation. Despite the differences, both approaches have in common the calorespirometric ratio, an important parameter to evaluate the microbial metabolic pathways and the SOM dynamics.

[1] Wadsö L. and Hansen L.D., Calorespirometry of terrestrial organisms and ecosystems, *Methods* 76 (2015) 11–19

[2] Chakrawal A. et al., Quantifying microbial metabolism in soils using calorespirometry – A bioenergetics perspective, *Soil Biology and Biochemistry* 148 (2020) 107945

The wetter the better: Rice outcompetes microorganisms for iron-oxide bound P under continuous flooding

Maxim Dorodnikov¹; Chaoqun Wang²; Michaela Dippold³; Callum Banfield³; Georg Guggenberger⁴; Yakov Kuzyakov⁵

¹ Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Landschaftsökologie; ² Georg-August Universität Göttingen, Biogeochemistry of Agroecosystems; ³ University of Tuebingen, Geo-Biosphere Interactions; ⁴ Leibniz University Hannover, Institute of Soil Science, ⁵ University of Goettingen, Department of Soil Science of Temperate Ecosystems

Reductive dissolution of ferric iron (Fe(III))-bound phosphate (Fe-P) and organic P (Porg) mineralization are the two main P sources for rice plants and microorganisms. These two P sources respond opposite to high soil moisture: there is increasing P release from Fe-P, but decreasing Porg mineralization. It can be expected that with soil drying these processes occur reversely. However, is a common duration of drying phase for 10 days in the alternative wetting-drying (AWD) paddy land use enough to strongly control Fe-P dynamics? To answer this question, ³²P-labeled ferrihydrite (30 mg P kg⁻¹) and ³³P-labeled wheat straw (Straw-P, 10 g straw kg⁻¹ equivalent to 35 mg P kg⁻¹) were used to trace rice plants (*Oryza sativa* L.) and microbial uptake of P released from Fe-P, Straw-P, and unlabeled soil P (Soil-P) depending on water regime.

Fast oxygen consumption under continuous flooding stimulated Fe(III) reduction, led P to release from Fe-P, and decreased the plant-microbial competition for P. More P was released from straw mineralization via increased phosphomonoesterase activity leading to more Straw-P incorporated in microbial biomass under alternate wetting-drying than under continuous flooding. Plant and microbial P demands were covered up to 40% from the sum of Fe-P and Straw-P, and the rest of P uptake mainly occurred as Soil-P. The contribution of Fe-P to microbial P nutrition was 72–78% lower in rooted vs. bulk soil but Straw-P contribution was 16–42% higher. Consequently, plants were more competitive for P released from Fe-P by Fe reduction, whereas microorganisms accelerated straw decomposition and therefore, were more competitive for P from straw. The high contribution of P from straw to the total P nutrition of plants and microorganisms calls for the adaptation of the P fertilization strategies in paddy soils to avoid excess of mineral P fertilization inputs especially under continuous flooding.

Soil Warming durch den Betrieb von Starkstromerkabel – Auswirkungen auf Bodenorganismen

Christoph Emmerling¹; Janine Besch; Michelle Fonfara; Sebastian Neukirch

¹ Universität Trier, FB VI, Bodenkunde

Im Zuge der Energiewende wird künftig vermehrt Strom aus den Windkraftfeldern im norddeutschen Wattenmeer durch das gesamte Bundesgebiet geleitet werden. Hierbei werden vorrangig Höchstspannungsleitungen als Erdkabel eingesetzt. Durch den Betrieb der Erdkabel kommt es im Unterboden in ca. 140cm Tiefe zu Wärmeemissionen, die differenziert nach Böden, Auslastung, Jahreswitterung und Bodentiefe nach aktuellen Modellen eine Temperaturerhöhung von 3 bis 5 K (Median; min-max = 0,4 bis 10 K) im Unterboden bei 140cm Tiefe erwarten lassen. Bis in die Krume in 20cm Tiefe wirkt sich die Erwärmung noch mit 0,5 bis 1 K aus.

Für Bodenorganismen bedeutet dies zum Teil eine Temperaturanomalie mit zunehmender Bodentiefe. Auf Basis der genannten Modelle und ergänzt durch Labor- und Freilanduntersuchungen an bereits existierenden Anlagen wurde die Reaktion von Vertretern der Bodenmikroorganismen und der Bodenfauna untersucht. Speziell für die Gruppe der Regenwürmer konnte zum Beispiel in speziellen Glasküvetten (Höhe von 160cm) beobachtet werden, dass die eingesetzten Tiere ihre Grabaktivität im Unterboden bei Erwärmung zwar verändert, aber insgesamt nicht reduziert hatten. Auf Grund theoretischer Überlegungen, Feldbeobachtungen und Laborexperimenten wurde ein Beurteilungsschema zum Einfluss von ‚Soil Warming‘ auf die Drilosphäre von einigen verbreiteten Regenwurmartens erarbeitet und für unterschiedliche Böden angewandt.

Bioenergetics as a modeling tool linking microbial dormancy, maintenance and growth in soil

Martin-Georg Endress; Sergey Blagodatsky

University of Cologne, Institute of Zoology

Microorganisms in soil require carbon and energy from the decomposition of organic matter to satisfy both their growth and maintenance requirements. Investigations of the coupling between these matter and energy fluxes and its dependence on environmental conditions and the microbial community are a promising way to develop mechanistic descriptions of soil systems. While such a thermodynamic perspective has been leveraged to some extent in studies of the growth metabolism of populations after substrate addition, less is known about the bioenergetics of microbial dormancy and maintenance and the transition between inactive and active states. This is despite the fact that inactive biomass accounts for a large fraction of the total microbial biomass found in natural soils, with the dynamic emergence from and return to dormancy representing a central process for the survival and proliferation of microbes in this system.

Here, we review conceptual frameworks and quantitative models of microbial activity and maintenance and derive their bioenergetic implications. Specifically, we focus on analyzing the consequences of such non-growth processes for the overall energy and mass balance using a combination of theoretical considerations and dynamic modeling. Our analysis shows that the choice of particular representations of microbial activity and maintenance has a distinct effect on the predicted ratio of heat release to CO₂ release (Calorespirometric Ratio, CR) in both growing and non-growing populations, which can be measured experimentally. While the inactive fraction dominates in the absence of organic substrates, it also impacts the growth dynamics after batch input of substrate, as the net metabolic reactions carried out by microbes strongly depend on the conversions between inactive and active biomass. The effect on CR is most pronounced during the lag and retardation phases of growth when microbial activity is low. We illustrate these findings by simulating the CR dynamics of aerobic growth after batch input of glucose.

The results contribute to the development of our limited understanding of the carbon and energy balance associated with the activity state of the microbial biomass in soils and highlight the need for careful consideration when interpreting experimental observations based on models of dormancy and maintenance. Our conclusions will provide helpful guidelines for emerging studies aiming to illuminate the general bioenergetics of soil systems.

Litter breakdown by Collembola under reduced and conventional tillage

Ilka Engell¹; Jörg Hanisch²; Deborah Linsler¹; Stefan Scheu²; Martin Potthoff¹

¹ University of Göttingen, Centre of Biodiversity and Sustainable Land Use; ² University of Göttingen, J.F. Blumenbach Institute of Zoology and Anthropology

This study focuses on the role of Collembola in decomposition processes of crop residues in two different tillage systems, i.e., conventional tillage (CT; ploughing with mouldboard plough) and minimum tillage (MT; using a rotary harrow). Cut maize leaf litter was filled into litterbags of two mesh sizes (2 mm and 48 µm) to include or exclude mesofauna by body size and the litterbags were exposed to the two tillage systems at a long-term experimental field-site near Göttingen, Germany.

The litterbags were buried according to the tillage depths at 23 cm (CT) and 5-8 cm (MT) and removed after 2, 5 and 7 months. The following parameters were investigated: Litter mass, carbon and nitrogen concentration, litter C/N ratio, and abundance and community structure of Collembola and incorporation of maize-derived carbon into Collembola.

Results showed that mesofauna enhanced litter carbon loss while litter mass loss was reduced. Litter C/N ratios in MT were generally lower than in CT and decreased more rapidly in litterbags with coarse mesh. Collembola abundance in litterbags in CT exceeded that in MT, but species composition was unaffected by tillage. Overall, Collembola effectively colonized the litter regardless of tillage system, but particularly benefited from translocation of litter to deeper soil layers by conventional tillage.

To sum up, mesofauna accelerated litter carbon loss and increased litter nitrogen accumulation regardless of tillage system. The results suggest that mesofauna activity can reduce nitrogen losses through leaching in winter and facilitate uptake of nitrogen from decomposing litter material by plants in the following season, which may contribute to a more sustainable management of cropland systems.

Influence of sown diversity in forage mixtures on soil conditions assigned by nematode community analyses in the western Mediterranean

Martin Ewald¹; Teresa Sebastià²; Mercedes Ibanez²; Katja Klumpp³; Tomaž Žnidaršič⁴; Branko Lukač⁴; Liliane Ruess¹

¹ Humboldt Universität zu Berlin; ² Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya; ³ French National Institute for Agriculture, Food, and Environment; ⁴ Agricultural Institute of Slovenia

Stable environments and sustainable food production systems depend also on plant diversity. Plant mixtures have several advantages compared to monocultures in terms of goods and services, e.g. high productivity and quality forage, enhanced yield stability, lower susceptibility to pests and diseases, and reduced greenhouse gas emissions. Moreover, increased soil fertility as well as water and nutrient use efficiency, can positively affect soil biodiversity and function. However, a better understanding under changing climate conditions is still needed in vulnerable regions, like the Mediterranean. This is particularly important as, despite the known benefits of forage mixtures, there is a trend in favour of grass monocultures in all Mediterranean areas. To assign the benefits of plant mixtures on soil biodiversity and processes, we performed three case-studies across a climatic gradient. Experimental fields, sown with different proportions of the most common local forage species of grasses, legumes and forbs, were established in France, Slovenia and Spain. The degrees of diversity ranged from monocultures over 4 and 6 species mixtures up to 9 species mixtures. This experimental design will allow the identification of the optimal adaptive mixture proportions under given climatic conditions.

Nematodes were used as indicators to assign the structure and function of the soil food web as well as of soil conditions and plant health. The diversity and density of the nematodes and several ecological indices were determined. The latter comprise the Maturity Index (MI) as measure of ecosystem disturbance, the plant parasite index (PPI) related to crop health, and the Channel Index (CI) providing information about the soil decomposition pathways, i.e. the bacterial and fungal energy and carbon channel. Changes in soil food web structure and function were assigned by the Enrichment Index (EI) and Structure Index (SI) giving information on food web nutrient enrichment and stability, respectively. Furthermore, the metabolic footprint was examined as a measurement of the metabolic activities and the carbon (C) and energy flow along decomposition channels.

Taking together; nematode population dynamics, metabolic footprints and ecological indices, will reveal the benefits of sown forage mixtures for soil and crop health in Mediterranean dry areas prone to climate change.

Plasticity of adaptive biogenic weathering traits to climate conditions – space for time substitution revisited

Doreen Fleck¹; Liesbeth van den Brink²; Diana Boy¹; Harald Neidhardt²; Leopold Sauheitl¹; Francisco Javier Matus³; Yvonne Oelmann²; Katja Tielbörger²; Georg Guggenberger¹; Jens Boy¹

¹ Leibniz University Hannover; ² Eberhard Karls University Tübingen; ³ Universidad de la Frontera

Abiotic and biotic processes strongly influence each other in soils and thereby also substantially change ecosystem parameters and the shape of the earth's surface. Of particular importance is the biogenic mineral weathering by plants and their symbiotic partners, namely the mycorrhizae. The fungi foster directed nutrient mobilization to balance the nutrient supply on ecosystem level in the long-term with the help of the enormous energetic potential of the photoassimilate flux provided by plants. In a previous study along two aridity gradients ranging from Mediterranean to hyper-arid conditions in Chile and Israel, we surprisingly found a proportional increase in biogenic weathering with increasing aridity. A finding we explained by the increasing absence of soil solution and thus an increasing importance of soil solution-independent biogenic weathering for general nutrient supply. To clarify whether this proportional increase in biogenic weathering is ubiquitous or limited to habitats where droughts are more frequent and the microbial community possibly better adapted to drought is phenotypically independent, i.e. open to any symbiosis, or rather represents an evolutionary gained adaptive capacity of mycorrhizal partners to their respective sites. We installed rainout shelter that retain 75% of precipitation at two sites that differ greatly in mean annual precipitation but not in basic geological features. This corresponds to the drier conditions of the subsequent gradient site, in order to subject the symbiotic community of an ecosystem to a two-year drought treatment. We buried bags with freshly broken mineral particles of biotite (Mg, K), muscovite (K) and apatite (P) below the rainout shelters and adjacent control plots and subsequently analyzed the hyphal growth on the mineral surfaces. We found that colonization by symbionts at the arid end of the gradient, was much less reduced by drought than at the wetter site. At the drier end, the mycorrhizal symbiosis better compensates for the reduced soil solution with an increase in their biogenic weathering compared to that at the wetter end of the gradient. This suggests a targeted co-evolution between fungi and partner at arid sites, which leads to increased biogenic weathering and shows that a simple transfer of this functional trait by means of space for time substitution is not possible.

Perennial grain cultivation supports the functional diversity in soil revealed from nematode community composition

Alena Förster¹; Karin Hohberg²; Christoph Emmerling¹

¹ University of Trier; ² Senckenberg Museum of Natural History Görlitz

Perennial cropping systems are known to highly support soil fauna and its diversity. This has already been investigated for grassland and bioenergy systems. Recently, perennial wheat (Kernza®) is increasingly recognised throughout European agriculture. However, the impacts on soil processes and soil functioning are not well studied yet.

Within the EU-Biodiversa project NAPERDIV nematode communities, among other research areas, were investigated in a Pan-European transect from Sweden to Belgium to South France representing a climatic gradient from south to north and variations in soil conditions.

In total, nematodes from 44 genera were identified. Accordingly, the maturity index MI was much higher in perennial winter wheat sites relative to their annual analogues. Moreover, in soils with perennial wheat, the proportion of taxa indicating higher c-p values (predators, omnivores) were found. The higher maturity index for perennial in comparison to annual soils further displays the greater soil stability under perennial wheat. Additionally, the Pan-European distribution follows a trend from north to south with increasing diversity at genus level, reflecting the comparatively more species-rich soil fauna of south-(eastern) Europe.

In summary, nematode communities mainly reflect the impact of land-use, tillage, fertilisation, and soil organic matter on their feeding behaviour. In addition, some soil parameters, such as bulk density, and microbial biomass content, were analysed to better understand the distribution of nematodes. The difference between the topsoil and subsoil was also evaluated with regard to the soil chemical parameters and the assemblage.

Einfluss von Zwischenfrüchten auf mikrobielle Funktionen im Boden

Norman Gentsch¹; Shamina Imran Pathan²; Georg Guggenberger³

¹ Leibniz Universität Hannover; ² Università degli Studi di Firenze ; ³ Leibniz Universität Hannover

Der Anbau von Zwischenfrüchten ist ein essentieller Bestandteil eines nachhaltigen Nährstoffmanagements in Agrarökosystemen. Das C/N Verhältnis der Biomasse ist ein entscheidender Faktor zur Freisetzung von Nährstoffen und Steuerung der Abbaukinetik bei der Zersetzung von Zwischenfruchtstreu. Doch nicht nur das C/N Verhältnis beeinflusst mikrobielle Prozesse und die Zusammensetzung der Zersetzergemeinschaft im Boden. Zwischenfruchtanbau führt zur Freisetzung von pflanzenspezifischen Metaboliten in der Rhizosphäre, sowie unterschiedlichen Elementspektren in Abbauprodukten. Diese Studie untersucht den Einfluss von Zwischenfrüchten auf mikrobielle Stoffkreisläufe im Boden in einer Zeitreihe vom Aufwuchs der Zwischenfrucht, über das Absterben im Winter bis in die Folgekultur Mais. Verglichen wurden Klee (*Trifolium alexandrinum*) und Phacelia (*Phacelia tanacetifolia*), mit einer Brache als Kontrolle. Beide Pflanzen weisen ähnliche Streuabbaukinetiken auf, jedoch unterschiedliche Metabolitprofile, Litterstöchiometrie und Nährstoffmobilisierung im Boden. Analysen der aktiven RNA mittels q-PCR und Amplicon Sequenzierung zeigen signifikante Reduzierung bakterieller und pilzlicher Gene im Boden unter Phacelia im Vergleich zu Klee und Brache. Die Analyse spezifischer mikrobieller Markergene des Stickstoffkreislaufs zeigt ein deutlich geringeres genetisches Potential zur N Mineralisierung und Ammonium Oxidation. Auch die Artenzusammensetzung der am N Kreislauf beteiligten Bakterien unterscheidet sich zwischen beiden Pflanzen und der Brache, wobei die Abundanz bestimmter Schlüsseltaxa durch Phacelia reduziert war. Dies weist darauf hin, dass Phacelia ein gewisses Potential als biologischer N-Inhibitor aufweist. Die Verschneidung von mikrobiellen Proxys und Bodenparametern weist auf einen unterschiedlichen Einfluss von Klee und Phacelia auf pflanzenverfügbare Nährstoffkonzentrationen zu unterschiedlichen Zeitpunkten hin.

Unsere Untersuchungen zeigen, dass Klee und Phacelia spezifische mikrobielle Fingerabdrücke im Boden hinterlassen, welche sich von der Brache unterscheiden. Zwischenfrüchte beeinflussen damit mikrobielle Stoffkreisläufe im Boden und die Nährstoffversorgung der Folgekulturen unterschiedlich stark. Spezifische Kenntnisse über den Einfluss einzelner Zwischenfruchtarten auf mikrobielle Profile im Boden ist ein wichtiger Schritt für das Design biodiverser Zwischenfruchtmischungen mit spezifischen Funktionen.

Investigating the effect of re-rooting of maize (*Zea mays*) with winter cover crops on soil microbiota

Debjyoti Ghosh¹; Yijie Shi²; Tobias Stürzebecher³; Henrik Füllgrabe³; Katja Holzhauser⁴; Iris Zimmermann²; Michaela A. Dippold⁵; Sandra Spielvogel²; Jochen A. Müller⁶; Nico Jehmlich¹

¹ Molecular Systems Biology, Helmholtz Centre for Environmental Research GmbH; ² Christian-Albrechts Universität zu Kiel, Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde ; ³ Biogeochemistry of Agroecosystems, Georg-August-University Göttingen, Göttingen, Ge

Climate change has a major impact on soil ecosystems. The use of cover crops to re-root cash crops is one method to address deficiencies in topsoil nutrient and water availability. Maize and cover crop root channels may interact favorably or unfavorably, respectively. However, the role of microorganisms in nutrient mobilization in the soil and rhizosphere in such situations is not well understood.

The cultivation of winter cover crops (*Trifolium pratense*, *Trifolium repens*, *Festuca arundinacea*, *Lolium perenne*, *Raphanus sativus* var. *oleiformis*, *Brassica napus*) in monocultures and mixtures was followed by the growth of maize in summer at a Luvisol field site in Northern Germany. At various stages of maize growth – germination, leaf development, and flowering, samples from the root channels of maize roots in bulk soil and root channels of maize roots in reused crop channels were collected. These samples were analyzed using 16S amplicon DNA sequencing and metaproteomics. Metaproteomics provides in-depth functional information regarding the contribution of bacteria to various element cycles (C, N, and P).

Proteobacteria, Planctomycetota, Acidobacteriota, and Actinomycetota were the major bacterial phyla inhabiting the maize rhizospheres, according to the 16S amplicon sequencing results. The release of N and P from organic matter was carried out by the taxa Bacteroidota and Firmicutes. In plots where the oil radish (*Raphanus sativus* var. *oleiformis*) is the cover crop, the relative proportions of Proteobacteria, Planctomycetota, Acidobacteriota, and Actinobacteriota were higher compared to plots with mixtures. Since maize rhizosphere re-rooting with cover crops induced variability among KEGG pathways, this provides a lead in the C, N, and P cycles essential for maize growth. Phyla like Actinobacteriota, Proteobacteria, Planctomycetota, Bacteroidota, Firmicutes, and Verrucomicrobiota had higher protein abundances in mixture plots than monoculture plots. Fescue (*Festuca arundinacea*) plots showed a relatively lower protein abundance, which may indicate that they partially inhibit microbial activity. With the aid of these observations, we could choose a cover crop that would work best when planted alongside maize during re-rooting to maximize microbial activity, replenish the resources needed for growth in distant niches, and increase crop production in the future.

Keywords: 16S amplicon sequencing, metaproteomics, rhizosphere, soil, roots, cash crops, cover crops

Long-term irrigation of a dry pine forest alters carbon cycling through soil microbial and faunal communities

Frank Hagedorn¹; Claudia Guidi¹; Martin Hartmann²; Decai Gao¹; Andreas Rigling²; Arthur Gessler¹; Marcus Schaub¹; Beat Frey¹

¹ Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (WSL); ² ETH Zurich

Dry extremes are increasing in frequency. Drought impacts on the interlinkage of soils, their biota, and functions range from immediate reductions of metabolic activities, acclimation of physiological processes to species shifts and changes in soil organic matter pools under reoccurring drought. Here, we present results from a 18 year-long irrigation experiment in naturally drought-prone pine forests, where we assessed soil microbial and faunal community structures, as well as soil carbon fluxes and pools. In addition, we performed a whole tree ¹³C-pulse labelling experiment to track the transfer of new assimilates from the canopies of mature trees to soil microbial communities under drought and upon recovery thereof.

The long-term irrigation during summer removing natural drought strongly increased soil C inputs by litterfall but also C outputs by soil respiration increased by a factor of two to three. Irrigation promoted bacteria and fungi with more copiotrophic life-style strategies that are typical for nutrient-rich conditions with a high C availability. We relate these shifts in microbial communities not directly to the altered water regime, but rather to a belowground “system change”. Long-term irrigation induced a vertical redistribution of soil organic matter (SOM) from the organic layer into the mineral soil, which in turn affects SOM composition and microbial communities. The likely mechanisms for the SOM changes include (i) an increased incorporation of litter into the mineral soil through soil fauna. During dry summer months, there was a many-fold increase in the abundance of soil fauna (e.g. earthworms) in irrigated soils. Effect sizes on litter mass loss in a litter bag study were particularly high when meso- and macrofauna were included (+215%) than when excluded (+44%). (ii) An additional reason for the altered SOM redistribution might be a greater rhizodeposition under irrigation. In the ¹³C pulse-labelling experiment, the transfer of assimilates from canopies of 10 mature trees to the rhizobiome (measured by ¹³C-PLFA) and respired ¹³CO₂ was slower (4 vs. 6 days) and ~50% smaller under natural drought than under irrigation.

Taken together, our results show that soil C cycling in this dry pine forest is strongly reduced by summer droughts. Impacts on soil microbial communities seem to be driven by a “system change” where the drought regime affects the vertical SOM redistribution through soil faunal activity and rhizodeposition.

Ein Gefügeatlas - Computertomographie von Ackerböden zur Beurteilung des Bodengefüges (Bodenstruktur)

Monika Joschko¹; Prof. Tamas Harrach²; Guido Fritsch³; Dietmar Barkusky⁴; Jana Epperlein⁵; Marion Senger⁶; Martin Schulze⁷; Andreas Muckwar⁸; Bernhard Keil⁹; Katrin Kuka¹⁰; Isabell Szallies¹¹

¹ ZALF Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research; ² Justus Liebig Universität Gießen; ³ IZW - Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtierforschung; ⁴ ZALF - Leibniz-Centre for Agricultural Landscape Research; ⁵ GKB e.V.; ⁶ Landwirtschaftskammer Niedersachsen; ⁷ Betrieb Schulze; ⁸ Fürstenwalder Agrarprodukte GmbH; ⁹ Oberfinanzdirektion Frankfurt am Main; ¹⁰ Stabsstelle „Grünland“; ¹¹ agrathaer GmbH

In diesem Beitrag werden die Ergebnisse des DIWELA-Projektes: „Innovative Analyse von Bodengefüge und Bodenleben – Entwicklung eines Diagnose-Werkzeugs für den Landwirt zur Steigerung der Bodenfruchtbarkeit“ vorgestellt, welches von 2015-2021 von der Landwirtschaftlichen Rentenbank gefördert wurde.

Das Bodengefüge, ist - insbesondere in seiner Beziehung zum Bodenleben – ein Indikator der „Bodengesundheit“. Durch die Art der Bewirtschaftung kann das Bodenleben und damit auch das Bodengefüge optimiert werden. Diese Zusammenhänge gilt es, für die landwirtschaftliche Praxis und den Bodenschutz intensiver zu nutzen.

Ziel des Projektes war, durch die systematische Untersuchung des Bodengefüges in unterschiedlich bewirtschafteten und behandelten Böden die Grundlage für ein Diagnose-Werkzeug für den Landwirt zu schaffen. Dazu wurden 127 ungestörte Bodenproben aus Brandenburg, Hessen und Polen mit der Röntgen-Computertomographie, z.T. im Vergleich zu einfachen, auf der Spatendiagnose beruhenden Methoden untersucht. Es zeigte sich dass Fehler der Bewirtschaftung bodenabhängig zu charakteristischen „morphologischen Fingerabdrücken“ führen.

Mit Hilfe dieses Instrumentes, welches in Richtung Anwendung, Quantifizierung und Bewertung weiterentwickelt werden sollte, werden dem Landwirt und dem Bodenschutz neue Möglichkeiten eröffnet, günstige Bewirtschaftungsverfahren zu identifizieren, Kausalzusammenhänge zu ermitteln, Wirkungen auf das Bodenleben zu visualisieren und schlussendlich die Art der Bewirtschaftung auf der Feld- und Landschaftsebene zu optimieren.

Influence of microbial community composition and nutrient acquisition on extracellular polymeric substances along a geochemical gradient of tropical soils

Laurent K. Kidinda¹; Doreen Babin²; Sebastian Doetterl³; Karsten Kalbitz¹; Benjamin Bukombe⁴; Kornelia Smalla²; Basile B. Mujinya⁵; Cordula Vogel¹

¹ Chair of Soil Resources and Land Use, Institute of Soil Science and Site Ecology, TU Dresden, Dresden, Germany; ² Julius Kühn Institute (JKI), Federal Research Centre for Cultivated Plants, Institute for Epidemiology and Pathogen Diagnostics, Braunschweig; ³ Soil Resources, ETH Zurich, Zurich, Switzerland; ⁴ Institute of Geography, Augsburg University, Augsburg; ⁵ Biogeochemistry and Ecology of Tropical Soils and Ecosystems, University of Lubumbashi, DR Congo

Extracellular polymeric substances (EPS) that form microbial biofilms in soil can serve as a nutrient sink or source, depending on the geochemical environment and the physiological needs of the microbes. However, it is not clear how concentrations of the major components of EPS (i.e., proteins and polysaccharides) relate to microbial community composition and microbial investment in nutrient acquisition in deeply weathered (old) soils, whose physicochemical properties differ greatly from better-studied less weathered (younger) soils. Here, we evaluate these relationships using top- (0-10 cm) and subsoils (30-70 cm) from tropical montane forests and croplands that represent a gradient in rock-derived nutrient content and organic carbon stabilization potential. We measured EPS, microbial community composition (bacterial 16S rRNA gene and fungal ITS), extracellular enzyme activity, and microbial biomass at the end of a 70- to 120-day incubation experiment. In addition, we evaluated microbial investment in nutrient acquisition using vector analysis based on ecoenzymatic stoichiometry. We show that high microbial investment in nutrient acquisition is associated with high EPS production efficiency (EPS per unit microbial biomass), while high nutrient availability is associated with low EPS production efficiency. Ongoing analysis of high-throughput amplicon sequencing will allow us to determine whether EPS concentrations are associated with specific fungal or bacterial taxa across soil depths, land use types and soil types.

Modelling the effects of global change on soil functions in different land-use types

Lucas Kanagarajah¹; Thomas Reitz; Martin Schädler; Franziska Taubert; Hans-Jörg Vogel; Ulrich Weller¹; Sara König

¹ Helmholtz - Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ

Global change drivers like climate-change and land-use intensification pose a threat to biodiversity of agricultural ecosystems, thereby affecting ecosystem processes and functions. Process-based simulation models are a powerful tool to disentangle the complex interactions of microbiota-plant-soil interactions and provide a basis for long-term predictions and scenario simulations.

On the „Global Change Experimental Facility (GCEF)“ plant physiological data, soil nutrient data, as well as data on soil microbes, fauna and soil structure were obtained for different agricultural land-use types. These include conventional and organic cropping systems, intensively- and extensively-farmed meadows and extensively grazed sheep pasture, each under ambient and simulated future-climate conditions.

Here we present an extended version of the process-based soil model BODIUM, which captures the dynamics of soil functions, responding to soil management or changes in climatic conditions. The model was parametrized for different land-use types on the GCEF. Simulated results are compared with the measured data for model validation and the impact of climate-change and land-use types on different ecosystem processes and functions are discussed. We further give an outlook on scenario simulations of climate projections and future extensions of BODIUM including grassland dynamics, functional diversity of microbes and fungal dynamics.

Methane oxidation rates and methanotrophic communities display a high degree of heterogeneity along transects from hilltops into kettle holes in a postglacial landscape

Lisa Kastenholz¹; Danica Kynast²; Steffen Kolb²; Michael Sommer²; Jürgen Augustin²; Claudia Knief¹; Katharina Frindte¹

¹ University of Bonn, Institute of Crop Science and Resource Conservation (INRES), Molecular Biology of the Rhizosphere; ² Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF)

Climate change is currently one of the greatest challenges facing mankind. Methane is among the most potent greenhouse gases with a 28- to 36-fold stronger global warming potential compared to carbon dioxide. Although the importance of wetlands as sources for atmospheric methane is known, the impact of small wetlands can hardly be estimated as well as their impact on the greenhouse gas budgets of the landscapes in which they are situated. Kettle holes are such small wetlands, mainly located in very hilly young moraine landscapes with intensive agricultural use. The extent of methane emissions and the underlying microbial processes leading to the release or oxidation of atmospheric methane remain largely unknown. We aim to gain insight into landscape related heterogeneities in methane oxidation potential and the corresponding methanotrophic communities. We analyzed soil samples from three transects spanning from agricultural hilltops over slopes down to an ephemerally flooded kettle hole (Christianenhof, Brandenburg). Potential methane oxidation rates at atmospheric methane concentrations and respiration rates were measured in microcosms. Interestingly, the potential atmospheric methane oxidation rates of the hilltop samples were as high as those in the kettle hole, while they tended toward zero in the slope samples. The same trend was found for respiration rates with 3-6 times higher values at hilltops and in the kettle holes compared to slope positions. For methanotrophic community analysis, DNA was extracted and amplicons were generated using the marker gene *pmoA* to analyze methanotrophic community composition. The communities varied due to topographic position and also between transects. Overall, upland soil cluster alpha was dominating at most sites, but on hilltops also upland soil cluster gamma was found, making the methanotrophic communities of hilltops most distinct from the ones in slope and kettle hole samples. Overall, potential methane oxidation rates and methanotrophic community composition turned out to be more spatially heterogenous in hilly agricultural landscapes than previously thought. Underlying soil traits that may contribute to this heterogeneity are currently under investigation. Overall, our findings indicate that spatial heterogeneity of landscapes should be considered when greenhouse gas budget estimates are performed in hilly landscapes.

Carbon and energy use efficiencies of soil microorganisms: Recycling and reduction matter

Yakov Kuzyakov; Chaoqun Wang

Göttingen University

Carbon use efficiency (CUE) – the fundamental parameter of initial utilization of organic compounds by microorganisms – is intensively applied to quantify processes of the carbon (C) cycling from microbial cell to global scales. Microorganisms, however, use organic C mainly as the energy (E) source and not as element C per se and consequently, the E use efficiency (EUE) is at least so important as the CUE.

In this review, we raised the importance of EUE by soil microorganisms. After short explanations of background and definitions of EUE, we focus on (i) E content in organic compounds as defined by nominal oxidation state of carbon (NOSC), (ii) present the approaches to assess EUE by soil microorganisms, (iii) explain similarities and differences between CUE and EUE, and finally (iv) discuss the mechanisms responsible for the lower EUE compared to CUE.

According to the NOSC of microbial biomass in soil (-0.52), its E content is $-510 \text{ kJ mol}^{-1} \text{ C}$. We provide the equation linking CUE and EUE considering the NOSC of microbial biomass and element composition of substrates utilized by microorganisms. The mean microbial EUE ($0.32\text{--}0.35$) is $15\text{--}22\%$ lower than CUE (0.41) using glucose as a substrate. Based on the comparison of C and E utilization for cell growth and maintenance, as well as database of experimental CUE from various compounds, we clearly explained five mechanisms why EUE is lower than the CUE. The two main mechanisms are: (i) microbial recycling: C can be microbially recycled, whereas E is always utilized only once, and (ii) reduction of organic and inorganic compounds: E is used for reduction, which is ongoing without C utilization, thus the EUE is lower than the CUE.

Potential for Anaerobic Oxidation of Methane in a Kettle Hole Affected by Cropland Use

Danica Kynast¹; Lisa Kastenholz²; Mathias Hoffmann¹; Matthias Lück¹; Claudia Knief²; Katharina Frindte²; Jürgen Augustin¹; Steffen Kolb¹

¹ Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF) e.V.; ² University of Bonn, Institute of Crop Science and Resource Conservation (INRES)

Wetlands are the main natural source of methane. The contribution of kettle holes, which are small landscape depressions, often with irregular periods of floodings and drought, is still unknown. Kettle holes are highly abundant in postglacial landscapes and often surrounded by croplands. They are also characterized by high small-scale heterogeneity in soil and vegetation, as well as an ongoing input from the surroundings. In agricultural landscapes, this input mostly consists of soil from the surrounding croplands. Thus, also fertilizer is introduced into the kettle hole, supplying nutrients such as nitrate, nitrite and sulfate. These compounds are known alternative electron acceptors for the anaerobic oxidation of methane. Since the kettle hole soils are hydromorphic, anoxic conditions occur and thus likely offer “hot spots” for the anaerobic oxidation of methane.

The objective of this experimental study was to determine the impact of this spatial heterogeneity on the methane oxidation potential and to identify the determinative environmental factors. Therefore, we sampled two contrasting locations within the kettle hole: one close to the edge with large colluvial horizons over peat and one in the kettle hole center with small colluvial horizons over peat but higher total organic carbon content. The soil cores were divided into the respective horizons and homogenized. Nitrate and sulfate were added to the soil samples from various locations and horizons, which were subsequently incubated for 3-4 days under oxic and anoxic conditions for continuous methane flux measurements. Before and after the incubation, alternative electron acceptor concentrations were measured and activity of microorganisms was determined through the RNA/DNA abundance ratio of functional gene markers (e.g. *pmoA*, *mcrA*) of known methane-cycling microbes. Key methanotrophs and methanogens were identified by amplicon sequencing in selected samples.

Together with changes on the observed net methane flux rates, this experiment might give insights into stimulative effects of investigated alternative electron acceptors and thus give an indication if input from fertilizer may modulate kettle hole methane emissions.

Composition of extracellular polymeric substances (EPS) produced by a range of soil bacteria and fungi

Rebeca Leme Oliva; Umesh Bahadur Khadka¹; Tabata Aline Bublitz¹; Jens Dyckmans²; Marc Redmile-Gordon³; Rainer Georg Jörgensen¹

¹ Universität Kassel, Faculty of Organic Agricultural Sciences; ² Göttingen University; ³ Royal Horticultural Society (RHS)

Microorganisms are known to form a matrix of extracellular polymeric substances (EPS) on several solid surfaces such as soils. The formation of this matrix provides various benefits not only to the microbial community, but also to the surface it is attached. In soils, for instance, it promotes protection and adherence of microorganisms to soil aggregates and benefits the soil increasing aggregate stability. Even in spite of this knowledge, the contribution of EPS to soil organic matter (SOM) and to SOM turnover is yet unclear, mainly due to methodological limitations. Furthermore, it has also not been determined how the EPS composition affects soil structure, fertility and organic matter dynamics. It is therefore of uttermost importance to study the composition of the EPS matrix and how different microbial functional groups produce EPS in face of varying environmental conditions. To this end, 10 bacterial and 10 fungal species commonly found in soils were grown under different treatments in order to stimulate EPS production. Microorganisms were grown in either glycerol or starch medium with or without the presence of sterile quartz. EPS was extracted using a cation-exchange resin (CER) and its composition was subsequently determined with the quantification of proteins, carbohydrates, amino sugars and DNA. We hypothesized firstly, that EPS production would be higher in cultures with quartz. Secondly, we also expected bacterial EPS production to be higher in cultures with glycerol whereas fungal cultures would produce more EPS in starch medium, reflecting contrasting substrate effects on bacterial and fungal EPS formation. Lastly, we hypothesized that considerable amounts of galactosamine would be found in all extracted EPS, similarly to mucins excreted in the intestines of vertebrates, protecting enzymes. Mucins are a family of proteins with high GalN contents, consequently, GalN might be an indicator to EPS production in soils.

The rhizosphere microbiome of cereal crops undergoes specific host selection of N cycling guilds responsive to crop productivity

Simon Lewin¹; Steffen Kolb¹; Sommer Michael¹; Gernot Verch¹; Marc Wehrhan¹; Sonja Wende¹; Paola Ganugi²

¹ Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research e.V. (ZALF); ² Università Cattolica del Sacro Cuore

The rhizosphere microbiome facilitates synergism and competition for plant available nitrogen (N) that is crucial to plant nutrition. Sustainable innovation of agriculture demands reduction of synthetic N fertilizer applications. Thereby, the plant microbiome is envisioned to improve crop N supply. We hypothesized that annual cereal species acquire distinct rhizosphere N cycling guilds regarding its functional and taxonomic composition. Secondly, we assumed, that the dissimilatory nitrate reduction to ammonium (DNRA) and N₂ fixation guild will be enriched in slower growing crops, since they may prolong mineral N availability to the plant.

We examined dissimilatory microbial guilds and functions facilitating nitrification, denitrification, DNRA, and N₂ fixation within the rhizosphere of winter wheat, rye, and barley. We conducted a field experiment with cereals grown on not or conventionally fertilized plots (n=10; NE Germany, Dedelow) The rhizosphere was sampled during the growth stages tillering and flowering at which plants rely most on soil nutrient uptake. The N-cycling guilds were examined by qPCR based on functional gene markers as well as metagenomics analyses at flowering. These microbial data were correlated to remote sensing of plant aboveground biomass (DRM) as well as soil mineral N content.

Finally, we demonstrated based on regression analyses, that the variation in DRM and grain yield as wells as soil mineral N content explained the abundance of host enriched metabolic N-cycling pathways. Further, we observed divergence of N cycling guilds of the three crop species by metabolic pathway abundances and their functional and taxonomic structure. The DNRA guild was specifically constituted by the nap/nir or nap/nrf pathways within the rhizosphere of rye or wheat, respectively. Additionally, an association of the N₂ fixation guild within rye's rhizosphere persisted. Moreover, canonical bacterial (N fertilized rye) and canonical archaeal (barley, wheat) and complete ammonia oxidizing Bacteria (wheat) were enriched by the crop species, respectively

In conclusion, functional and taxonomic structure of N cycling guilds within the rhizosphere were largely host-specific. Further we provide initial evidence, that this selection process is coupled to crop growth. Hence, we suggest the crop species interaction with N cycling guilds as a crop trait to be evaluated in future research utilizing microbes in agricultural practices.

Climate change continuously increases CO₂ emissions from an arable soil over 10 years

Vinzent Leyrer; Sven Marhan; Ellen Kandeler; Christian Poll

University of Hohenheim, Institute of Soil Science and Land Evaluation, Soil Biology Department

Carbon (C) cycling in soils is driven by soil microbial abundance and functions, which depend on water and temperature conditions. Future climate scenarios predict a change in precipitation regime with reduced total precipitation as well as prolonged dry periods followed by heavier rainfall events. In addition, increasing air temperatures will change the soils' microclimate and amplify desiccation of the topsoil. Thus it is to be expected that C cycling in soils will be affected by drier, warmer conditions. Aside of short-term studies, long-term (10+ years) field experiments are required to realistically evaluate the interacting effects of water and temperature on C cycling dynamics within agroecosystems.

In 2008, the Hohenheim Climate Change (HoCC) experiment was established to investigate effects of elevated temperature and altered precipitation on C cycling in an arable soil. In a multifactorial design, soil temperature was elevated permanently by 2.5 °C with heating cables on the soil surface. In addition, during the summer months (June to August), precipitation was reduced in either amount, frequency, or both with roof constructions. Soils were sampled (0-30 cm) twice a year and analysed for contents of Total Organic C (March), as well as Microbial Biomass C and Extractable Organic C (March and September). Weekly (Summer) and bi-weekly (Winter) CO₂ flux measurements were conducted on-site with closed chambers resulting in 30 to 40 measurement dates per year. Arrhenius plots were fitted to describe the temperature sensitivity of respiration activity over the course of the years.

Independent of the precipitation regime, warming consistently enhanced the labile C pool, presumably fostering higher cumulative CO₂ fluxes from warmed soils even after ten years. Accordingly, we found no consistent effect of either precipitation manipulation or warming on the temperature sensitivity of respiration. Microbial abundance as well as the total soil organic C contents were, besides annual variations, largely unaffected by the treatments.

Our observations highlight the effect of warming on C cycling throughout different precipitation regimes. Even after ten years, we found no signs of microbial thermal adaptation, which could reduce the enhancing effect of elevated soil temperature on gaseous C loss from soils. Although the C sources fuelling the enhanced CO₂ fluxes are not finally cleared yet, a long-term loss of soil C caused by global warming cannot be excluded.

Do DSC-TG provide reliable energy contents of soil organic matter? Insights from artificial soil experiments

Marcel Lorenz¹; Christian Fricke²; Dörte Diehl²; Klaus Kaiser³; Elvira Sieberger¹; Thomas Maskow⁴; Sören Thiele-Bruhn¹

¹ Universität Trier, FB VI, Bodenkunde; ² Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern-Landau, Institut für Umweltwissenschaften, AG Umwelt- und Bodenchemie; ³ Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften

The thermodynamic perspective on soil systems gets more and more in the research focus and has the potential to take us a substantial step toward a mechanistic understanding of soil organic matter (SOM) turnover and stabilization. An integral part of new bioenergetic concepts and models is the energy content of SOM, but its determination particularly in mineral soils is challenging. Differential scanning calorimetry combined with thermogravimetry (DSC-TG) represents one of the most promising techniques to do so, where the heat of combustion is linked to mass losses from sample material during the combustion using a temperature ramp from 50 to 1000°C. DSC curves are usually integrated in the range from 180-600°C and related to the respective mass loss given by TG to obtain the quantity of energy from SOM.

In a previous comparative study in which we applied bomb calorimetry and DSC-TG to the same soil sample set representing a turnover gradient of SOM, contrasting energy contents were determined with both methods. The study indicated that the commonly applied DSC-TG procedure is more suitable for mineral soil samples but somehow too simplified and needs to be adjusted. One reason could be that the DSC-TG signal represents the sum of endothermic and exothermic reactions of all soil compounds (incl. soil minerals) that are thermally reactive in this temperature range. Thus, it is questionable whether the integrated exothermic DSC-TG signal from 180-600°C can be entirely assigned to SOM without considering thermal reactions of soil mineral components.

To check this, we designed an experiment, where we determined the energy content of an organic substrate (cellulose) and soil minerals (quartz sand, quartz silt, goethite, illite, montmorillonite) 1) individually, 2) intensively mixed in dry state and 3) intensively mixed after several wetting-drying cycles. Furthermore, the minerals were mixed to create an artificial soil with a silt loam texture to mimic a more complex soil system, which was then analyzed in combination with cellulose. Building on this we want to develop a procedure for the accurate measurement of energy contents of SOM in (mineral) soils by DSC-TG by considering the contribution of mineral oxidation and the effect of organo-mineral associations to the energetic signatures derived from the thermograms.

Effects of multiple pesticides on soil microorganisms and glyphosate degradation

Philipp Mäder¹; Fabian Stache¹; Lisa Engelbart²; Carolin Huhn²; Christian Poll¹; Ellen Kandeler¹

¹ Universität Hohenheim; ² Eberhard-Karls-Universität Tübingen

In the last years, the pressure on farmers to produce high quantities of high-quality food increased. This often leads to intensive use of pesticides to ensure adequate yields. Next to the beneficial effects of pesticides for the farmer, they can harm the environment and non-target organisms. While studies on the effects of single pesticides are ample, studies that investigate the effects of multiple pesticides are rare. As part of the Horizon2020 EU project SPRINT, we investigate the effects of pesticide mixtures. We incubated soil spiked with mixtures of 2-methyl-4-chlorophenoxyacetic acid (MCPA), Difenconazole and labelled Glyphosate for 56 days using concentrations close to field applications. At seven timepoints, soil (pH 7.0, SOC 12.1 g kg⁻¹ and silty loam) was analysed for microbial biomass, phospholipid fatty acids (PLFAs), pesticide residues and functional genes, as well as ¹³C-partitioning in microbial C, CO₂ and PLFAs. We found a significant negative effect of the pesticide mixture on bacterial abundance and CO₂ release after 56 days. Although the Glyphosate degradation kinetics were similar in all treatments, the addition of MCPA stimulated the ¹³CO₂ release from labelled Glyphosate. Data on ¹³C incorporation into microbial biomass will show whether this result is coupled with a change in carbon use efficiency of microorganisms. Increased ¹³CO₂ release from Glyphosate in combination with MCPA indicates an additional stress induced response to a second pesticide. Therefore, mixtures of low concentrations of pesticides exert stress on the microbial community in soils with different magnitudes depending on the pesticide combinations.

Fate and stabilization of labile carbon in a sandy soil– A question of nitrogen availability?

Nele Meyer¹; Outi-Maaria Sietiö; Sylwia Adamczyk; Per Ambus; Christina Biasi; Bruno Glaser; Subin Kalu; Angela Martin; Kevin Mganga; Miikka Olin; Aino Seppänen; Rashmi Shrestha; Kristiina Karhu

¹ University of Bayreuth

Labile C fractions, such as sugars, may persist in soil due to their incorporation into microbial biomass and ultimately stabilization as necromass. However, the underlying factors and mechanisms remain poorly understood. To address this knowledge gap, we conducted a 1-year greenhouse experiment including four treatments: bare soil, bare soil+N, tree, tree+N. The boreal forest soil was sandy and nutrient-poor and trees were *Pinus sylvestris*. We hypothesized that: (1) originally labile C does not accumulate under N deficient conditions, as microbial residues may be intensely recycled for N acquisition and (2) differences in N supply and demand change the functionality and composition of the microbial community, which will be reflected in the stabilization of microbial C. We added ¹³C glucose to the soil and measured ¹³C recovery to trace the fate of added C in soil, microbial biomass (MBC), dissolved organic C (DOC), phospholipid fatty acids (PLFA), and amino sugars. We also analyzed microbial community structure and enzyme activities. Around 40% of the added C was mineralized after one day. Mineralization of the added C continued for 6 months, but stabilized thereafter. After 1 year, the tree+N treatment had the highest amount of added ¹³C (34%) remaining in soil compared to the other treatments (18%). The recovery of ¹³C in DOC was less than 1% from the 3rd day onwards, but remained higher in MBC (2%) and amino sugars (1.8%) after 1 year. Fertilization increased bacterial growth on ¹³C-glucose and abundance of gram-positive bacteria, while trees increased the abundance of symbiotrophic fungi. The formation of more stable C in the tree+N treatment may be explained by lower recycling rates of microbial necromass for N acquisition and by a shift in microbial composition towards a community with more recalcitrant residues.

Drying-rewetting effects on microbial properties of forest soils from different elevation levels

Zhyldyz Oskonbaeva¹; Rainer Georg Joergensen²; Florian Wichern¹

¹ Rhein-Waal University of Applied Sciences; ² University of Kassel

Climate change causes increasing average temperatures and changes in precipitation patterns with pronounced drought periods in many parts of the world, like Central Asia. Therefore, we aimed at investigating the effects of drying-rewetting (DRW) cycles on microbial functioning in soils from walnut forests in Kyrgyzstan at different elevations representing differences in average temperatures. In order to evaluate the DRW effects on soil microbial properties, we conducted a 70-day incubation experiment with soils from three different elevation levels (1000, 1300, and 1600 m above sea level). Samples were assigned to three treatments: constant moisture at 50% soil water holding capacity (WHC), two drying-rewetting cycles, and three drying-rewetting cycles. The incubated soil samples were analyzed for chemical and microbiological properties at the end of the incubation. Preliminary analysis of the results revealed a decrease of the microbial biomass with DRW intensity, which however was not significant at every site. In contrast, cumulated soil respiration and nitrogen mineralization was not affected by DRW, revealing the functional stability of the soil microbial community. On the other hand, respiration during the last ten days of incubation was always increased with DRW, likely reflecting altered carbon availability after DRW. Nonetheless, we were not able to detect any elevation specific (long-term temperature difference) or interactive effect between elevation level and DRW cycles, revealing an overall high resistance of the microbial community functioning across all sites. The reasons for this may be due to the fact that climatic conditions in these forest systems are highly variable with high temperature amplitudes between winter and summer and periods of pronounced drought being very common. This allowed the microbial community to adapt to temperature and moisture changes similarly at the three sites. Further, vegetation at the three sites is similar, thus providing comparable carbon input in quantity and substrate quality, which further increases the ability of the soil microbial communities to cope with drought and temperature effects at the three sites. Consequently, investigations on DRW and temperature effects on soil microbial functioning need to consider much stronger environmental legacy at the sites.

Conceptualization and conditioning of bioenergetic soil organic matter models

Holger Pagel¹; Stefano Manzoni²; Marie Uksa³; Ellen Kandeler¹; Christian Poll¹; Hyun-Seob Song⁴; Thilo Streck¹

¹ University of Hohenheim; ² Stockholm University; ³ Helmholtz Centre for Environmental Research – UFZ; ⁴ University of Nebraska-Lincoln

The turnover and stabilization of soil organic matter (SOM) is the key to highly productive agriculture and to climate change mitigation. The pathways of matter and energy use by soil microorganisms are controlled by their functional traits and interactions. We present the concept of a novel data-driven bioenergetic soil organic matter model and shed light on integrating ecological trait-based ecological frameworks with process-based models. The model links SOM thermodynamics with key microbial traits, corresponding substrate-specific degradation pathways and extracellular enzymatic depolymerization processes. Carbon and energy flows will be quantitatively traced by modeling mass fractions of specific C source pools, C isotopologues and thermodynamic properties (degree of reduction) as dynamic state variables. The model uses functional microbial pools (generalists, specialists and stress tolerators) with specific trait trade-offs to reflect microbial life and growth strategies in line with current ecological theory. We use microbial transition state theory to reflect microbial growth kinetics and test this approach compared to empirical Monod kinetics. Resource use (i.e., enzyme synthesis) is modeled assuming that microbes are naturally selected to maximize their reproductive success (i.e., growth rate). Using a case study, we further demonstrate the applicability of a constraint-based model conditioning method for simulating microbial SOM processing. Based on this, we explain how constraint-based model conditioning could be used to parameterize bioenergetic models for predicting SOM stabilization in agroecosystems.

Interacting effects of land use and climate change on microbial community structure and function in agricultural soils

Lena Philipp¹; Evgenia Blagodatskaya²; Martin Schädler³; Marie Sünneemann⁴; Thomas Reitz³

¹ Helmholtz Center for Environmental Research – UFZ Halle, Germany/ Leipzig University, Germany; ² Helmholtz Center for Environmental Research – UFZ Halle, Germany; ³ Helmholtz Centre for Environmental Research, Halle, Germany/German Centre for Integrative Biodiversity; ⁴ German Centre for Integrative Biodiversity Research (iDiv) Halle-Jena-Leipzig, Germany/ Leipzig University

In agroecosystems, soil bacteria and fungi are crucial for ecosystem functioning through major contribution to decomposition of organic matter, element cycling and nutrient provisioning for plant growth. However, land use intensification and climate change pose increasing threats to soil biodiversity and thus to ecosystem functioning.

Here we investigated the single and interacting effects of land use and climate change on soil functioning using the Global Change Experimental Facility (GCEF) in Bad Lauchstädt. In this field experiment, two croplands (conventional and organic farming), and three grasslands (intensive meadow, extensive meadow and extensive pasture) are exposed to ambient as well as to predicted future climatic conditions. We collected soil samples from three depth layers of all treatments in May 2022 and determined abiotic soil properties (pH and C, N, P, K content). Microbial community structure in the different soils was analyzed through amplicon sequencing (16S, ITS). Further, the microbial activity was assessed by respiration and the activities of enzymes involved in different element cycles.

We observed strong differences in enzymatic activities among land use treatments in the uppermost soil layer with the lowest activity in the organic farming soil. However, this pattern was inverted in the deeper soil layers. While we observed a significant decrease of enzymatic activity with increasing soil depth in all other land use types, the activity indices of the organic farming soil remained on a higher level, by what the organic farming soil showed the highest activity along all land use types in the two deeper soil layers. These observations were mirrored by the microbial biomass and basal respiration. Moreover, the observed activity pattern along the treatments were strongly linked to changes in the structural composition of fungal and bacterial communities. Surprisingly, and although some soil properties as well as the community composition were significantly affected by climate change, we could not find a significant effect of the climate treatment on microbial activity indices.

With this work we contribute to elucidate the global change impacts on soil functioning. As part of a joint project (GLIMPSE), we will link our results to other ecosystem compartments (plant community, soil-root-interface) in a systemic soil model that will simulate different global change scenarios.

Earthworm communities in European arable sites as affected by different tillage reduction measures according to local practices – Results from the SoilMan-Project-

Martin Potthoff¹; Ilka Engell¹; Ulfert Graefe²; Anneke Beilich³; Gema Guzman⁴; Kevin Hoeffner⁵; Guénola Pérès; Mignon Sandor⁶; Astrid Taylor⁷; Kaisa Torppa; Deborah Linsler¹

¹ Universität Göttingen; ² Institut für angewandte Bodenbiologie; ³ IFAB Institut für Angewandte Bodenbiologie GmbH; ⁴ Spanish National Research Council; ⁵ Université de Rennes 1; ⁶ University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine; ⁷ Swedish University of Agricultural Sciences

A reduction in tillage intensity is often discussed as an effective tool to improve the habitat quality of arable soils for soil organisms especially for earthworms. Tillage practices and soil management strategies are important tools for mitigation and adoptions of arable land use to climate change. Moreover, healthy soils, high in biodiversity and biological activity are more resilient. In the Biodiversa-SoilMan-Project (www.soilman.eu), different sites across Europe (Sweden, Romania, Germany, Spain, France) were investigated as case studies for country-specific reductions of tillage intensity, comparing by mouldboard ploughing as conventional tillage (CT) with shallow and deep non-inversion as minimum tillage (MT) or direct seeding as no-tillage (NT).

Generally, along with earlier literature, reductions in tillage intensities supported earthworms in number, biomass, and diversity. However, soil management practices show a high variation across regions and even reductions in management intensities often have regional characteristics. We would like to present a number of observations from SoilMan sites to increase general knowledge and stimulate a fruitful discussion at ISEE12 on future soil management systems to support earthworms in Europe.

Different nutritional controls of microbial activity in flow paths and matrix soil

Theresa Reinersmann; Michael Herre; Bernd Marschner; Stefanie Heinze

Ruhr-Universität Bochum

Nutrient and substrate supplies for soil microorganisms decrease with increasing depth. Consequently, subsoils are characterized by low soil organic matter (SOM) and nutrient contents, which additionally are distributed very heterogeneously. Often, these supplies in subsoils are linked to preferential flow pathways or root channels causing hotspots of microbial activities along these input pathways, whereas the lack of substrate and nutrient input in the adjacent matrix soil limits microbial activity and leads to a life in dormancy. To test the nutritional controls of microbial activity along flow pathways and the matrix soil, we irrigated a Dystric Cambisol (Lower Saxony, Germany) with a Brilliant Blue tracer solution in a field campaign in October 2021. Soil samples were taken from three depth increments (0-30 cm, 80-80 cm and 110-160 cm). The samples were strictly differentiated between Brilliant Blue stained flow path and non-stained matrix soil samples. Within a following incubation experiment, we added different substrates and nutrients (based on glucose, ammonium nitrate, and palmitic acid) to the soil samples to determine substrate/nutrient effects on microbial activity along with potential differences between flow path and matrix samples. After 14 weeks of incubation and simultaneous measurement of respiration, we determined microbial biomass along with oxidative and hydrolytic enzyme activities. In addition, DNA analysis was performed to detect the diversity of the microbial biomass community and differences between preferential flow pathways and soil matrix. The results of our analysis will show if potential permanent SOM and nutrient inputs along preferential flow pathways led to a reduction in postulated limiting factors for microbial activity compared to the matrix soil. Preliminary results show that palmitic acid and glucose + ammonium nitrate additions resulted in greater SOC-mineralization in the matrix than in the flow path samples in the first depth increment, while an inversion of this trend seems to be present in the other depth increments. For additions of other substrates (ammonium nitrate, glucose) mineralization did not differ from control samples but was mainly higher in flow path than in matrix soil samples.

Land-use intensity modulates climate change impacts on annual decomposition dynamics in temperate agricultural soils

Thomas Reitz; Rachel Zimmer; Claudia Breitzkreuz; Mika Tarkka; Luise Ohmann

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ

Litter decomposition in terrestrial ecosystems is facilitated by soil organisms. Thereby decomposition rates are affected by a range of abiotic (soil temperature, moisture, pH) and biotic (soil fauna, microbial community, plants) factors, implying that land use, climatic conditions and seasonality exert a strong influence on decomposition rates. For this reason, we investigated the seasonal dynamics of litter decomposition in different land-use scenarios of the Global Change Experimental Facility (GCEF). The range of land-use types included a conventional and an organic farming system, an intensively and an extensively farmed meadow, and an extensively grazed sheep pasture. Further, the GCEF allowed to study decomposition under ambient as well as under predicted future climatic conditions. The implemented climate change treatment included a general warming and rainfall manipulation (-20% in summer, +10% in spring and fall). To account for the latter, we collected soil at the end of each season in 2021 and 2022 and determined soil hydrolytic enzyme activities. Simultaneously, a set of green and rooibos tea bags was buried each season and subsequently analyzed according to the standardized "Tea Bag Index". This approach allowed comparisons of patterns of initial (by weigh loss) and subsequent (by enzyme activities) decomposition processes. The results revealed highly dynamic patterns of the tea decomposition rates as well as of the soil enzyme activities along the studied seasons. These intra-annual variations were stronger than differences caused by the land-use and climate treatments. Nevertheless, we revealed a significant impact of land use, whereby decomposition rates and enzyme activities were mainly related to plant growth. The climate change treatment showed only minor effects in spring and fall. However, in summer, the reduced rainfall under future climatic conditions lowered decomposition rates and enzyme activities, whereby no systematic concordance between land-use intensity and the resilience of decomposition indices against the dryer conditions was observed. We further revealed land-use specific legacy effects of the summer drought, which modulated the response of the decomposition rate to climate manipulation in autumn. The study enhances our understanding on current and expected decomposition dynamics, which is crucial for improving agricultural management, mitigating greenhouse gas emissions, and predicting soil carbon storage capacities.

Bottom-up forces of co-occurring nematode prey on soil predatory mites (Acari: Mesostigmata)

Diana Rueda-Ramírez¹; Eric Palevsky²; Liliane Rueß¹

¹ Humboldt-Universität zu Berlin; ² Newe Yaar Research Center, Agricultural Research Organization (ARO), Israel

Pest suppression is one of the desirable functions of a healthy soil. Predatory Mesostigmata soil mites, with their high degree of omnivory, are one of the most remarkable groups performing this function. Only recently, it has been recognised that the bottom-up effect of the diet is important for these organisms' fitness, which ultimately affects their performance as biocontrol agents of soil pests. In below-ground systems, free-living nematodes (FLN) are an important food source and provide essential nutrients such as omega 3 long-chain polyunsaturated fatty acids (ω 3-LC PUFAs). Previous studies showed that numerous species of Mesostigmata prefer FLN and, in many cases, a nematode-based diet has a positive effect on mite performance. Here we assess the food quality of nematodes for the maintenance of predator fitness, i.e. development, reproduction and lipid content. We selected two mite species, different in size and morphology, collected from vegetable crops in Israel. The selected nematodes were five species of FLN, all collected from the same fields, and one species of phytoparasitic nematode. Depending on species and trophic group, nematodes show different fatty acid patterns and both mite species reflect the PUFA pattern of the diet. All nematode species were able to produce ω 3-PUFA de novo, except the bacterial feeder *Acroboloides* aff. *bodenheimeri*, which had the highest proportion of ω 6-PUFA. Interestingly, the latter nematode, without ω 3-LC PUFA, was the best diet for both mites. *Macrocheles* aff. *scutatus*, a medium-sized mite with a holodorsal shield and a width greater than 0.5 times the length, fed and developed on all nematodes except the entomophilous nematode *Oscheius tipulae*. Even it was able to complete its development feeding on the plant parasitic *Meloidogyne incognita*, its reproduction was almost zero. *Protogamasellopsis zaheri*, a small-medium-sized mite with a split dorsal shield and a body width less than 0.5 times the length, developed and reproduced with all nematodes, with *M. incognita* being an intermediate diet. Our results demonstrate that nematode species vary in their nutritional quality as prey and that food quality is predator species dependent, which will affect the biocontrol potential on nematode plant parasites. We hypothesise ω 6-PUFA may play an important role in the reproductive and developmental parameters of some mesostigmatid mites; however, other factors such as nematode size and behavior may play an important role

Increasing importance of fungi in rhizosphere microbiota in soil with decreasing SOC levels

Julian Ruggaber¹; Ayten Pehlivan¹; Rainer Remus¹; Davide Francioli²; Stephan Wirth¹; Jürgen Augustin¹; Steffen Kolb¹

¹ ZALF e.V.; ² University of Hohenheim

Agricultural soils globally constitute a significant Soil Organic Carbon (SOC) pool that has been historically exposed to erosion by anthropogenic activities. These eroded soils with reduced organic C have been shown to potentially quickly sequester C and act as C sink, given specific landscape and land use conditions. However, little is known on the biological mechanisms and importance of the soil microbiota in this phenomenon named dynamic replacement.

To explore such C dynamics a pot experiment using arable soil from the Uckermark region in Northeast Germany and *Brassica napus* L. as model crop was conducted. Different SOC levels were adjusted by admixture (0%, 12%, 24%) of Bt horizon to Ap top soil. Crops were pulse-labeled with ¹⁴CO₂ at three growth stages before collection of rhizosphere and bulk soil. Microbial biomass (C_{mic}), ¹⁴C activity of C_{mic}, abundance of Bacteria, Archaea and Fungi (qPCR) were measured and fungal community was taxonomically characterized (ITS metabarcoding).

Both the abundance ratios of Fungi-to-Bacteria and of Fungi-to-Archaea in rhizosphere were increased under reduced C levels. The ¹⁴C activity of C_{mic} was highest at the early growth stage suggesting higher amounts of freshly assimilated C. ¹⁴C activity and total C in C_{mic} were akin in all soils regardless of SOC levels, with higher values in the rhizosphere. In case of ¹⁴C activity in C_{mic} related to SOC, a higher amount of freshly assimilated C was observed in the soil with lowest SOC levels. Comparative analysis of fungal community in bulk and rhizosphere revealed taxonomical differences in the compartments during flowering.

In accordance with previous studies, we show an increased importance of fungi during formation of new C stocks in soils. Fungi may have a competitive advantage in lower C soil environments over prokaryotes due to their physiological traits i.e. hyphae growth that bridge areas with low nutrient availability. Enhanced belowground allocation of C by plants, decreased utilization of existing SOC by microbiota and increased formation of new SOC by microbiota may explain a large proportion of rapid increases of SOC in eroded soil.

Integration of classical soil biochemical methods with metabarcoding or omics methods in soil models and under in situ conditions can improve the understanding of the microbiota's role in the formation of new SOC, to adjust strategies for farming and C sequestration.

Linking mass balances and thermodynamic energy balances in simplified model systems with artificial soils

Alina Rupp; Shiyue Yang; Matthias Kästner; Thomas Maskow; Anja Miltner

UFZ Helmholtz Centre for Environmental Research

Soils represent the largest terrestrial carbon sink and understanding its dynamics is crucial. The metabolic degradation and stabilization of soil organic matter (SOM) follow the rules of thermodynamics. In the catabolic reaction, SOM is oxidized to CO₂ and the part of the energy delivered by this reaction is used in anabolism, during which biomass formation and, thereby, energy and C conservation take place. C and energy fluxes are thus linked and contribute to the C transformation and stabilization in natural soil systems. These processes are among others largely influenced by environmental conditions (temperature, soil moisture, C/N ratio).

Due to the complexity and heterogeneity of soil, thermodynamic models and experimental approaches to study the linkage of C and energy fluxes in soil systems are rare and still in their infancy. To establish it, we use calorimetric and carbon mass balancing methods to study both C and energy fluxes in artificial soil systems in incubation experiments over 64 days with cellulose and over 16 days with glucose as substrates. This simplified system allows reliable measurement and interpretation of energy input, accumulation and output and their interaction with SOM turnover processes. Carbon and Energy Use Efficiency (CUE and EUE) are studied under varying environmental conditions. The heat production rate and the reaction enthalpy of metabolism in artificial soil systems are monitored with isothermal microcalorimeters. C mass balances consist of mineralization (measured by GC-TCD), changes in total carbon (measured by EA-irmMS), and carbohydrates (measured by phenol sulphuric acid assay). In addition, biomass and necromass contents are quantified by PLFA and amino sugar analysis.

EUE is calculated from calorimetric data and further we will build an energy balance model. Further, evolution of carbon input and output measurements will be further utilized for carbon balance model. Calorimetric and respirometric data provide the calorespirometric (CR) ratio of the soil system, which is closely related CUE (1,2). Experimentally determined CUE will be compared to that derived theoretically from CR ratio through calorimetric data and biomass yield modelling (3). Preliminary results on the linkage between C and energy balance in soil systems will be presented.

1 Chakrawal, et al (2020). Soil Biol Biochem, 148, 107945

2 Hansen et al (2004). Thermochim Acta, 422, 55–61

3 Brock et al (2017) SAR QSAR Environ Res, 28(8), 629–650

Klassifikation und Fruchtbarkeit von Erica trimera-Standorten auf dem Sanetti-Plateau, Bale-Berge, Äthiopien

Rudolf A. Sämann¹; Wolfgang Zech¹; Betelhem Mekonnen²; Sileshi Nemomissa³; Tamrat Bekele³; Tobias Bromm²; Bruno Glaser²

¹ Universität Bayreuth; ² Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg; ³ Addis Ababa University

Seit dem frühen Holozän hat sich die Obergrenze des Erica-Gürtels in den Bale-Bergen Südäthiopiens um 200 – 300 m nach unten verschoben, auf heute 3800 – 3900 m ü.NHN. Oberhalb, dem Sanetti-Plateau, kommt die dominante Art des Erica-Gürtels, Erica trimera, heute nur mehr in isolierten Restbeständen auf vorwiegend blockreichen Standorten bis zu 4200 m üNN vor. Dies wird auf (mikro)klimatische Verhältnisse zurückgeführt, jedoch könnten dazu auch verstärkte Feuernutzung und Überweidung beigetragen haben. Die vorherrschenden Böden lassen sich nach WRB (2022) als Vitric Andosole klassifizieren, außerdem kommen Chernic Skeletic Phaeozeme, Leptosole und Cambisole vor. Erica gedeiht nicht auf wasserbeeinflussten Böden. Zwischen der Höhenlage der Erica-Standorte und den NPK-Gehalten der Ericablätter besteht eine negative Korrelation, was auf Nährstoffmangel hinweisen könnte. Um dies besser zu verstehen, wurden Nährstoffanalysen an Erica-Blättern und Böden durchgeführt. Die Ergebnisse werden auf der DGB-Tagung präsentiert.

Soil enzyme monitoring reveals increasing forest phosphorus demand in central Europe over the last decade

Marion Schrumpf; Ingo Schöning

Max Planck Institut for Biogeochemistry Jena

Forest ecosystems in central Europe are currently experiencing various environmental changes like ongoing nitrogen deposition, rising CO₂ levels and more frequent summer droughts, with potential impacts on soil processes. Monitoring of soil properties, especially sensitive indicators like the activities of extracellular enzymes, enables studying the net effect of different ongoing global changes on soil processes. Therefore, we measured the potential activities of four extracellular enzymes related to the C, N, P and S cycle (beta-glucosidase, N-acetyl-glucosaminidase, acid phosphatase and sulfatase) of topsoils (0-10 cm of the mineral soil) from 150 forest plots under different management in three German regions as part of the Biodiversity Exploratories (<https://www.biodiversity-exploratories.de/en/>) project in May of 2011, 2014, 2017 and 2021. Additional information on soil C, N and pH was obtained for the same samples.

Results revealed that the interannual variation of enzyme activities was about twice as high as that of soil organic carbon contents. Organic carbon, total nitrogen contents or soil pH showed no consistent trend over time across the regions. The same was true for the enzymes beta-glucosidase, N-acetyl-glucosaminidase and sulfates, while acid phosphatase activity increased in all regions from 2011 to 2021 with the smallest absolute increase from on average 1290 to 2753 nmol MUF g⁻¹ dw h⁻¹ in the sandy and most acidic region Schorfheide-Chorin, and the largest one in the loess-dominated silt-clay soils of the Hainich-Dün region (from 3474 to 5570 nmol MUF g⁻¹ dw h⁻¹). Plots following Moorhead et al. (2016, <http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.10.01>) indicated a consistent shift from N- to P-limitation across regions, independent of their total P contents and for both, coniferous and deciduous forests. Forest ecosystems seem to need to acquire more P from organic sources but since both, plants and microorganisms can produce acid phosphatase, we are currently not able to say, if the increased phosphatase activity was a direct plant response or one by microorganisms. Elevated CO₂, N-deposition and summer droughts can all lead to potential nutrient imbalances or reduced uptake, so that the observed increasing forest P requirements might be an additive effect of all, rather than being attributable to one factor alone. As next steps we will test if changes in enzyme activities go along with changes in the soil microbial communities.

The soil microbial ionome in the long-term mineral fertilisation trial in Askov, Denmark

Sanja Schwalb¹; Michael Hemkemeyer¹; emeritus Bent T. Christensen²; Stefanie Heinze³; Rebeca Leme Oliva⁴; Rainer Georg Joergensen⁴; Florian Wichern¹

¹ Hochschule Rhein-Waal; ² Aarhus University; ³ Ruhr-Universität Bochum; ⁴ Universität Kassel

Given the increasingly recognised importance of the soil microbial biomass (MB) to soil organic matter contribution, knowledge of the soil microbials' extended ionome beyond carbon (C), nitrogen (N) and phosphorus (P) seems overdue. Closing the knowledge gap on the microbial ionome could in future help us determine nutritional requirements, supporting MB growth, followed by necromass accumulation. Soil samples were collected from the Askov long-term field trial in Denmark where different combinations of mineral N, P and potassium (K) have been applied for 125 years. Effects of this on the MB ionome were unknown. Elements within the MB, such as N, P, K, magnesium (Mg), manganese (Mn) and zinc (Zn) were determined via fumigation-extraction and subsequent measurement via ICP-OES. Extractable elements from soil were also determined from non-fumigated soil samples. Furthermore, bacterial, archaeal and fungal gene copies were determined via qPCR. Microbial necromass was assessed via amino sugar analysis. Increased contents of extractable P and K were observed in treatments receiving those elements as mineral fertiliser. Mg and Mn availability in soil seems to be pH dependent with Mg being positively and Mn negatively correlated to pH. MB-C and -N did not differ between treatments and neither did MB-P, but MB-P and MB-K were positively correlated to soil available P and K, respectively. MB-Mg and MB-Mn, also showed a positive and negative correlation with pH, respectively, whereas MB-Zn did not correlate with extractable Zn or pH. There was a higher relative bacterial and archaeal contribution to the microbial community composition with an increasing pH, while fungal contribution was correlated to total C and N in soil and also to MB-Mn. No significant differences were found for basal respiration between treatments. Fertilisation history and pH significantly drove availability of soil elements. This was also reflected in MB contents of P, K, Mg and Mn but not Zn. Microbial necromass indicators show a relative increase of bacterial necromass with P fertilisation. Encouraging research into the soil microbial ionome beyond C, N and P can help us learn about requirements of those elements by the soil microbial community and their importance for ecophysiological functioning.

Cover crop mixtures optimize C allocation in the subsoil and promote N mobilization during maize cultivation

Yijie Shi¹; Iris Zimmermann¹; Tobias Stürzebecher²; Katja Holzhauser³; Debjyoti Ghosh⁴; Bahar S Razavi⁵; Henning Kage³; Michaela A. Dippold⁶; Sandra Spielvogel¹

¹ Institute of Plant Nutrition and Soil Science, Christian-Albrechts-University Kiel; ² Biogeochemistry of Agroecosystems, University of Goettingen; ³ Institute of Crop Science and Plant Breeding, Agronomy and Crop Science, Christian-Albrechts-University

To date, the basic aim of cover cropping is to yield a rapid soil surface cover by the aboveground biomass and capture most of the nitrogen before leaching. However, the most important advantage of cover crop mixtures may arise from root biomass production, where some species may respond with higher root/shoot ratios to species competition (Gentsch et al. 2020) but also with synergism between species and root growth (Heuermann et al. 2022). These factors might contribute to subsoil C enrichment by cover cropping.

To overcome these shortcomings in current knowledge, we conducted a ¹³C pulse labelling of six deep- and shallow-rooting cover crop species (*Trifolium pratense*, *Trifolium repens*, *Festuca arundinacea*, *Lolium perenne*, *Raphanus sativus* var. *oleiformis*, *Brassica napus*) in the field. The cover crops were grown in monocultures and three mixtures on a Luvisol field site in Northern Germany. We traced the C transfer from the cover crops into their root channels and calculated how much ¹³C was recovered and retained until maize growth stage BBCH 33. The kinetics of C- and N-cycling enzymes were determined by fluorometric microplate assays.

A ¹³C enrichment in the cover crop root channels in the subsoil (30-60 cm) at BBCH 33 was only found in the mixture of clover and grass. This indicates that only this cover crop mixture was able to transport the newly derived C to a greater extent to the subsoil, and/or that the mean residence time of the C that was transported to the subsoil layer was longer than that of the other variants. It is also worth noting that a ¹³C enrichment was found not only in the subsoil cover crop root channels but also in the bulk soil, which may result from the diffusion of cover crop root exudates or water-soluble decomposition products of the root residues to the bulk soil. The higher belowground organic matter allocation of the clover/grass mixture into subsoil root channels is in accordance with a reduced Leucine aminopeptidase (LAP) enzyme activity in the rhizosphere of maize roots using these root channels compared to maize roots in bulk soil, suggesting a high N availability due to the N-rich pore wall material in the root channels of the clover. An also significantly altered *K_m* value of the LAP in maize rhizosphere of root channels compared to that of bulk soil suggests further a different organic N quality, that the maize root is mining for, when degrading proteins of the root residues of the pore walls.

Seasonal dynamics of soil microbial traits in a temperate forest

Kristin Steger¹; Christian Bluhm²; Akane Chiba³; Silvia Gschwendtner³; Peter Hartmann²; Heike Puhlmann²; Michael Schlöter⁴; Friederike Lang¹

¹ University of Freiburg; ² Forest Research Institute of Baden-Württemberg; ³ Helmholtz Centre Munich; ⁴ Technical University of Munich

Leaf litter represents the major source of organic carbon in forest soils and its decomposition is a complex process which involves microorganisms as the key players for mineralization and transformation of organic matter. Although litterfall shows distinct seasonality especially in deciduous forests, little is known about the response of decomposing microorganisms to the seasonal changes in resource availability (including seasonal inputs of fresh litter).

In this study, the microbial biomass and activity were investigated in the forest floor (litter (L) and organic (O) layers) and upper mineral soils (A) under European beech (*Fagus sylvatica*) and Norway spruce (*Picea abies*) at the long-term monitoring site Conventwald, near Freiburg.

We expect that microbial biomass and activity will decrease substantially with soil depth, and decreasing organic matter content in the soil. We hypothesize the microbial properties will exhibit more profound seasonal changes in the litter (L) than in the deeper layers (O and A). Over a period of 10 months, we took samples from the litter and the organic layer of the forest floor as well as from the Ah horizon at spots, dominated by either spruce or beech litter (four replicates each). The nutrient availability of the samples was determined based on total carbon (TC), nitrogen (TN) and plant available phosphorus (P) content. The soil microbial biomass was estimated by microbial carbon (C_{mic}), microbial nitrogen (N_{mic}), microbial phosphorus (P_{mic}) and extracted by the fumigation method. Additionally, the microbial activity was assessed by enzyme assays e.g., phosphatase activity.

In contrast to our expectation, the data analyzed so far indicate that microbial carbon (C_{mic}) revealed higher values in the O layer than in L during the warmer and drier months. We assume that the decreasing input of fresh litter results in less microbial biomass in the top forest floor layer, but leads to more microbial biomass in the O layer because of increased nutrient availability by root exudates.

At the meeting the whole data set will be available and will enable a better insight into the seasonal dynamics of microbial properties under beech and spruce in a temperate forest. We will also summarize our conclusion for routine sampling of forest soils for the monitoring of microbial traits.

Composition and diversity of microbial leaf litter decomposers and their cellolytic functions: from arid desert to temperate rainforest

Svenja C. Stock¹; Rafaella Canessa¹; Liesbeth van den Brink¹; Katja Tielbörger¹; Maaïke Y. Bader²; Harald Neidhardt¹; Yvonne Oelmann¹; Todd Ehlers¹; Michaela A. Dippold¹

¹ University of Tübingen; ² University of Marburg

Litter decomposition is a key ecosystem process, feeding back to atmospheric chemistry and plant primary production. Besides climate and litter quality, litter decomposition is controlled by the microbial decomposer community. There is still uncertainty, however, about its quantitative role and effect, hampering the ability to predict decomposition.

A litterbag decomposition experiment was conducted along the Chilean coastal cordillera (26°S to 38°S) to understand the effect of litter functional diversity on decomposition under contrasting climates, and to investigate composition and diversity of taxa and functions of bacterial and fungal leaf litter decomposing communities. The climatic gradient included: dry arid desert, fog-influenced arid desert, semi-arid shrubland, mediterranean forest, and highland and lowland temperate rainforests. The litterbags contained a mixture of four local species and were harvested 6 and 12 months after installation to determine weight loss, and after 6 and 8 months to analyze the microbial decomposer communities of both litter and soil by sequencing the V4 region of the 16S rRNA gene and the ITS region. Functions were assigned using the FUNGuild and KEGG databases as references for fungi and bacteria, respectively.

Composition, functions, and taxonomic diversity of fungal leaf litter communities formed two distinct clusters (arid and semi-arid sites vs. mediterranean and temperate sites), suggesting a precipitation threshold for turnover in the fungal communities. Taxonomic and functional composition of bacterial leaf litter communities, in contrast, were distinct for each site. Composition and diversity of cellolytic bacterial genera also clustered in drier (arid and semi-arid) vs. wetter (mediterranean and temperate) sites, suggesting a threshold for turnover of this functional distinct bacterial group. Functional diversity of bacteria was lowest in the semi-arid shrubland and mediterranean forest, indicating a more specialized role of bacteria in decomposition here. In combination with a low functional redundancy of communities at these sites, suggesting a high(er) risk of losing functions, decomposer communities in the semi-arid and mediterranean sites are likely more sensitive to environmental changes than decomposer communities in the desert and temperate sites.

Perspektiven von Mikrogranulaten und Mykorrhiza im Maisanbau

Matthias Thielicke; Martin Wendt; Frank Eulenstein

Leibniz Center for Agricultural Landscape Research ZALF

Die Erhöhung der Nährstoffnutzungseffizienz ist aus ökonomischer und ökologischer Sicht von bedeutendem Interesse im Pflanzenbau. Dabei werden verschiedene Strategien wie der Einsatz von Mykorrhiza und die Mikrogranulatdüngung genutzt. Während sich nur einzelne Wissenschaftler mit Mikrogranulaten auseinandergesetzt haben, finden sich zahlreiche Publikationen über den Einfluss von Mykorrhiza auf Kulturpflanzen. Dabei existieren jedoch fast keine Arbeiten über negative oder neutrale Effekte der Mykorrhiza-Applikation. Solche Beiträge sind wichtig, um die in der Praxis regelmäßig zu beobachtenden Grenzen des Erfolgs dieser Applikation abschätzen zu können. Ohne eine verbesserte Vorhersehbarkeit der Chancen und Grenzen des Mykorrhiza-Einsatzes werden sich solche Biostimulanzen in der Praxis nicht dauerhaft etablieren. Im Beitrag, der diesem Abstract zugehörig ist, werden erstmals die Ergebnisse aus insgesamt sechs Jahren Feldversuchen präsentiert, in denen Mykorrhiza in Interaktion mit Bakterienpräparaten, allein, sowie in Kombination mit Mikrogranulatdüngern und Diammonphosphat auf unterschiedlichen Böden zur Anwendung kam. Darüber hinaus wird der direkte Vergleich in Bezug auf Ertrag und Phosphorbilanz zweier Mikrogranulatdünger mit Diammonphosphat im Maisanbau gezogen. Im Gegensatz zum Tenor der allgemeinen Studienlage zeigte sich auf einem gut mit Phosphor versorgten Boden von lehmig-sandiger Art ein signifikant negativer Einfluss der eingesetzten Mykorrhiza, welcher durch die Kombination mit *Bacillus velezensis* verringert werden konnte. Die insgesamt vier verschiedenen Düngevarianten (Gülle, DAP, mineralisches und organomineralisches Mikrogranulat) reagierten dabei unterschiedlich auf den Einsatz der Mikroorganismen. Im direkten Vergleich zwischen der Mikrogranulat- und der DAP-Düngung erwiesen sich die Mikrogranulate im Ertrag mindestens ebenbürtig, führten aber zu signifikant besseren Phosphorbilanzen. In den Versuchen stellten sich die Mikrogranulatdünger als Alternative zur weitverbreiteten DAP-Düngung im Mais heraus, wodurch der Eutrophierung von Wasserkörpern begegnet und dem nachhaltigen Umgang mit der erschöpflichen Ressource abbauwürdiger Phosphorvorkommen Rechnung getragen werden kann.

Revealing distinctions in the abundance of arbuscular mycorrhizal fungi for 12 varieties of *Zea mays* L. under drought using a novel qPCR approach

Nicolas Tyborski¹; Benedikt Bartel¹; Andreas J. Wild¹; Tina Koehler²; Franziska Steiner³; Shu-Yin Tung⁴; Andrea Carminati²; Carsten W. Mueller⁵; Alix Vidal⁶; Sebastian Wolfrum⁴; Barbara Eder⁴; Jennifer Groth⁴; Wouter Vahl⁴; Johanna Pausch¹; Tillmann Lueders¹

¹ University of Bayreuth; ² ETH (Zurich); ³ Technical University of Munich; ⁴ Bavarian State Research Center for Agriculture (LfL); ⁵ University of Copenhagen; ⁶ Wageningen University & Research

Drought tolerance has become a key property of crop plants under ongoing anthropogenic climate change. Many plants form a mutualistic relationship with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), which improve the access of their host to nutrients and water. Understanding and fostering the interaction between crops and AMF seems of promise to improve crop performance under drought. Here, we aim to reveal distinctions between varieties of *Zea mays* L. in their overall mycorrhization and mycorrhizal responsiveness to drought. We hypothesize that mycorrhizal plasticity differs between landraces and modern breeds of maize.

For a general (non-species specific) assessment of AMF abundance, we have adapted a novel method based on quantitative PCR (qPCR) for use with *Z. mays*. In brief, the method measures the amount of AMF DNA relative to the amount of plant DNA present in a sample. Using samples from greenhouse and field trials, we compared AMF abundances for a range of twelve *Z. mays* varieties, grown under well-watered and water reduced conditions.

Mycorrhization rates differed between maize varieties. Hybrid breeds showed higher overall mycorrhization compared to other varieties. The response to drought contrasted between greenhouse and field conditions. While we observed increased mycorrhization under water-reduced conditions in the field trial, the opposite pattern occurred under the conditions of the greenhouse experiment.

We show that the qPCR approach offers a viable alternative to conventional microscopy-based methods for AMF quantification, with better reproducibility, avoidance of observer bias and higher throughput. The response of AMF to drought seems complex. While the increase in abundance under field conditions might be an adaptation which improves water availability to the plant, under certain conditions, other factors than drought seem to have a stronger influence on AMF abundance. Since AMF also have a key role in phosphorus provision, differences in plant demand for phosphorus between treatments might explain some of the patterns observed here.

Functional groups of nematode grazers affect carbon and energy flow in the soil microbiome

Miriam van Bommel¹; Fatemeh Dehghani Mohammad Abadi²; Evgenia Blagodatskaya²; Liliane Ruesch¹

¹ Humboldt Universität zu Berlin; ² Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ

Soil ecosystems are driven by carbon (C), nutrient and energy (E) flows, which are essential for biogeochemical cycles. In particular, the organisms in the soil microbiome are channeling these fluxes. However, only few attempts were made to link microbial traits and functional groups of faunal grazers to heat and CO₂ production (i.e. thermodynamics). Among these microbiota, nematodes are the most abundant and diverse multi-cellular organisms, with functional groups at each trophic level of the micro-food web. Nematode metabolic footprints, trait-based measurements of morphological (body mass) and physiological (respiration) characters, correlate with environmental properties and mirror e.g., the responsiveness to resource pulses. Nematodes are therefore an ideal model group to assess the C flux to and activity of higher trophic levels in the microbiome and to relate this to E dissipation.

This study investigates the C pools and fluxes in the nematode micro-food web using microcosms with circulating airflow. For this, a sandy loam soil was spiked with maize litter with or without ¹³C label; the control soil did not receive litter. The natural microbiome was amended with nematodes, i.e. the bacterial-feeder *Acrobelodius buetschlii*, the fungal feeder *Aphelenchoides saprophilus* or no nematodes. Soil respiration (CO₂) was measured regularly. C pools were calculated via $\delta^{13}\text{C}$ signatures of CO₂. 5 destructive samplings at 4, 8, 16 and 32 days after litter application were performed to determine heat release, microbial biomass and PLFAs to establish microbial succession and functional niche partitioning. The addition of substrate initially increased CO₂ release. Respiration peaked at different times, depending on the presence of nematode functional groups, with the treatment without nematodes showing the slowest response. Calorimetric measurements bridged the activity of nematodes and E turnover. Substrate and nematode addition resulted in an increase in heat release. The pattern of heat dissipation mostly corresponded to CO₂ released. Nematode addition resulted in 2-5 times higher heat release compared to soil without nematodes. Soil amendment with maize residues smoothed the effect of nematodes. In maize-amended soil, heat release increased up to a factor of 3 to the non-amended soil. Combining these analyses allows determination of the impact of nematode grazers on the C and E flux along the bacterial and fungal decomposition channel in the soil microbiome.

Förderung der Bodenfauna und ihrer Leistungen durch angepasste Managementstrategien im Weizen- und Kartoffelanbau

Christine van Capelle¹; David-Alexander Bind²; Stefan Schrader¹

¹ Thünen Institut für Biodiversität; ² Flächenagentur Rheinland

Im Rahmen des Horizon 2020 EU-Projektes SoildiverAgro werden innovative Managementstrategien zum Bodenschutz entwickelt, die die Bodenbiodiversität in europäischen Agrarlandschaften fördern, die von ihr erbrachten Ökosystemleistungen erhöhen, und somit dem aktuellen Trend des Biodiversitätsverlustes entgegenwirken sollen. Diese angepassten Bewirtschaftungsmaßnahmen sollen langfristig Ertragsfähigkeit, Stabilität und Resilienz der Agrarökosysteme verbessern, den Bedarf an externen Inputs verringern und zu einer nachhaltigen landwirtschaftlichen Produktion auf gesunden Böden beitragen.

Um das Potenzial verschiedener Bewirtschaftungsmethoden zum Schutz des Bodens und zur Erreichung dieser Ziele zu untersuchen und zu bewerten, werden über den Zeitraum von 2021 bis 2023 15 Fallstudien in sechs pedoklimatischen Regionen der EU durchgeführt. In der kontinentalen Region erfolgen zwei Fallstudien im konventionellen Weizenanbau sowie eine Fallstudie im ökologischen Kartoffelanbau. Im Rahmen dieser drei Studien werden die Auswirkungen der Extensivierung (Verringerung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes) sowie der Diversifizierung (Untersaatverfahren) analysiert. Neben verschiedenen Boden- und Pflanzenparametern werden die Effekte auf die Abundanz und Vielfalt der Lumbriciden und der Mikroarthropoden (Collembolen und Milben) sowie auf deren bioregulatorisches Potenzial hinsichtlich der Unterdrückung phytopathogener Pilze (*Fusarium* und *Alternaria*) und des Abbaus ihrer Mykotoxine (z. B. Deoxynivalenol und Zearalenon) erfasst. Diese Ökosystemleistung ist für die Erhaltung der Pflanzen- und Bodengesundheit von wesentlicher Bedeutung und kann langfristig zu einer Verringerung des Fungizideinsatzes beitragen.

Die Ergebnisse der ersten beiden Versuchsjahre belegen, dass sich insbesondere die Diversifizierung durch Untersaaten positiv auf die Abundanz und Vielfalt der Bodentiere auswirkt. Während im ökologischen Kartoffelanbau mit Pflugeinsatz ein positiver Effekt auf die Mikroarthropoden und die Bodenparameter kurzfristig eintritt und vor allem im Anbaujahr nachzuweisen ist, reagiert das System bei konventionellem pfluglosen Weizenanbau verzögert. Hier bewirkt die Diversifizierung erst im Folgejahr einen Anstieg der Abundanz, der Diversität und der Leistung der Bodentiere (Lumbriciden, Collembolen, Milben).

Die Ergebnisse der ersten beiden Versuchsjahre werden präsentiert und vor dem Hintergrund des Bodenschutzes im Rahmen des Gesamtkonzeptes diskutiert.

Adaptation of soil microbial communities and activities as consequence or requisite for turnover of selected carbon substrates and energy sources

Denise Vonhoegen; Ubaida Yousaf; Sören Thiele-Bruhn

Universität Trier, FB VI, Bodenkunde

Over the last years, matter and energy fluxes and their linkage during microbial turnover of organic carbon substrates in soil became an important topic in soil organic matter (SOM) research. DriverPool, as part of the priority program SoilSystems, aims to develop a deeper understanding of the turnover pathways of selected hydrocarbon substrates by determining chemical and microbial mass balances, microbial adaptation and activity and energy balances by thermodynamic parameters.

Using a topsoil from a long-term farmyard manure fertilized Haplic Cambisol (fertilization experiment Dikopshof, Univ. Bonn, Germany), incubation experiments with four substrates were performed in a microcosm batch set-up. As easily degradable substrates, glucose (180 Da) and α -1,4-maltotetraose (666.6 Da) were used to assess the influence of substrate size on the process type (adaptation-oriented or growth-oriented process). For the second experiment testing starch (325 kDa) and β -1,4-cellulose, the substrate rigidity was of interest, as chemical stability plays a key role in degradation kinetics as well as carbon and energy use efficiency (CUE and EUE).

After different incubation periods subsamples were collected and for the determination of microbial adaptation and activity ^{12}C - and ^{13}C -phospholipid fatty acid (PLFA) patterns as well as enzymatic activity of exoenzymes (α - and β -glucosidase, N-acetyl-glucosaminidase, sulfatase, phosphatase, fungal peroxidase) and endoenzymatic activity (dehydrogenase) were analyzed. This enabled to identify time-resolved and substrate dependent shifts in microbial community composition and activity in reaction to the addition and turnover of the four saccharide substrates. The results help to unravel the interaction between the carbon and energy sources and microorganisms that are drivers of and/or driven by the substrate turnover. This will hypothetically end up in distinct microbial carbon and energy use channels.

Langfristige Entwicklung des Regenwurmbestandes landwirtschaftlich genutzter Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF) in Bayern (von 1985 bis 2018)

Roswitha Walter; Johannes Burmeister

LfL, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Regenwürmer reagieren auf viele Faktoren (z.B. Bewirtschaftung, Klima) und dienen in Agrarökosystemen als praxisnahe Indikatoren für ein Bodenmonitoring. Nach über 30 Jahre wurde von 80 Acker- und 18 Grünland-Bodendauerbeobachtungsflächen (BDF) in Bayern die langfristige Entwicklung der Regenwürmer unter dem Einfluss anthropogener und natürlicher Faktoren ermittelt. Die Trendanalyse erfolgte über die Diversität der Regenwürmer (Shan–non Index) und die Abundanz der tiefgrabenden Zeigerart *Lumbricus terrestris*. Beide Indikatoren sind über die seit 1985 angewandte Austreibungsmethode ausreichend robust erfassbar.

Auf den Acker-BDF war eine signifikant positive Trendentwicklung in der Diversität der Regenwürmer und in der Abundanz von *L. terrestris* feststellbar (Wilcoxon-Test $p < 0,05$). Von *L. terrestris* kam es auf 70 % der Acker-BDF zu einem positiven Trend, der auf 20 % der Acker-BDF über den linearen Trend gut erklärbar war ($R^2 > 0,3$). Die Analysen ergaben, dass die Bodenbearbeitung ein Schlüsselfaktor ist, insbesondere wenn über eine längere Zeit nicht gepflügt wurde, nahm die Zeigerart zu. Somit trug der Anstieg der jährlich pfluglos bewirtschafteten Acker-BDF von unter 20 % im Jahr 1985 auf knapp 40 % im Jahr 2018 zur positiven Entwicklung von *L. terrestris* bei.

Auf den 18 Grünland-BDF war seit 1985 für keine der beiden Indikatoren ein signifikanter Trend feststellbar. Obwohl die Anzahl der Grünland-BDF für repräsentative Aussagen zu gering sind, liefern sie wichtige Hinweise. So war zunächst ein Bestandsanstieg von *L. terrestris* bis zur dritten Probenahmeserie zu beobachten, der in der letzten und vierten Serie (2011 bis 2018) auf das Ausgangsniveau zurückfiel. Mögliche Einflüsse des Klimawandels werden diskutiert.

In der letzten Probenahmeserie wurde, um den Erfassungsgrad der Regenwürmer zu verbessern, die Austreibungsmethode um eine Handauslese erweitert. Basierend auf diesen Daten wurden mit Hilfe von Korrelationsanalysen und explorativen Modellanalysen, die den Regenwurmbestand steuernden Bewirtschaftungs- und Klimafaktoren identifiziert und daraus Empfehlungen zur gezielten Förderung von Regenwürmern und damit eines biologisch aktiven Bodens abgeleitet.

WALTER, R., BURMEISTER, J. (2022): 35 Jahre Bodendauerbeobachtung landwirtschaftlich genutzter Flächen in Bayern. Band 5: Regenwürmer. LfL Schriftenreihe 02/2022.

<https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/35-jahre-bdf-landwirtschaft-regenwuermer-lfl-schriftenreihe.pdf>

Environmental memory of microbes regulates the response of soil enzyme kinetics to extreme water events: drought-rewetting-flooding

Shang Wang¹; Duyen Thi Thu Hoang²; Luu The Anh²; Tasfia Mostafa¹; Bahar Razavi¹

¹ Kiel University; ² Vietnam National University

How environmental history mediates the response of microbial activities to dry-wet cycle (D/W) in monsoon regions is poorly investigated. Soil from Red River Delta of Vietnam was incubated for 52 days including 14 days at 20% water holding capacity (WHC) then 14 days rewetted to 60% WHC (rewetting) or 100% WHC (flooding). Kinetics of β -glucosidase, chitinase and acid phosphomonoesterase enzymes, microbial respiration, microbial biomass C and P were measured.

Activities of all soil enzymes (V_{max}) decreased by 20-42% due to drought and partially or totally recovered after two weeks rewetting or flooding. The substrate affinity (K_m) of all measured enzymes were fluctuating at initial drought and dropped down by 33-55% after 14 days prolong drought. Chitinase was the only enzyme showing the decoupling of V_{max} and K_m at the onset of drought, which implied different factors regulating enzyme synthesis and substrate affinity for N demands of microorganisms. The pulse rewetting significantly reduced catalytic efficiency (K_a) but boosted turnover time (T_t) of chitinase and β -glucosidase. Rewetting prolonged T_t as compared to flooding by the end of the experiment. Furthermore, both soil basal and substrate induced respiration were significantly inhibited by drought and recovered to the control level after rewetting. In conclusion, soil with history of D/W triggers the recovery of microbial activities after D/W cycles and rewetting generates more influences on enzyme systems while flooding induces more effects on enzyme synthesis.

The importance of root-soil contact in the soil-rhizosphere-plant continuum

Anna Wendel; Sara Bauke; Wulf Amelung; Claudia Knief

Universität Bonn

At the interface of a root with the surrounding soil several important processes take place like nutrient and water uptake and the interaction with microorganisms. However, the specific properties of this interface and its relevance for plant performance are only poorly understood, which complicates targeted management approaches.

We investigated the importance of root-soil contact in maize for plant performance, the bacterial abundance, and bacterial community composition, with a special focus on nitrogen cycling bacteria as proxies for rhizosphere nutrient cycling, using green house and field experiments combined with endoscopy of pores, amplicon sequencing, fluorescent microscopy and quantitative PCR (qPCR). To modify root-soil contact, we grew plants in treatments with artificial pores (abiogenic pores), artificial pores incubated with earthworms (biogenic pores) or a control without additional pores.

Using qPCR, microscopy and amplicon sequencing, we were able to confirm the importance of root-soil contact for the occurrence of bacteria on the root surface and the composition of the bacterial community. Root-soil contact is furthermore essential for nitrogen cycling in the rhizosphere, as nitrifying bacteria are more abundant in the rhizosphere with contact to the soil. However, root-soil contact had no effects on early plant performance in the greenhouse experiments (first 21 days after sowing). By comparison, in the field experiment covering also later growth stages, reduced root soil contact due to the presence of abiogenic pores resulted in growth deficits compared to the control, but when the interface between root and soil was enriched in nutrients, e.g., due to activity of soil fauna in biogenic pores, plant growth was restored to the level of the control. Further, the bacterial abundance is presumably enhanced as well as nutrient cycling; bacterial amplicon sequencing and qPCR-based quantification of bacterial and N-cycling population sizes is ongoing to confirm results regarding the importance of root-soil contact during later growth stages.

Our findings underline the importance of root-soil contact for rhizosphere processes and plant performance. Agricultural management should therefore aim to minimize cracks in the soil to improve root-soil contact or to restore plant performance by enhancing biological activity in pores.

Occurrence of microplastics and heavy metals in soils from organic and conventional farms and the consequences for antibiotic resistance development

Rajiv Kumar Mandal; Nayan Jyoti Gogoi; Patrik Leka; Nadine Merettig; Florian Wichern

Rhine-Waal University of Applied Sciences

Agricultural soils are considered an important sink of microplastics (MPs), which can bind with other pollutants, such as heavy metals. Further, the MPs particles form a habitat for soil microbial communities. The interplay between MPs, heavy metals and other pollutants with soil bacteria can facilitate the development and transfer of antibiotic resistance genes (ARGs). Organically managed soils, as compared to conventional soils, are expected to be less affected by organic and inorganic pollutants derived from plant protectants. Therefore, this study aimed to evaluate the influence of farm management on the prevalence of ARGs on MPs. To this end, MPs and heavy metals were extracted from soil samples, and the ARGs present on the MPs surfaces and in the bulk soil samples were isolated. Six pairs of samples from organic and conventional arable soils were collected at the lower Rhine, North Rhine-Westphalia (Germany). MPs were extracted from the soil samples using a wet sieving method, and polymer types were determined through Raman spectroscopy. Furthermore, heavy metals were quantified in the bulk soil, and microbial DNA was extracted from the soil and the MPs' surfaces. A qPCR was used to identify and quantify bacterial, fungal, and archaeal genes. In addition, intl genes were quantified to determine the presence of ARGs. There was no significant difference in the abundance of MPs in organic and conventional soil samples, which were dominated by polyethylene. The concentration of heavy metals was also similar in soil samples of organic and conventional farms. Organically managed soils revealed a slightly higher microbial abundance as compared to conventionally managed soils. However, the presence of intl was detected in some soil samples only, but in soils from both management systems. Hence, it was concluded that farm management (organic and conventional) does neither influence MPs presence nor ARG development in the investigated systems. In addition to the above, results from ongoing research on the effects of MPs-heavy metal interactions on ARGs development in soil microbial communities will be presented.

Chemical and microbial mass balances in microbial turnover of organic carbon substrates

Ubaida Yousaf; Denise Vonhoege; Sören Thiele-Bruhn

Trier University

Soil microbes play a significant role in the formation and turnover of soil organic matter (SOM). Thus, OM is metabolized by microorganisms, with one portion of it being converted into biomass and another being respired for energy. This causes an energy and matter flux that is adjusted and slowed down by ongoing recycling of the matter and residual energy. This is realized in energy use channels, resulting in biomass growth and/or necromass formation. To comprehend C turnover and sequestration in terrestrial ecosystems, further knowledge of the relationship between element cycling and energy fluxes is required. In this project, we present a conceptual overview of microorganisms as mediators of SOM production, by investigating carbon substrates with varying complexity with the same model soil (farmyard manure fertilized Luvisol; long-term fertilization experiment Dikopshof, Bonn, Germany). We investigated the effect of substrate size (Glucose — 180 Da, α -1,4-maltotetraose — 666,6 Da, starch — 325 kDa) and substrate rigidity (Starch — α -1,4 glycosidic bonds vs. cellulose — β -1,4). For the first part, we hypothesize that exoenzymes would be required to degrade any substrate greater in size than 600 Da, meaning different carbon use efficiency CUE, and thus also energy use efficiency, due to a change in the process type from growth-oriented processes — high energy flux for glucose degradation to the adaptation-oriented processes (interlinkage of energy flux networks within the system) for the larger substrate, i.e., maltotetraose and starch in this case. For the second part, we hypothesize that chemical stability impacts degradation kinetics and CUE, favouring adaptation-oriented processes. The substrates were labelled with ^{13}C to balance the turnover, identify the carbon in the functional pools, and determine kinetics. Incubation experiments were time-resolved samples and gas flux sampling and isotope selective CO_2 analysis were done. Elemental analysis of C, H, N, S, O, and P was done to calculate the stoichiometry of OM. Chloroform fumigation extraction was performed to determine microbial biomass carbon and nitrogen. In combination with further data the microbial quotient ($\text{C}_{\text{mic}}/\text{OC}$), the respiratory quotient ($q\text{CO}_2 = \text{resp.}/\text{C}_{\text{mic}}$), and CUE were calculated. Aminosugars and acids were used as markers of microbial biomass/necromass. This enabled the estimation of carbon and energy accumulation in the form of additional biomass, necromass, and metabolites.

Effect of probiotic and tillage on maize growth

Elina Zakharchenko; Oksana Datsko

Sumy National Agrarian University

The use of fertilizers and preparations based on bacteria while growing agricultural crops has increased significantly in recent years. Growth in demand for biological preparations is due to high prices for mineral fertilizers and interest in the production without the use of chemicals. Fertilizers with various strains of bacteria and fungi certified by "Organic-standard" are widely represented on the market. The effectiveness of biofertilizers in powdered form VITAMIN Q7 and in liquid form LEANUM, which are produced from ecologically clean peat and sapropel of organic origin under high pressures and low temperatures without any chemical impurities. They contain natural, or "aboriginal" bacteria of fertile soils, organic, humic and fulvic acids, amino acids and vitamins. These biofertilizers contain active strains of natural bacteria of the genera *Azotobacter*, *Bacillus* sp., *Oligotrophe*, *Pseudomonas*, *Rhizobium* and others. The effectiveness of biofertilizers was determined on the background of four ways of tillage: the control-moldboard ploughing at a depth of 25-27 cm, sweep ploughing 25-27 cm, disking 13-15 cm and 6-8 cm. Seeds maize were treated with biofertilizers and applied as foliar fertilization during the growing season. The experiment was conducted in 2019-2022 on a typical low-humus medium-loam chernozem on loess loams on the experimental field of the Sumy National Agrarian University (northern forest-steppe, Ukraine). Two hybrids Kheminhuey and Harmonium with FAO 280 and 380 from Euralis (Lidea) were used. Fertilizer in liquid form LEANUM turned out to be more effective in seed treatment than powdered analogue VITAMIN Q7. Seed treatment with Leanium liquid fertilizer and foliar one-time and two-time feeding of plants contributed to the increase in corn yield. In the wet growing season of 2022, a good result was shown by the option without seed treatment, but with the application of fertilizer per leaf twice. Thus, for Harmonium, under any variant of tillage, the area of the leaf surface increased in variants of foliar treatment. Under non-reversible tillage, an increase in leaf surface area was noted for three years' studies with the use of pre-sowing inoculation. However, under cultivation of Hemingway, only double foliar treatment of LEANUM had a positive effect on the all tillages. VITAMIN Q7 + one foliar treatment per leaf had a positive effect on the leaf surface area under non-reversible tillages.

Jahrestagung der
Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft
DBG 2023

Kommission IV

Bodenfruchtbarkeit und Pflanzenernährung

Klee als dauerhafter Lebendmulch im Getreidebau: Untersuchung zur Nitratdynamik bei unterschiedlichen N-Düngungsintensitäten

Rolf Allner¹; Andreas Gättinger²

¹ EIP Agri DaLeA; ² JLU Gießen

Lebendmulchsysteme stellen eine Form des Mischfruchtanbaus dar, bei der ein Mischungspartner über einen längeren Zeitraum während der Vegetation der Hauptfrucht vornehmlich als lebender Bodendecker fungiert. Als bodendeckende Begleitskultur werden vor allem Leguminosen (diverse Kleearten) aufgrund ihrer Fähigkeit zur symbiontischen Stickstofffixierung diskutiert. Die Untersuchung des Einflusses von Klee als Lebendmulch auf die Stickstoffdynamik eines Winterweizenbestandes erfolgte im Rahmen des EIP Agri Projektes „Dauerhafter Lebendmulch im Ackerbau“ (DaLeA). Es wurde ein Feldversuch in gespiegelten Großparzellen mit Klee als Lebendmulch im Vergleich zu einer Weizenreinsaat untersucht. Zur Erfassung des Effektes unterschiedlicher Stickstoffgaben wurde zusätzlich ein Düngungsversuch mit einer betriebsüblichen (169 kg N/ha nach DüV) und drei reduzierten N-Düngungsintensitäten (127, 84, 0 kg N/ha) angelegt. In der betriebsüblichen Variante wurden an georeferenzierten, fixen Messpunkten monatlich Bodenproben (0 – 90 cm) auf ihren Nitratgehalt untersucht, sowie die Bodenfeuchte bis auf eine Tiefe von 1 m gemessen. Zudem erfolgte im gesamten Versuch die Erfassung der Chlorophyllgehalte, der Biomasse und der Anzahl ährentragender Halme. Es konnte gezeigt werden, dass der Klee trotz seiner prinzipiellen Fähigkeit zur symbiontischen Fixierung von Luftstickstoff in einem starken Konkurrenzverhältnis zum Weizen um den im Boden verfügbaren Stickstoff stand. Dieses Konkurrenzverhältnis war unabhängig von der N-Düngungsintensität. Der Exaktdrusch ergab, dass der Lebendmulch in allen Varianten zu einem Ertragsverlust von mindestens 30 % im Vergleich zur Weizenreinsaat führte. Die Backqualitäten des Weizens aus der Lebendmulchvariante waren jedoch signifikant besser als die der Weizenreinsaat. Die Auswertung der Nmin Daten in Relation zur Bodenfeuchte zeigte, dass das Anbausystem mit Klee als Lebendmulch gut geeignet ist, um überschüssiges Nitrat über Herbst und Winter vor Auswaschung zu schützen. In der Weizenreinsaat konnte im Gegensatz zur Variante mit Lebendmulch ein starker negativer Zusammenhang zwischen Bodenfeuchte und Nitratgehalt festgestellt werden. Die Differenz der Nitratgehalte im Boden zwischen den beiden Anbausystemen betrug für den gesamten Beprobungszeitraum 62 kg N/ha. Es ist davon auszugehen, dass ein Drittel des N-Düngebedarfs des Weizens in der Biomasse des Lebendmulchs gebunden wurde, und somit nicht dem Risiko der Auswaschung unterlag.

Divergent patterns of Carbon, Nitrogen and Sulfur storage in grassland soils

Sara L. Bauke; Josephine Iser; Heike Schimmel; Dymphie J. Burger; Wulf Amelung

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Sulfur (S) in soils mainly occurs in organic forms, and its cycling should be primarily controlled by the same factors as those for carbon (C) and nitrogen (N), the other two main constituents of soil organic matter. Here, we aim to test this assumption based on a global meta-analysis of soil organic C, N and S contents. We reviewed existing literature with a focus on grassland soils as one of the major global ecosystems, including both native grasslands and managed grasslands with additional fertilization. Element concentrations and supplementary parameters (mean annual temperature and precipitation, texture, pH, soil group, management) were retrieved from the studies, while C:S and N:S element ratios were either directly obtained from the studies or calculated.

Concentrations of OC, N and S were significantly higher in pastures compared to native grassland, while the average ratios of C:N, C:S and N:S were at similar levels. However, the variation of C:S ratios was higher than for C:N ratios in both land uses. Also, C:N ratios were significantly positively correlated with mean annual precipitation and mean annual temperature, while C:S ratios were significantly negatively correlated with both parameters. We therefore suggest that the generalization of S turnover in soils being analogous to C and N turnover is false. For a better understanding of the underlying processes, we are now taking advantage of soil samples collected from native and managed grassland sites along climatic transects across Europe and North America. These samples will be analyzed for isotope ratios of the respective elements ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{34}\text{S}$) to obtain detailed insights on S cycling in organic matter turnover in relation to C and N turnover.

Greenhouse gas emissions and global warming potentials of five paludiculture plants in fen peatlands in southern Germany

Carla Bockermann; Tim Eickenscheidt; Matthias Drösler

The concept of paludicultures is growing in importance as a promising climate mitigation measure and a sustainable alternative to current agricultural use of organic soils. Besides agricultural and economic viability, quantifying the climatic effects of paludicultures is essential to give reliable policy advice and facilitate sustainable management decisions with regard to climate change. Emission factors (EFs) of the relevant greenhouse gases (GHG) carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄) and nitrous oxide (N₂O) for a variety of potential paludiculture plants are still rare, especially from comparable treatments and site conditions.

Five different temperate fen plant species (*Carex acutiformis*, *Phragmites australis*, *Phalaris arundinacea*, *Typha latifolia* and *T. angustifolia*) were established as paludicultures with one or two-cut harvest frequencies at three former grassland or arable sites on fen peatland in southern Germany. Ground water levels (gwl) were manipulated to generate a water table gradient spanning annual mean gwl between +4 to –22 cm to derive an optimum gwl for GHG mitigation. One to five years after plant establishment, we measured fluxes of CO₂, CH₄ and N₂O to obtain annual budgets (n=81 / 43 rewetted: gwl +4 to –10 cm, 38 moderately rewetted: gwl –11 to –22 cm) using manual and automatic closed chambers. Besides gas flux measurements, we observed vegetation growth parameters (LAI, NDVI) and biomass yield from harvests. The resulting mean global warming potentials are $-13.0 \pm 13.9 \text{ t CO}_2\text{-eq ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ under rewetted conditions (annual mean gwl $\geq -10 \text{ cm}$) and $-1.0 \pm 9.8 \text{ t CO}_2\text{-eq ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ under moderately rewetted conditions (annual mean gwl $< -10 \text{ cm}$). Our dataset revealed that a maximum mitigation potential of paludicultures is achieved at a gwl of –7 cm. These values represent the first EFs of paludicultures for potential integration into the German national GHG inventory.

Quantifizierung von gasförmigen Ammoniak-Verlusten beim Einsatz synthetischer Stickstoffdünger

Julian Brokötter¹; Nicolas Brüggemann²; Christian Brümmer³; Heinz Flessa³; Jonas Fröhl⁴; Hannah Götze³; Paul Heinemann⁵; Martin Kaupenjohann⁶; Alexander Kelsch²; Björn Kemmann⁶; Insa Kühling¹; Sina Kukowski³; Andreas Pacholski³; Sandra Riesch⁷; Reiner Ruser⁴; Henning Kage¹

¹ Christian-Albrechts-Universität zu Kiel - Institute of Crop Science and Plant Breeding; ² Forschungszentrum Jülich (IEK-STE); ³ Thünen-Institut für Agrarklimaschutz ; ⁴ Universität Hohenheim - Institut für Kulturpflanzenwissenschaften; ⁵ TU München; ⁶ Technische Universität Berlin; ⁷ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)

Ammoniak (NH₃)-Emissionen aus agrarischen Produktionssystemen stellen die moderne Landwirtschaft vor Herausforderungen. So führen sie zu Stickstoffverlusten bei der Düngerapplikation, belasten die Umwelt und die menschliche Gesundheit und tragen zu indirekten Lachgasemissionen bei. Die Ausbringung synthetischer Stickstoffdünger zählt, neben der Applikation organischer Dünger und der Tierhaltung, zu den bedeutendsten Quellen für NH₃-Emissionen des Agrarsektors (Ti et al., 2019).

Im Rahmen des Verbundprojektes „NH₃-Min“, welches das Ziel verfolgt NH₃-Emissionen bei der Applikation synthetischer Stickstoffdünger zu quantifizieren und Möglichkeiten zur Steigerung der Stickstoffeffizienz zu identifizieren, wurden auf acht Standorten in ganz Deutschland identische NH₃-Emissionsuntersuchungen durchgeführt. Die Versuche fanden in den Jahren 2021 und 2022 statt. Es wurden Standorte wurde nach unterschiedlichen Boden- und Klimaparametern ausgewählt. So variierte die Bodenart zwischen den Standorten von ca. 75 % Sand und 6 % Ton bis 13 % Sand und 53 % Ton.

Auf jedem Standort wurden acht gängige synthetische Stickstoffdünger (Harnstoff (HS), Kalkammonsalpeter (KAS), Ammonium-Nitrat-Harnstoff-Lösung (AHL), Ammoniumsulfat-Harnstoff (ASH), Harnstoff mit Ureaseinhibitor, Harnstoff mit Urease- und Nitrifikationsinhibitor, AHL mit Ureaseinhibitor) in einem Winterweizenbestand (RGT Reform A) in randomisierten Blockanlagen mit vierfacher Wiederholung untersucht. Die Höhe der aufgetragenen Düngermenge wurde nach Düngeverordnung (DüV) berechnet und in drei Teilgaben gesplittet (Vegetationsbeginn, Schossen, Ährenschieben). Im Anschluss an jede Teilgaben wurden täglich NH₃-Emissionen mithilfe von Passivsammlern (Säurefallen, Alpha-Sampler (CEH)) gemessen. Parallel wurden kontinuierlich meteorologische Daten erhoben und Bodenproben in regelmäßigen Abständen genommen. Mithilfe der Open-Source Software WindTrax (Thunder Beach Scientific) wurden anschließend die Emissionswerte aus den NH₃-Proben modelliert.

Erste Auswertungen der Alpha-Sampler ergaben für mit Harnstoff gedüngte Flächen einen kumulierten Stickstoffverlust durch Ammoniakausgasungen von bis zu 20 %, der gedüngten Menge nach einzelnen Teilgaben. Dabei konnten auch Unterschiede zwischen den Düngevarianten und den Standorten beobachtet werden.

Ti, C.; Xia, L.; Chang, S. X.; Yan, X.; (2019): Potential for mitigating global agricultural ammonia emissions: A meta-analysis; Environmental Pollution, Volume 245, p. 141-148

Treibhausgasbilanz für einen vollständigen Produktionszyklus einer Sphagnum-Paludikultur auf ehemaligem Hochmoorgrünland in Deutschland

Caroline Daun¹; Vytas Huth¹; Greta Gaudig²; Anke Günther³; Matthias Krebs²; Gerald Jurasinski²

¹ Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät; ² Universität Greifswald; ³ Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern

Der Anbau von Torfmoosen auf wiedervernässten Mooren (= Sphagnum-Paludikultur) ist eine vielversprechende Alternative zur entwässerungsbasierten Landnutzung, da die Produktionsfunktion erhalten bleibt und gleichzeitig die Treibhausgasemissionen (THG) verringert werden. Bislang fehlen jedoch Studien zum Treibhausgasaustausch, die das gesamte Produktionssystem und einen vollständigen Produktionszyklus abdecken. Daher haben wir Daten aus der Etablierungsphase (2011-2013) mit Daten aus der Produktionsphase (2017-2018) einer siebenjährigen Sphagnum-Paludikultur in Nordwestdeutschland kombiniert und die Ernte berücksichtigt. Der THG-Austausch wurde auf allen Elementen des Produktionssystems (Sphagnum-Produktionsfelder, Gräben, Fahrdämme) mit manuellen Haubenmessungen erfasst. Über den gesamten Produktionszyklus stellten die Sphagnum-Produktionsfelder Netto-THG-Senken mit $-3,2 \pm 4,2 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ (in CO₂-eq) dar, während die Gräben und Fahrdämme THG-Quellen mit $13,8 \pm 11,5$ bzw. $29,3 \pm 9,8 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ waren. Korrigiert um den Flächenanteil der einzelnen Elemente des Produktionssystems und unter Einbeziehung der teilweisen Ernte des Torfmooses (in Trockenmasse) von $\sim 13,8 \pm 0,6 \text{ t ha}^{-1}$ war die Sphagnum-Paludikultur eine Netto-THG-Quelle von $10,7 \pm 4,6 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ und reduzierte damit die Netto-THG-Emissionen um $\sim 20 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ im Vergleich zu Grünland auf entwässerten organischen Böden. Pro Tonne geernteter Trockenbiomasse hat die Sphagnum-Paludikultur $9,9 \pm 4,6 \text{ t CO}_2\text{-eq}$ emittiert. Aufgrund ihres hohen Flächenanteils trugen die Fahrdämme am stärksten zur Nettoerwärmung bei, was eine Reduzierung der Fahrdammfläche in zukünftigen Sphagnum-Paludikulturen nahelegt. Ein realistischer zukünftiger "best practice" Ansatz umfasst deshalb Flächenanteile von 80 % Sphagnum-Produktionsfeldern, 5 % Gräben, 15 % Fahrdämmen sowie einer vollständigen Biomasseernte, wobei die oberen 5 cm des geernteten Torfmoosrasens vor Ort für die Neuansaat der Sphagnum-Produktionsfelder verwendet werden. Dieser Ansatz reduziert die CO₂-Äquivalent-Emissionen der Sphagnum-Paludikultur auf bis zu $4,3 \pm 1,9 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ bzw. $0,9 \pm 2,1 \text{ t}$ pro Tonne geerntete Trockenmasse.

Auswirkungen der Anwendung von Roggenmulch auf Bodenklima und Treibhausgasemissionen im Kopfkohlanbau

Bryan Dix¹; Michael Hauschild¹; Wiebke Niether¹; Andreas Gattinger

¹ JLU Giessen

Die Landwirtschaft spielt eine Schlüsselrolle bei der Bekämpfung des Klimawandels, da sie sowohl zu den Hauptverursachern als auch zu den Sektoren gehört, die am stärksten von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen ist. Mulchen, das Aufbringen einer Schicht organischen Materials auf landwirtschaftlich genutzte Böden, ist eine Praktik, um die Evaporation und Erosion des Bodens zu mindern und die Erträge zu steigern. Während das Mulchen in den letzten Jahren zu einem beliebten Forschungsthema wurde, ist wenig darüber bekannt, welche Auswirkungen das Mulchen auf den Klimawandel nimmt. In einem 2x2-faktoriellen Experiment in einem Weißkohlfeld mit Roggenmulch und Unterfußdüngung mit einem ammoniumreichen Düngemittel als Faktoren wurden Lachgasemissionen (N_2O) sowie relevante Bodenparameter wie mineralischer Bodenstickstoffgehalt, Bodentemperatur und Bodenfeuchtigkeit über einen Zeitraum von 267 Tagen wöchentlich gemessen. Die N_2O -Emissionen nahmen nur bei der Düngung zu. Die Bodenparameter änderten sich unter Mulch drastisch, mit deutlich höheren Bodenwassergehalten und stabileren Bodentemperaturen in den gemulchten Systemen. Gleichzeitig stiegen die Erträge sowohl durch Düngung als auch bei Mulchanwendung. Unsere Ergebnisse deuten darauf hin, dass das Mulchen mit einem weiten C/N-Verhältnis für den Gemüseanbau von Vorteil sein kann, da die veränderten Bodenparameter für die Klimaanpassung von Vorteil sind und gleichzeitig nicht zu erhöhten Treibhausgasemissionen führen.

Restoration of afforested peatland: immediate effects on peatland-atmosphere carbon and water exchanges

Simon Drollinger¹; Daniel Schwindt¹; Birgitta Putzenlechner²; Timo Lehmann²; Lindsay Holsen¹; Daniela Sauer¹

¹ Department of Physical Geography, Institute of Geography, University of Göttingen; ² Department of Cartography, GIS and Remote Sensing, Institute of Geography, University of Göttingen

In contrast to pristine peatlands, drained peatlands have been identified as hotspots of greenhouse gas (GHG) emissions. Projections suggest that, due to severe human impacts, peatlands worldwide will shift from a global net GHG sink to a source in the near future, causing positive radiative forcing. Peatlands are also a relevant climate factor in Germany, accounting for ~7.2 % of the annual GHG emissions. Thus, restoration of peatlands constitutes an effective nature-based climate change mitigation measure. Accordingly, as a society, we need to ask ourselves whether we should restore afforested peatlands on a large scale to mitigate climate change. To allow for more careful consideration and to identify the measures providing the most effective changes in each ecosystem, the benefits of restoration must be contrasted with the initial investments and future losses when the land is taken out of economic production. Thus, a deep understanding of the effects of forest peatland restoration and its underlying processes across ecosystems and time scales is essential.

Here we present a dataset of two years of eddy covariance-derived carbon dioxide, methane and water vapour fluxes of a clear-cut forest peatland during early stages of restoration in the Solling mountains, Lower Saxony. We found large amounts of carbon to be released from the peatland to the atmosphere. This is due to extraordinarily high ecosystem respiration but low gross primary production rates and minimal methane emissions. Calculations of GHG fluxes are complemented by UAV flights, geophysical measurements and soil analyses to disentangle the spatio-temporal variability of influencing factors. We relate results of repeated electrical resistivity tomography to soil properties and discuss the effects of their spatial heterogeneity on gas fluxes. True colour orthophotos obtained from repeated UAV flights have been successfully used to delimit vegetation units and changes in plant composition with ongoing plant succession. Thermal images are used to assess fine-scale differences in soil moisture based on variations in heat capacity of different matter and to evaluate their potential to model and upscale spatio-temporal trends of thermal characteristics and ecosystem respiration in unprecedented detail. Finally, we evaluate underlying factors of GHG fluxes, discuss implications of restoration measures and outline potential future developments.

Do winter cover crops contribute to climate protection in agriculture?

Heinz Flessa¹; Rene Dechow¹; Mirjam Helfrich¹; Simone Merl²; Daria Seitz³; Roland Fuß⁴; Thomas Rübiger⁵; Dr. Insa Kühling⁵; Michaela Schlathölter⁶; Henning Kage⁷

¹ Thünen-Institut für Agrarklimaschutz ; ² Thünen-Institut für Agrarklimaschutz; ³ Thünen-Institut für Agrarklimaschutz; ⁴ Thünen-Institut für Agrarklimaschutz; ⁵ Christian-Albrechts-Universität Kiel; ⁶ Petersen Saatzeit ; ⁷ Christian-Albrechts Universität Kiel

Cover crops are recommended to reduce nitrate leaching and soil erosion. Their effects on climate protection are less clear. We present results on the effects of different over winter cover crops (saia oat, spring vetch, winter rye, oil radish, and bare fallow as control) before cropping of silage maize in spring on different aspects of climate protection and evaluate potentials of winter cover crops for greenhouse gas mitigation in German arable cropping systems. Soil mineral N dynamics, N₂O emission, and N uptake and yield of cover crops and maize were determined in replicated year-round field plot experiments. In addition, we modelled the effect winter cover crops on soil organic carbon (SOC) stocks using a model ensemble consisting of RothC and C-Tool.

Mean above ground cover crop N yields before winter (e.g. in December) were 45 to 50 kg N ha⁻¹. The amount of mineral N fixed in cover crop biomass and the associated changes in soil nitrate reflect the potential to reduce over winter nitrate leaching and related indirect N₂O emission. Cover crops tended to increase direct N₂O emission over winter, even if this effect was significant only at one of our four experimental sites. Increased emissions occurred following freeze off of frost sensitive cover crops and following cover crop incorporation in spring. Total N₂O emission during the subsequent maize period (from seeding to harvest of silage maize) was also increased by cover crops (significant for winter rye and saia oat). Cover crops (i.e. oil radish, winter rye, saia oat) increased total annual N₂O emission that varied from 0.7 to 3.0 kg N₂O-N ha⁻¹ and also maize yield related N₂O emission. Modelling of SOC changes and results from long term experiments indicate that growing winter cover crops every third year is associated with a mean annual increase of soil organic carbon in the range of 0.05 to 1.5 t C ha⁻¹. However, this soil organic carbon accumulation is limited in time and reversible.

All in all, our results show that growing cover crops has positive and negative effects on greenhouse gas emission. It appeared to be not the most efficient way to reduce greenhouse gas emission of arable cropping systems but it is a measure with many valuable synergies in the fields of soil protection, groundwater protection and biodiversity.

Klimaneutrales Deutschland 2045: Herausforderungen für das THG-Monitoring

Roland Fuß¹; Andreas Gensior; Cora Vos

¹ Thünen Institut

Sowohl die EU als auch Deutschland haben sich ambitionierte Klimaschutzziele gegeben. Diese beziehen explizit auch den Sektor Landwirtschaft und den Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft (LULUCF) mit ein. Klimaneutralität kann nur erreicht werden, wenn unvermeidbare Treibhausgasemissionen kompensiert werden. Dies bedeutet, dass die Emissionen der Landwirtschaft radikal gemindert werden müssen und die Sequestrierungsleistung des LULUCF-Sektors nachhaltig gesichert und stark erhöht werden muss.

Erfolgreiche Klimapolitik benötigt eine belastbare Datengrundlage. Diese liefert die nationale Emissionsberichterstattung. Die Abbildung der Wirkung von Minderungsmaßnahmen stellt dabei große Herausforderungen an die Wissenschaft und insbesondere auch die Bodenkunde. Offene Forschungsfragen existieren insbesondere bei der Modellierung von Bodenkohlenstoff und der Abbildung von Maßnahmen. Ziel des Beitrags ist es, diese Forschungsfragen aus der Perspektive der Emissionsberichterstattung zu erörtern und so das Bewusstsein der bodenkundlichen Gemeinschaft für diese zu stärken.

Soil sensing and crop models to support yield prediction at high spatial resolution

Siyu Huang¹; Pablo Rosso¹; Sebastian Vogel²; Eric Bönecke³; Robin Gebbers⁴; Claas Nendel¹

¹ Leibniz Center for Agricultural Landscape Research (ZALF); ² Leibniz Institute for Agricultural Engineering and Bioeconomy e.V. (ATB); ³ Leibniz Institute of Vegetable and Ornamental Crops (IGZ); ⁴ Martin-Luther University Halle-Wittenberg

Precision agriculture can contribute to sustainable crop and soil management by optimizing the use of resources and minimizing negative environmental impacts. It is especially important under the challenges of climate change and the conflict between increasing food demand and environmental damage. However, these detailed spatial and temporal management require precise knowledge of the soil heterogeneity within the field and reliable predictions on water and nitrogen dynamics in the plant soil system.

In this study, we present a procedure of applying high-resolution soil maps, generated by proximal soil sensors, into a crop model to estimate resource demands with respect to possible yield outcomes under different climate scenarios.

Two crop fields in Brandenburg, Germany, were used in this study. One field near Booßen, sown with maize and winter rye, was uniformly managed and used to test both the accuracy of the estimated soil maps and the impact of the soil mapping on the final yield prediction. Another field near Hermersdorf, sown with winter rye, was subjected to site-specific management with the goal of assessing the effect of soil heterogeneity on predicted yield under different climate scenarios.

Mobile soil sensor platforms developed for the purpose of this study were used to produce high-resolution sensor maps (mainly electric conductivity, spectroscopy and Gamma-ray activity), which, combined with reference soil laboratory measurements were translated into maps of soil hydraulic parameters and organic matter. These maps were then input into the crop model “Hermes” to generate high-resolution yield prediction maps, which were a) compared with measured yield in Booßen to evaluate the soil sensor data, and b) used to assess the impact of different climate scenarios in Hermersdorf.

Results showed that the predicted yield variability across the field at Booßen was substantially lower than the measured yield variability. Highly variable and dynamic soil properties, such as ground water levels, that had a strong impact on yield prediction, might have been incorporated into the model with insufficient temporal and spatial accuracy. Results in Hermersdorf suggest that dryer climate conditions exacerbate the natural variations in soil water retention capacity, making site-specific management more relevant.

Effect of inhibited urea-ammonium-sulfate to increase the nitrogen use efficiency and to reduce nitrous oxide losses after N fertilization

Jakob Kein; Susanne Geisinger; Reiner Ruser; Torsten Müller

Universität Hohenheim

To meet future challenges like climate change and the pollution of ecosystems, the efficient use of mineral N-fertilizers is crucial. N-fertilization stimulates the release of the greenhouse relevant trace gas nitrous oxide (N_2O) from agricultural soils and thus fuels the contribution of arable farming to the anthropogenic greenhouse effect. N_2O is also involved in stratospheric ozone depletion.

Urea fertilizers are the most frequently used N-fertilizers world-wide, with a growing portion also on the German market as e.g., urea ammonium sulfate (UAS) being a young N-fertilizer currently available. Main goal of the project "Win-N" is to quantify the performance of UAS on the yield of renewable crops, on the N use efficiency as well as on the N_2O release. Due to the high ammonia losses associated with urea fertilizers, it is foreseeable, that the broadcast application of UAS has to be coupled with an urease-inhibitor (UI) in the near future.

We setup a plot experiment on a Haplic Luvisol near Hohenheim with silage maize, winter wheat and winter barley and the following treatments: unfertilized control, UAS, UAS+UI, and UAS with an UI and with a nitrification inhibitor (UAS+UI+NI). N_2O emissions were determined at least weekly over a period of two years.

Weather conditions during the growing seasons varied considerably, with the second year being characterized by less rainfall and higher temperatures.

In both years, increased N_2O fluxes were measured after N-fertilization in combination with rainfall, after re-wetting of dry soil, harvest and following soil tillage. Due to the different weather conditions, crop yield and the annual N_2O emissions varied tremendously (0.1 - 4.2 kg N_2O -N ha⁻¹ a⁻¹) with the lowest emissions in the unfertilized control. Though not always statistically significant, under both, wet (1st year) and dry conditions (2nd year), the addition of a NI was effective to decrease cumulative N_2O emissions in all crops investigated. Mean N_2O -reduction over all crops and years was 34.8 %. Besides that, under wet conditions, also the addition of an UI decreased cumulative N_2O emissions in silage maize. Crop yield was not affected among the fertilized treatments and N-use-efficiency only tended to increase with inhibitor application in the second year in winter wheat and silage maize.

More detailed results will be presented in the presentation.

BODIUM - a systemic approach to model the dynamics of soil functions: interacting effects at the root-soil-interface

Sara König¹; Ulrich Weller¹; Bibiana Betancur-Corredor²; Birgit Lang²; Thomas Reitz¹; Martin Wiesmeier³; Ute Wollschläger¹; Hans-Jörg Vogel¹

¹ Helmholtz Centre for Environmental Research - UFZ; ² Senckenberg Museum of Natural History Görlitz; ³ TUM Technical University of Munich

The increasing demand for biomass for food, animal feed, fiber and bioenergy requires optimization of soil productivity, while, at the same time, protecting other soil functions such as nutrient cycling and buffering, carbon storage, habitat for biological activity, and water filter and storage. Therefore, one of the main challenges for sustainable agriculture is to produce high yields while maintaining all the other soil functions. Mechanistic simulation models are an essential tool for predicting soil functions as well as the complex interactions between these functions.

Here, we present our process-based systemic model BODIUM which integrates biological, physical and chemical processes in soil and at the soil-root interface to predict the effect of management activities on soil functions on the field scale. We first present simulations of a long-term field experiment to validate our model along the different soil functions. Then we apply different management scenarios to show the potential of our model for explorative scenario simulations, including tillage, different organic fertilizer treatments, and cover crops. We focus on the interactions of roots with soil structure and related water and nutrient dynamics.

Finally, we discuss ongoing model developments to further extend BODIUM such as the implementation of grassland, bioturbation, phosphorous dynamics, and fungal-bacterial interactions.

Modellierung der Nitratverlagerung zur Abschätzung indirekter Lachgasverluste in Winterzwischenfrüchten

Insa Kühling¹; Katja Holzhauser¹; Henning Kage

¹ Universität zu Kiel

Mit dem Anbau von Zwischenfrüchten können vielfältige positive Wirkungen in Ackerbausystemen erzielt werden: Verringerung der Nitratauswaschung, Erosionsschutz oder Erhöhung der Biodiversität. Weniger gut quantifiziert sind die Effekte auf die Treibhausgas (THG)-Emissionen in Form von direkten und indirekten Lachgasemissionen sowie auf mögliche Düngereffekte der Folgefrucht und den Bodenkohlenstoffgehalt. Für eine umfassende Bewertung der Klimawirkung von Zwischenfruchtanbausystemen müssen die standortspezifischen Emissionen, das Minderungspotential in Form von vermiedenen indirekten Emissionen aus Nitratverlagerung sowie durch potenzielle Düngereinsparung der Folgekulturen und das langfristige Kohlenstoffsequestrierungspotential berücksichtigt werden. Insbesondere für die Lachgasverluste werden häufig vereinfachte Abschätzungen mit linearen Faktoren (IPCC) für komplexe Zusammenhänge herangezogen. Mit Hilfe dynamischer Pflanzenwachstumsmodelle lassen sich auf Basis von Feldversuchsdaten kontinuierliche Verläufe dieser direkten und indirekten Stickstoffverlustpfade simulieren. Dadurch werden die Gesamtverluste präzisiert und eine differenzierte und standortspezifische Gesamtbewertung der Umwelteffekte ermöglicht. Versuchsdaten aus einem vierjährigen Verbundprojekt dienten zur Parametrisierung eines dynamischen Boden-Pflanze-Atmosphäre-Modells für Zwischenfrüchte in der Modellumgebung HUME (Kage & Stützel 1999). Es wurden vier verschiedene Winterzwischenfrüchte (Ölrettich, Rauhafer, Sommerwicke, Winterroggen) aus unterschiedlichen funktionalen Gruppen (Wurzelarchitektur, Winterhärte, N-Fixierung) jeweils im Vergleich zur Brache ohne Bewuchs an vier Standorten in Deutschland (Kiel, Uelzen, Göttingen, Hohenheim) modelliert. Die Ergebnisse von jeweils 30-jährigen Simulationen zeigten, dass auf den verlagerungsgefährdeten Sandstandorten im Norden in Summe die positiven Effekte des Zwischenfruchtanbaus überwogen, mit hoher Sensitivität der Nitratverluste. Bei insgesamt höheren THG-Emissionen auf den südlichen Lössstandorten wurden die direkten Lachgasemissionen und Wirkung auf den N-Düngerbedarf der Folgefrüchte als wichtigste Stellschrauben identifiziert. Dies führte zu unterschiedlicher Vorzüglichkeit zur Minimierung der THG-Effekte von Ölrettich/Rauhafer auf sandigen und Wicke/Rauhafer auf lehmigen Standorten.

Kage H, Stützel H (1999) HUME: an object oriented component library for generic modular modelling of dynamic systems. Model Crop Syst 2–3

Klimaschützer Waldboden - wie verändert sich die wichtigste Methansenke?

Verena Lang¹; Peter Hartmann¹; Alexander Schengel¹; Valentin Gartiser¹; Martin Maier²

¹ Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg; ² Georg-August Universität Göttingen

Methanotrophe Bakterien sind im Stande Methan (CH_4) aus der Atmosphäre aufzunehmen. Sie finden sich vor allem in Waldböden, wodurch durch diese die wichtigste terrestrische Senke für Methan darstellen. Während landwirtschaftlichen Fläche diese Methansenkenfunktion durch den negativen Effekt der Stickstoffdüngung auf die Methanotrophie teilweise verloren haben, gilt die Methansenkenfunktion von Waldböden als intakt. Unterschiede in der Senkenleistung verschiedener Landnutzungsarten sowie kurzfristige Einflussfaktoren auf die Methanaufnahme sind gut erforscht. Da die meist genutzte Methodik zur Erfassung des Methanflusses energie- und personalintensive Kammermessungen sind, existieren nur sehr wenige Langzeitmessungen, insbesondere von Waldböden. Über langfristige Auswirkungen und Klimawandelfolgen auf die Methansenkenleistung ist daher wenig bekannt.

Im langfristigen forstlichen Umweltmonitoring der Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA-BW) wird seit mehr als 20 Jahren in einem monatlichen Intervall auf 13 Wald-Monitoringflächen (ICP Forest Level II) in Südwestdeutschland die Bodenluft inklusive des Methangehalts in verschiedenen Tiefenstufen gemessen. Diese für das Langzeitmonitoring gut geeignete Methode ermöglichte die durchgehende Beprobung seit 1998 bzw. 2010. Aus den Konzentrationsgradienten lässt sich über die Gradientenmethode der Methanfluss bestimmen. Um diese berechneten Flüsse zu präzisieren, wurde 2021/2022 über 1.5 Jahre parallel zur Sammlung von Gasproben Kammermessungen durchgeführt. Durch den Vergleich der Flüsse beider Messmethoden wird eine Validierung der Langzeitmessreihen ermöglicht.

Erste Auswertungen unserer Standorte zeigen bisher unbedeutende Veränderungen der Methanabnahme in den letzten 20 Jahre. Damit stehen unsere Ergebnisse im Gegensatz zu Studienergebnissen aus den USA (Ni & Groffman, 2018), welche über einen dramatischen Rückgang der Methanaufnahme in Waldböden um 53-89 % berichten, den sie in den letzten 20 Jahren an vier Standorten in den USA beobachtet haben. Eine Trendabschätzung für alle untersuchten südwestdeutschen Standorte und die Analyse bedeutender Einflussfaktoren auf die langzeitliche Methanentwicklung werden vorgestellt.

Referenzen:

Ni, X., Groffman P.M. 2018. Declines in methane uptake in forest soils. PNAS 115 (34) 8587-8590

Pore scale modeling of the influence of roots on soil aggregation in the rhizosphere

Maximilian Rötzer; Alexander Prechtel; Nadja Ray¹

¹ Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt

We present a mechanistic, spatially and temporally explicit microscale model to investigate the interactions between a growing root, its exudates and the soil structure. Our model allows us to simultaneously simulate and study the dynamic rearrangement of soil particles, the input and turnover of organic matter, the root growth and decay, as well as the deposition, redistribution and decomposition of mucilage into the rhizosphere. The interactions between these components are realized within a cellular automaton framework. Mechanistic rules lead to the formation and break-up of soil structures. The most stable configuration is determined by the amount and attractivity of surface contacts between the particles. Alteration of surface types due to addition and decomposition of organic matter and the root growth induced movements of particles result in varying aggregation dynamics over time and space.

We illustrate the capability of our model by simulating the growth and shrinkage period of a fine root in a two-dimensional, horizontal cross section through the soil. We evaluate various scenarios to identify the impact of the root and further influencing factors that shape soil aggregation in the rhizosphere. More precisely, we address how the soil structure formation is influenced by soil texture and the amount of mucilage. We quantify the variations in local porosity due to the change in available pore space as influenced by the root growth. We further identify attractive properties of the soil surface induced by root exudation as key factors for the creation of stable soil structures.

Interactions between soil type, soil moisture, litter quality, and N availability control processes contributing to NO, N₂O, and N₂ formation during initial litter decomposition

Pauline Sophie Rummel¹; Paulina Englert¹; Lukas Beule²; Victoria Nasser³; Johanna Pausch⁴; Klaus Dittert³

¹ Georg-August-Universität Göttingen; ² Julius Kühn-Institut (JKI) Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen; ³ Georg-August Universität Göttingen; ⁴ Universität Bayreuth

Returning of crop residues is common agricultural management to prevent nutrient losses and increase soil fertility. However, acceleration of N- and C-cycling processes often lead to increased losses of greenhouse gases. Litter and soil organic matter (SOM) turnover increase microbial respiration, and thus O₂ demand. This may lead to formation of local hotspots with anoxic or microoxic conditions providing favorable conditions for denitrifiers.

As denitrification is controlled by many interacting factors, disentangling the effect of a single factor under field conditions is challenging. Thus, we conducted a series of laboratory incubation experiments under controlled conditions with variation of either soil type, soil moisture, litter type, or N availability. We compared soils with different texture and SOM content (arable and grassland), soil moisture (50-70 % WFPS), and litter quality (C:N ratio 9-82). CO₂, NO, N₂O, and N₂ were measured continuously and we applied the N₂O isotopocule mapping approach to distinguish between N₂O emitting processes. Soil water extractable organic C and inorganic N were measured in parallel samples. At the end of the experiment, microbial biomass, abundance of bacteria, fungi, and N-cycling genes were assessed.

Litter addition significantly increased CO₂, N₂O, and N₂ losses irrespective of litter quality, soil moisture or soil type/SOM content. Under O₂-limiting conditions, bacterial denitrification was the main source of gaseous N losses. CO₂ and N₂O or N₂O+N₂ fluxes were strongly positively correlated confirming that easily degradable C promoted denitrification. This relationship was not true for wheat straw which led to high CO₂ losses but low N₂O+N₂ losses. N addition decreased CO₂ losses but increased N₂O and N₂ losses in all litter treatments. The effect decreased with increasing litter C:N but changes in the N₂O/(N₂O+N₂) ratio were not consistent among litter types.

Under moderate soil moisture, interactions between litter degradation and SOM turnover affected the time course and processes contributing to NO and N₂O formation. The NO/N₂O ratio indicated contribution of both nitrification and denitrification in the grassland soil. Isotopocule mapping confirmed contribution of different processes depending on soil type, moisture, and litter addition. In the grassland soil, fungal denitrification contributed to N₂O formation after litter addition, while nitrification contributed to N₂O formation without litter addition.

Einfluss von Gesteinsmehlen und Pflanzenkohle auf die C-Sequestrierung in einem Ackerboden

Katrin Schwarz¹; Kurt Möller; Martine Schraml; Thilo Rennert; Sven Marhan

¹ Universität Hohenheim, Stuttgart

Silikatische Gesteine können bei ihrer Verwitterung CO₂ durch Ausfällung von Carbonaten und Bildung gelöster Carbonate binden. Durch die beschleunigte Verwitterung von fein vermahlenden Gesteinen, sogenannten Gesteinsmehlen, soll durch Vergrößerung der reaktiven Oberfläche der natürliche Verwitterungsprozess verkürzt werden. In einem 178 Tage andauernden Mikrokosmenversuch wurde das Potential zweier Gesteinsmehle (Wollastonit, Diabas) zur CO₂-Bindung untersucht. Zusätzlich wurde eine Variante mit einer pyrolysierten Pflanzenkohle getestet, da Pflanzenkohle ebenfalls einen Beitrag zur C-Sequestrierung leisten kann und ihr weitere nützliche Effekte auf verschiedene Bodenfunktionen zugeschrieben werden. Erstmals wurde in diesem Experiment Pflanzenkohle mit Gesteinsmehlen in Boden ausgebracht. Erwartet wurde hierbei, dass die Pflanzenkohle als Habitat für Mikroorganismen einen positiven Einfluss auf die CO₂-Bindung durch die Gesteinsmehle nimmt. Während der Einsatz des Gesteinsmehls Wollastonit allein bereits eine Verringerung der CO₂-Ausgasung aus dem Boden zeigte, wurde in den Kombinationsvarianten eine zusätzliche Verringerung der CO₂-Emissionen aus dem Boden festgestellt. Allerdings konnte die Einsparung der Emissionen in den Gesteinsmehlvarianten nicht vollständig durch einen erhöhten Austrag des anorganischen Kohlenstoffs innerhalb der Bodenlösung erklärt werden. Eine fortschreitende Verwitterung der Gesteinsmehle bestätigte sich durch erhöhte Konzentrationen an Calcium, Magnesium und Silizium in den Bodenlösungen, welche jedoch bei dem kombinierten Einsatz mit Pflanzenkohle signifikant verringert wurden. Pflanzenkohle und Wollastonit wirkten sich positiv auf die mikrobielle Biomasse im Boden aus, während Diabas keinen Effekt auf Bodenmikroorganismen zeigte.

Räumliche Verteilung bodenbedingter NH₃-Verlustrisiken durch Harnstoffdüngung von Ackerböden

Oliver Spott¹; Thomas Ohnemus²; Enrico Thiel¹

¹ SKW Stickstoffwerke Piesteritz GmbH; ² Helmholtz - Zentrum für Umweltforschung - UFZ

Aufgrund seines hohen Stickstoffgehaltes nimmt Harnstoff im globalen Maßstab eine Schlüsselposition unter den mineralischen Stickstoffdüngern ein. Hinsichtlich seines besonderen Abbauchemismus im Boden weist er im Gegensatz zu anderen Düngerformen jedoch ein erhöhtes Risiko für NH₃-Verluste auf. Eine weitere Optimierung des Harnstoffdüngereinsatzes hinsichtlich der Minderung potentieller NH₃-Verluste ist dementsprechend ökologisch wie ökonomisch sinnvoll.

In Laboruntersuchungen konnte gezeigt werden, dass Ackerböden sehr unterschiedlich hinsichtlich ihres NH₃-Verlustrisikos nach Harnstoffdüngung reagieren. Die Untersuchung der Bodeneigenschaften ergab, dass vor allem die Kationenaustauschkapazität (KAK) als primäre Steuergröße der im Labor ermittelten NH₃-Verlustpotentiale agiert. Der ermittelte Zusammenhang geht sehr wahrscheinlich auf ihre regulierende Funktion hinsichtlich der Bodenlösungskonzentration von NH₄⁺ (und damit auch NH₃) zurück. Eine hohe KAK resultiert dementsprechend in einem geringen NH₃-Verlustrisiko und vice versa, wobei der Zusammenhang stark nicht-linear ist. Überlagert wird dieser Primärzusammenhang durch den Ausgangs-pH-Wert des Bodens sowie dem Gehalt an organischem Kohlenstoff. Als ursächlich kann hierbei ihre regulierende Funktion hinsichtlich der Entwicklung des Boden-pH-Wertes während der Harnstoff Hydrolyse angenommen werden. Beide Sekundär-Steuergrößen wirken dabei antagonistisch zueinander, so dass niedrige Ausgangs-pH-Werte und/oder hohe Corg-Gehalte in einem verminderten NH₃-Verlustrisiko resultieren.

Zur Erfassung der räumlichen Verteilung der bodenbedingten NH₃-Verlustrisiken bei Harnstoffdüngung von Ackerböden wurden zwei prozessorientierte Prognose-Modelle entwickelt (PAL 1 & 2). Aufgrund eingeschränkter Datenverfügbarkeit konnte aktuell nur das Modell PAL 1 zur Regionalisierung bodenbedingter NH₃-Verlustrisiken bei Harnstoffdüngung verwendet werden. Im Ergebnis zeigt sich, dass innerhalb Deutschlands regional stark differenzierte NH₃-Verlustrisiken bezüglich Harnstoffdüngung vorliegen. Während vor allem in Nord- und Ostdeutschland von einem erhöhten NH₃-Verlustrisiko auszugehen ist, besteht in Mittel- und Süddeutschland nur ein sehr geringes Risiko für NH₃-Verluste. Die auf diese Weise regionalisierten NH₃-Verlustrisiken von Ackerböden sollen zukünftig genutzt werden, um die Optimierung des Harnstoffdüngereinsatzes auf Basis regional adaptierter Düngestrategien weiter voranzutreiben (siehe BMEL Projekt StaPrax-Regio).

Nitratabbau in der ungesättigten Sickerwasserzone unterhalb des Wurzelraums landwirtschaftlich genutzter Böden im Köthener Ackerland (Sachsen-Anhalt)

Nadine Tauchnitz¹; Michael Steininger²; Franz Schild von Spannenberg³; Eyk Hasselwander³; Matthias Schrödter⁴

¹ Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt; ² Mitteldeutsches Institut für angewandte Standortkunde und Bodenschutz, Halle; ³ G.U.T. Gesellschaft für Umweltsanierungs-Technologien mbH; ⁴ Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt

Nitrat-Einträge in das Grundwasser aus landwirtschaftlich genutzten Böden sollten durch eine effiziente und bedarfsgerechte Düngung sowie optimierte Fruchtfolgegestaltung und Bewirtschaftung möglichst vermieden werden. Dabei sind die Einflussfaktoren auf das Risiko einer Nitratauswaschung sehr komplex. Über die Bedeutung der ungesättigten Zone für die Reduzierung von Nitrat-Einträgen in das Grundwasser liegen bisher zu wenig Erkenntnisse vor, um die Maßnahmen zum Grundwasserschutz standortdifferenzierter und damit auch effizienter einzusetzen.

Im Projekt wurden die Verlagerung von Nitrat sowie der Nitratabbau in der ungesättigten Zone anhand wiederholter Tiefenprofiluntersuchungen mittels der Nitrat-/Chlorid-Tiefenverteilung an ausgewählten landwirtschaftlich genutzten Standorten mit unterschiedlichen Bodeneigenschaften erfasst. Um das Potential des Nitratabbaus zu beurteilen, wurde zudem die Verfügbarkeit mikrobiell nutzbarer Kohlenstoff-Quellen sowie anderer Elektronendonatoren als Voraussetzung für die Denitrifikation geprüft. Begleitend zum Projekt wurden die Bewirtschaftungsdaten (Fruchtfolge, Düngung, Schlagbilanzen, Bodenbearbeitung, etc.) der Flächen ausgewertet sowie die Stickstoffnachlieferung aus der Mineralisation bestimmt, um die Wirkungszusammenhänge zwischen der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung und der Nitrataustragsgefährdung der Standorte besser zu verstehen und geeignete Maßnahmen für eine Verbesserung der Grundwasserqualität umzusetzen. In vorliegendem Beitrag werden erste Ergebnisse der Untersuchungen vorgestellt.

Systems modelling approach to sustainable soil management

Enli Wang

CSIRO, Australia

Soils provide the structural support, water and nutrients for plants in nature and are considered to be the foundation of agriculture production. Improving soil quality and soil health has been advocated as the goal of soil management toward sustainable agricultural intensification. There have been renewed efforts to define and quantify soil health but establishing a consensus on the key indicators remains difficult.

We argue that such difficulties may be partly due to the former ways of thinking in soil management which largely focus on soil properties alone. A systems approach is promoted, which treats soils as a key component of agricultural production systems. In such systems context soil quality must be quantified in terms of crop productivity and impacts on ecosystems services that are also strongly driven by climate and management interventions. Soil-plant system modelling captures the interactions of the key processes and drivers in the soil-plant-atmosphere continuum to quantify how they determine productivity and environmental outcomes. It thus enables evaluation of options for enhancing production while minimizing the detrimental impact on environments (e.g. GHG emissions, N leaching etc.). It also helps to quantify the value and quality of soils. In this systems context, soil management must be an integral part of systems management that also include managing the crops and cropping systems under specific climatic conditions, with cognizance of future climate change.

I will use the farming systems model APSIM together with examples to illustrate how modelling is used to integrate data and knowledge and applied to help in the design of practices that increase crop productivity while reducing environmental footprints on a given soil or a range of soils across climatic regions. Examples are also given to demonstrate how systems modelling helped to inversely predict hard-to-measure soil functional properties (e.g. PAWC), to serve as knowledge domain for data-based modelling (e.g. machine learning), and to facilitate knowledge integration from frontier research in related disciplines (e.g. functional genomics and soil microbiology) to enhance future modelling research.

Global Soil Moisture Thresholds of Transpiration are Controlled by Soil Hydraulic Conductivity

Fabian Wankmüller¹; Louis Delval²; Andrea Cecere²; Peter Lehmann¹; Mathieu Javaux²; Andrea Carminati¹

¹ Institute of Terrestrial Ecosystems, Department of Environmental Systems Science, ETH Zurich, Switzerland; ² Earth and Life Institute, Environmental Sciences, UCLouvain, Belgium

At a critical soil water content (θ_{crit}), terrestrial ecosystem fluxes at the soil-vegetation-atmosphere interface transition from energy into water limitation. Understanding and predicting soil, plant and atmospheric mechanisms that control θ_{crit} are central to interpreting and predicting impacts of drought on ecosystems, including the associated feedbacks to carbon and hydrological cycle. Thanks to the existing monitoring networks, θ_{crit} can now be estimated globally across soils, biomes and climates. However, the mechanisms and key parameters that explain θ_{crit} as a result of soil-, plant-, and climate-interaction remain elusive. Here, we show that the soil hydraulic conductivity function determines mean and variability of θ_{crit} . The underlying concept to calculate θ_{crit} assumes that soil moisture limitation of transpiration is triggered by a loss in soil hydraulic conductivity around the roots. Taking soil-specific hydraulic properties into account, our soil-plant hydraulic model predicts the observed mean and variance of θ_{crit} as a function of soil textural classes. In coarse textured soils, θ_{crit} is small due to the lower absolute soil hydraulic conductivity and its steeper decline with soil drying compared to fine textured soils. The increasing variability of θ_{crit} in fine-textured soils is explained by (i) the wide range of hydraulic conductivity values for similar soil textures as a result of soil structure formation and (ii) by the higher sensitivity to plant traits and climate for soils with less steep hydraulic conductivity curves (i.e., loamy soils). The corresponding critical soil matric potential (h_{crit}) is also soil texture specific, and it covers a broad range of values, from values close to field capacity in sandy soils (h_{crit} ca. -100 hPa) to values close to the wilting point in clay soils (h_{crit} ca. -1 MPa). The model implies that climate change has a smaller effect on θ_{crit} in sandy soils, suggesting that soil texture modulates climate effects on water use and photosynthesis globally. Overall, our results prove the prominent role of soil hydraulic conductivity for water limitation of ecosystem fluxes and for plants' potential to adjust to water limitations subject to alterations due to climate change.

Sulphur availability in two Norway spruce stands with contrasting atmospheric deposition levels in the past – Evidence from foliar and soil analysis

Jeroen H. T. Zethof¹; Stefan Julich²; Karl-Heinz Feger¹; Dorit Julich³

¹ TU Dresden; ² Eberswalde University for Sustainable Development; ³ Saxon State Office for Environment, Agriculture, and Geology

During the 1950-1990's forests in Central Europe were strongly affected by atmospheric sulphur (S) deposition. Subsequent studies focussed on the polluting effect of S. Since then many forest sites have been regularly limed to mitigate soil acidification associated with S deposition. However, a recent survey revealed that foliar S contents are decreasing, most notable in Norway spruce (*Picea abies*) stands, indicating that S is shifting from a pollutant towards a potentially deficient nutrient. Consequently, the S nutritional status in forest ecosystems is increasingly relying on internal S cycling (from mineralisation).

We studied the impact of elevated S stocks, as legacy pool of former S deposition, on nutrient cycling in the O-layer and top mineral soil under Norway spruce. Forest stands with former very high atmospheric S deposition (Altenberg, Eastern Ore Mts., Germany; former "Black triangle") were compared with a comparable forest stand with only very low atmospheric S inputs (Davos, Central Alps, Switzerland). At the Altenberg site, part of the area was regularly limed, as is common practice in the region, while another part was only limed once. Samples were taken from the O-layer and top mineral soil to quantify microbial biomass C/N/S contents and to determine the nutrient stocks and stoichiometry in the soils.

Foliar S contents indicate that sulphur is slightly deficient at Davos, while the S availability supply at Altenberg is higher. Subsequently we found that S in microbial biomass was relatively high in both the O-layer and top mineral soil at Davos, following the hypothesis that S is stored in the microbial biomass when it's not easily available. While a similar observation was made in the organic layer at Altenberg, results indicated that sulphur is still easily available to soil microbes in the mineral soil.

Jahrestagung der
Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft
DBG 2023

Kommission V
Bodengenetik,
Bodensystematik,
Bodeninformation

Sediment sequences along the Aue river as archives of Holocene erosion-sedimentation dynamics in southern Lower Saxony, Central Germany

Obaida Assida; Daniel Schwindt; Daniela Sauer

Georg-August-Universität Göttingen, Geographisches Institut

Alluvial and colluvial sediments represent a valuable archive of landscape development. Using this archive, we aimed to reconstruct the Holocene erosion-sedimentation dynamics in the catchment of the Aue river, a tributary to the Leine river in southern Lower Saxony, with an area of about 112 km². Our goal was to establish a chronology of phases of varying sedimentation rates, and to determine the underlying driving factors. This catchment is particularly suitable for this purpose, because its loess-covered slopes are highly prone to erosion, thus responding highly sensitively to land-use change, while subrosion along the valley (due to soluble salts at some depth) makes the floodplain an efficient sediment trap that accumulated an unusually thick sediment sequence.

Based on a high-resolution DEM and field observation, the catchment was divided into several sub-catchments: (1) the main Aue catchment, having the widest floodplain and thickest deposits; (2) the Eboldshausen sub-catchment, having a narrow alluvial plain; (3) the Westerhof sub-catchment, including a paleolake; (4) the Düderode sub-catchment having a v-shaped valley and no distinct alluvial plain. We described 70 drill cores (mostly reaching 5-6 m depth) along the floodplain, across adjacent slopes, and from the paleolake. 50 samples (mostly charcoal or plant fragments) were subjected to radiocarbon dating to create a chronological framework of the different erosion/sedimentation phases.

We found a very low to negligible sedimentation rate during the early Holocene. The mid-Holocene witnessed a slight increase in sedimentation rate within the main Aue catchment. At that time, the Pleistocene fluvial gravel was covered by sandy deposits, followed by alluvial loam. The sediments of the paleolake area in the Westerhof sub-catchment, consisting of alternating peat and lacustrine sediments, show high mid-Holocene sedimentation activity.

The late Holocene, especially after 3800 cal BP (Iron age), witnessed a significant increase in sedimentation rates in the main Aue catchment. However, the maximum geomorphological changes started in the high Medieval time, after 1200 cal BP, and lasted until the modern period, with deposition of up to 3-5 m alluvial loam in some parts of the catchment. Increasing human activities in the catchment since the Iron age played the main role in driving these changes in the geomorphological dynamics.

The BonaRes Repository: Publishing a soil data collection

Maureen Fonji Atemkeng; Carsten Hoffmann; Nikolai Svoboda; Xenia Specka

Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF)

Researchers create and save many remarkable data in agriculture and soil research in diverse formats and storage facilities. Due to an increased awareness on the importance of data publication, this trend is changing. However, because of improper publication, research data is sometimes inaccessible to other scientists. Thus, data is underutilized and study results are unreproducible. In addition, funding organizations and some journals require research data publication in accredited repositories, which is increasingly important for scientists' reputations.

The BonaRes Repository publishes soil and agricultural research data since 2017. All data are well described with metadata following the BonaRes Metadata Scheme, a combination of the Data Cite and INRPIRE schemes that has been enhanced to foster scientific reuse. Apart from soil and agricultural research data, a particular emphasis is placed on data from agricultural Long-Term Experiments (LTE) and soil profile data. The repository is open to publish national and international soil and agricultural research data.

The BonaRes Repository adheres to a data publication workflow throughout the data life cycle. This workflow is always being improved and streamlined in exchange and communication with researchers. The repository is intended to make data search easier using the sophisticated web based user interface and to allow scientists to find and reuse published data.

Researchers are concerned with data reuse and publication in terms of licenses, data privacy, embargo, metadata description, data organization, etc. The Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF) as a publisher, organises regular workshops and coffee lectures to address these concerns. Regular trainings, combined with an updated and simplified data publication workflow, have increased the number of DOI issued every year.

This paper will show the development of DOI publications during the years, and illustrate how to publish a soil data collection with a single DOI to improve data findability, accessibility, interoperability, and reusability, while highlighting the importance of author's and related identifiers.

Konzept zur Identifizierung, Bewertung und Regionalisierung klimasensitiver Böden der AG Boden

Albrecht Bauriegel¹; Einar Eberhardt²; Klaus-Jörg Hartmann³

¹ LBGR Brandenburg; ² Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR); ³ Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt

Gegenwärtig ist die Diskussion zu klimabedingten Auswirkungen auf die Böden stark auf die organischen Böden und deren herausgehobenen Funktion als C-Senke bzw. Quelle fokussiert.

Aus Sicht der AG Boden handelt es sich hierbei zwar um einen Schwerpunkt, nicht aber um das insgesamt breitere Spektrum klimasensitiver Böden. Hierunter sollten alle Böden verstanden werden, die durch den Klimawandel in der Erfüllung ihrer Bodenfunktionen beeinflusst bzw. deren Zustand, Eigenschaften und Potentiale sich merklich verändern werden. Als Beispiele seien Änderungen der Produktionsfunktion, Wasserkapazität oder Erosionsgefährdung genannt. Eine gegründete Arbeitsgruppe „Bestimmung klimasensitiver Böden“ widmet sich den Schwerpunkten:

1. Entwicklung methodischer Kriterien zur Identifizierung klimasensitiver Böden und Regionalisierung auf Grundlage der BÜK 200 als publizierte digitale Karte.
2. Erstellung eines Berichts an den DK mit Beschreibung der aktuellen Situation auf Grundlage der BÜK 200 sowie gegebenenfalls Betrachtung und Beurteilung erforderlicher Maßnahmen hinsichtlich größermaßstäbiger Grundlagen

Erste Ergebnissen sollen in dem eingereichten Beitrag vorgestellt und diskutiert werden.

Erarbeitung einer bundesweiten, länderübergreifenden, kleinmaßstäbige Bodenfunktionsbewertung

Olaf Düwel; Edzard Hangen; Henrik Helbig; Arvid Markert; Walter Martin; Kirstin Marx; Dorte Pflanz; Heinz Peter Schrey; Bernd Siemer; Robin Stadtmann; C. Florian Stange; Steffen Werner

BOVA, AG Boden

Um die Inanspruchnahme von Böden bei bundesweiten Vorhaben wie dem Netzausbau gezielt zu lenken und Beeinträchtigungen des Schutzgutes Boden zu minimieren, besteht Bedarf für eine kleinmaßstäbliche (1:500.000/ 1:200.000 / 1:100.000) länderübergreifende Bodenfunktionsbewertung (BFB). Bisher liegen seitens der staatlichen Verwaltung keine länderübergreifend abgestimmten BFB für diesen Maßstabsbereich vor. Zudem soll mit bundesweiten thematischen Kartendarstellungen auf Grundlage der BÜK200 Aufmerksamkeit und Akzeptanz geweckt werden, um dem Schutzgut Boden bessere Sichtbarkeit zu geben.

Die bundesweite Bewertung soll wie die bei den Bundesländern vorhandenen Bewertungen auf den Bodenfunktionen nach BBodSchG aufbauen, dabei wird sich auf die natürlichen Funktionen und die Archivfunktion beschränkt. Diese werden durch einzelne Teilfunktionen berücksichtigt, die mit einem Kriterium (berechnet aus Kennwerten, bzw. Bodenparametern) beschrieben werden. Ergänzend können auch Empfindlichkeiten von Böden hinzu genommen werden. Um die Bewertung deutschlandweit anwenden zu können, sollen die eingehenden Bodenparameter in der Datenbank der BÜK200 vorhanden sein. Neben der Bewertung der Boden(teil)funktionen bedarf es einer zusammenfassenden Bewertung. Dies dient unter anderem dazu Böden gemäß ihrer gesamtheitlichen Funktionserfüllung einzustufen. Eine Zusammenfassung ist auch notwendig, um bei der Abwägung mit anderen Schutzgüter Berücksichtigung zu finden.

In einem Vortrag sollen die Ergebnisse der Arbeit dargestellt werden und so die Möglichkeit zur Diskussion gegeben werden.

Satellitendaten für eine Verbesserung der räumlichen und zeitlichen Übertragbarkeit von Digital Soil Mapping.

Tom Broeg¹; Stefan Erasmi¹; Philipp Saggau¹; Thomas Scholten²; Steffen Seitz²; Ruhollah Taghizadeh-Mehrjardi²

¹ Thünen-Institut für Betriebswirtschaft; ² Eberhard Karls Universität Tübingen

Akkurate Karten über den Gehalt der organischen Bodensubstanz (OBS) in Ackerböden sind eine Voraussetzung für die Umsetzung und Evaluierung klimawirksamer Maßnahmen. Für die digitale Bodenkartierung (Digital Soil Mapping: DSM) werden u. a. Daten aus digitalen Geländemodellen, Klimaparametern und Informationen aus Bodendatenbanken und -karten verwendet. In den letzten Jahren wurde ebenfalls verstärkt zur Integration von Fernerkundungsdaten geforscht, welche in Form von Bodenkompositen für die Modellierung von Ackerböden verwendet werden können. DSM-Modelle werden jedoch für einen bestimmten Datensatz und eine bestimmte Region trainiert und lassen bisher nur begrenzt auf andere Regionen übertragen. In dieser Studie wurde getestet, inwiefern Satellitendaten– (mit einer hohen räumlichen Auflösung) die Übertragbarkeit von DSM-Modellen verbessern können. Um einen Vergleich zu ermöglichen, wurden hierfür die Übertragbarkeit von fünf verschiedenen Kovariatengruppen separat getestet: multispektrale Bodenkomposite (Satellit), klassische Bodenkarten (Boden), Derivate aus digitalen Höhenmodellen (Gelände), Klimaparameter (Klima) und Modelle mit einer Kombination aus allen Kovariaten (Kombiniert). Die Übertragbarkeit wurde anhand von Bodendaten aus Bayern und Baden-Württemberg bestimmt. Zunächst wurden Kontrollmodelle für jedes Bundesland trainiert und ausgewertet, wobei kombinierte Modelle in beiden Fällen am besten abschnitten. Anschließend wurden die Modelle übertragen und mit Bodenproben aus dem anderen Bundesland validiert, dessen Daten für das Modelltraining nicht verwendet wurden. Die Ergebnisse zeigen, dass ausschließlich Modelle auf Basis von Satellitendaten erfolgreich in das jeweilig andere Bundesland übertragen werden konnten. Unser Experiment unterstreicht somit die Bedeutung der Fernerkundung für die Steigerung der Übertragbarkeit und Genauigkeit von DSM-Modellen. Mit dem laufenden Projekt „KlimaFern“ des Thünen-Institutes werden die Methoden zur Erstellung von Bodenkompositen weiterentwickelt und auf hochauflösende Satellitenzeitreihen angewendet. Auf Basis von Bodenproben der „Bodenzustandserhebung Landwirtschaft“ (BZE-LW) wird ein dreidimensionaler Datenwürfel generiert, auf dessen Grundlage Veränderungen der OBS abgeschätzt und kartiert werden können. Durch die Optimierung der zeitlichen Übertragbarkeit der Modelle ist es somit möglich, Trends mit einer hohen räumlichen Auflösung nachzuvollziehen.

Intensity of human impact on soils of the Krasnaya Gorka site (Transbaikal region, Southern Siberia) since the emergency of pottery in the Late Pleistocene-Early Holocene transition, assessed by biogeochemical analyses

Wolfgang Zech¹; Darima Andreeva²; Natalia Tsydenova²; Michael Zech³; Ulrich Hambach¹; Sönke Szidat⁴; Gary Salazar⁴; Marcel Bliedtner⁵; Roland Zech⁵; Michaela Dippold⁶; Tobias Bromm⁷; Bruno Glaser⁷

¹ University Bayreuth; ² Russian Academy of Sciences, Siberian Branch; ³ Technische Universität Dresden; ⁴ University of Bern; ⁵ Friedrich Schiller University; ⁶ University of Tübingen; ⁷ Martin Luther University Halle-Wittenberg

Early pottery at the Krasnaya Gorka site documents an occupation phase starting at ca. 13.9 14C cal. ka BP. The objective of our study was to reconstruct the intensity of human impact on soils under the harsh environmental conditions of the late Pleistocene climate in the Transbaikal region and to find out why people occupied this site. We compared an artifact-rich Pretic Phaeozem, located on the northern bank close to Lake Bol'shoe Eravnoe, with an artifact-free Haplic Phaeozem, nearby. The analytical results show that the Pretic Phaeozem is enriched in total organic carbon, black carbon, Pt, K, Mg, human and horse faecal biomarkers. High $\delta^{15}\text{N}$ values (up to 15.2‰) and their positive correlation with $\delta^{34}\text{S}$ (6.2 – 7.6‰, $R = 0.84$) may indicate freshwater fish consumption. Decreasing alkane ratios $(\text{nC}_{31} + \text{nC}_{33}) / (\text{nC}_{27} + \text{nC}_{29})$ in the subsoils let assume that at the beginning of human occupation at ca. 14-13 14C cal. ka BP the forest cover was denser than at present, reflecting the Allerød interstadial. We conclude that due to the prevailing harsh climatic conditions and due to a low population density, the Krasnaya Gorka site was less intensively settled, mostly during summer time for fishing, compared to Terra Preta in tropical Amazonia or similar anthropogenic dark earths in Europe.

Formen neuer Bodenbildung in urbanen Regionen

Wolfgang Burghardt

Universität Duisburg-Essen/Fakultät für Biologie

Die bisherige Kennzeichnung von Stadtböden erfolgt sehr stark auf der Grundlage des Vorkommens von technogenen Substraten. Dem wurde mit der neuen KA 6 Rechnung getragen. Bezeichnungen von Stadtböden als Technosole haben entsprechend Eingang in Bodenklassifikationen gefunden. Damit wird jedoch nur ein begrenztes Spektrum an Merkmalen zur Kennzeichnung und Klassifikation der neuartigen Böden der Stadt-, Industrie und Bergbaugebiete genutzt. Zu beachten ist, dass in Städten viele Böden ihr naturnahes Aussehen behalten haben, sich aber unter der jeweiligen städtisch bedingten Umwelt nicht bilden würden. Diese Böden sind Relikte, z.B. relikte Gleye nach Grundwasserabsenkung. Durch die verbreitete Bodenbewegung durch Baumaßnahmen sind Böden häufig überdeckt worden und damit fossil. Viele der technogenen Substrate sind durch Behandlung mit sehr hohen Temperaturen entstanden. Infolge des Verlustes ihrer kristallinen Eigenschaften können sie schnell verwittern. Beispiele sind Schlacken und Beton aus Calciumsilikaten. Bodenbildungen werden sehr stark von ihrer Oberfläche ausgehend beeinflusst, wie durch Vegetation und Klima. Auf unbefestigten Wegen kommt eine flache, aber starke Turbation durch Begehen und -fahren hinzu. Bebauung von Flächen führt zur extrem starken Verdichtung des Feinbodens, die mehrschichtig sehr tief reichen kann. Nicht nur unter dem Einfluss von Niederschlägen kommt es zu Stoffverlagerungen. Auch unter Straßendecken sind diese bei zirkulierende Wasserbewegungen möglich. Straßendecken führen zur Luftabschluss und damit zu Reduktionsprozessen. Eine bedeutende Rolle spielen in Stadtgebieten Stäube, die aus Emissionen von Industrie, Verkehr und Baumaßnahmen oder Bodenabwehungen stammen, mit Schadstoffen belastet sein können und auf den vielen glatten Oberflächen der Stadt weit verlagert werden und zu Bodendecken mit spezifischen Textur und Stoffeigenschaften akkumulieren. Poren- und holraumreiche Oberbodenschichten wie bei grobsandigen Füllungen zwischen Pflastersteinen und -platten oder bei Gleisschottern, werden mit Stäuben aufgefüllt und bilden ein neues Bodensystem aus feinem und groben Lockergestein. Partiiell werden Stadtböden durch hohe Gehalte an Skelett geprägt. Es stellt sich die Frage, wie dies Prozesse der Bodenbildung durch Stoffverlagerung beeinflusst. Wie die vorgestellten Beispiele zeigen, lassen sich Stadtböden differenzierter kennzeichnen und damit taxonomisch, funktional und ökologisch klassifizieren als es bisher geschieht.

Potential of new EnMAP spaceborne hyperspectral data for the determination of surface soil properties and spatial mapping

Sabine Chabrillat¹; Robert Milewski²; Kathrin Ward²; Saskia Foerster²; Christopher Loy²; Diana Boy³; Jens Boy³; Georg Guggenberger³

¹ GFZ Potsdam und Leibniz Universität Hannover; ² GFZ German Research Centre for Geosciences; ³ Leibniz Universität Hannover

There is nowadays a renewed awareness of the finite nature of the world's soil resources. Regular assessments of soil conditions from local through to global scales are requested, and there is a clear demand for accurate, up-to-date and spatially referenced soil information by the modelling scientific community, farmers and land users, and policy- and decision-makers. Soil and imaging spectroscopy (hyperspectral imagery), based on visible-near-infrared and shortwave infrared spectral reflectance from 400–2500 nm, has been shown to be a proven method for the quantitative prediction of key soil properties. Soil spectroscopy at remote sensing scale would be able to provide quantitative spatial representation of surface soil data at local and regional scale. Currently, with the launch of new spaceborne hyperspectral missions relevant for soil mapping and with open data policy such as PRISMA (ASI, launch 2019) and EnMAP (DLR, launch 2022), a high potential for global soil mapping and monitoring is appearing. Nevertheless, some methodological and technical challenges and gaps are observed and the real potential of spaceborne hyperspectral is still to be fully demonstrated.

The Environmental Mapping and Analysis Program (EnMAP) is a new spaceborne German hyperspectral satellite mission, whose primary goal is to generate accurate information on bio- and geo-physical properties of the Earth's ecosystems for the monitoring of environmental changes, ecosystem responses to human activities, and management of natural resources such as soils and minerals. The EnMAP was launched in April 2022 from Cap Canaveral and since November 2022, EnMAP data archives are available on the web and new Earth observation acquisitions can be acquired upon request through the EnMAP portal.

We aim to present the status of the EnMAP mission and demonstrate in a few case studies in different environments (e.g. Germany, Spain, Greece, Atacama) capabilities and potential of spaceborne hyperspectral imaging for the spatial mapping of surface soil properties. Preliminary analyses over early EnMAP imagery from summer 2022 over the Camarena (Central Spain) and Aminteo (Northern Greece) cropland areas show that we are able to determine percent organic matter, clay and carbonate content with reasonable accuracy based on pixel-wise detection of bare dry soil pixels and application of Partial Least Square analyses over the soil pixels.

Wissensvermittlung über Moorböden durch das MoorInformationsSystem (MoorIS) Niedersachsen

George Laurentiu Constantin¹; Martha Graf²; Katharina Hauck-Bramsiepe²; Lennard Heidberg³; Heinrich Höper²; Jutta Zeitz¹

¹ Albrecht-Daniel-Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Lebenswissenschaftliche Fakultät, Humboldt-Universität zu Berlin; ² Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie; ³ Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und N

Das MoorInformationsSystem (MoorIS) Niedersachsen (<https://mooris-niedersachsen.de/>), Baustein des Programms „Niedersächsische Moorlandschaften“, wurde als Internetplattform konzipiert. Durch die Webseite werden fachübergreifende Informationen zur Geschichte, Nutzung, Schutz und Zustand der niedersächsischen Moore für unterschiedliche Akteure im Moorschutz bereitgestellt. Dabei werden Entwicklung, Zustand und Kartierung der Moorböden eingehend thematisiert.

Der Schwerpunkt von MoorIS liegt in der gebündelten Bereitstellung landesweiter Geodaten mit Relevanz für den Moorschutz, darunter auch von bodenkundlichen Daten und Karten. Auf diese Weise soll der Zugang zu bislang eher verstreut vorliegenden planungsrelevanten Geodaten für zuständige Behörden, Träger- und Bearbeiter*innen von Moorschutzvorhaben erleichtert werden.

Das MoorIS stellt behördenübergreifende Daten und Informationen zu den niedersächsischen Mooren zur Verfügung. Diese umfassen neben landesweiten kartographischen Aufbereitungen und Bohrungen auch Übersichten und Informationen über Mooregebiete und -projekte, sowie Arbeitshilfen für Moormanagementoptionen. Ergänzt wird dies durch moorkundliche Erläuterungen und Ausführungen zur Nutzung und Geschichte der niedersächsischen Moore.

Ein zentrales Thema der MoorIS-Internetplattform ist die Entwicklung und Bereitstellung von Standards zur Moorkartierung. In Zusammenarbeit mit WIKIMooS, einem Projekt der Humboldt-Universität zu Berlin, wurden Videos zur Bestimmung des Zustands von Moorsubstraten und -horizonten gedreht. Insgesamt wurden zehn Videos produziert. Zwei sind allgemeine Videos über die Wichtigkeit der Moore und die Änderungen im Torf nach Entwässerung und Nutzung. Die restlichen acht Videos enthalten Anleitungen für die bodenkundliche Kartierung, z.B. zur Durchführung der Flachschrufmethode, der Horizontansprache und der Quetschprobe nach von Post. Diese Videos sollen zusammen mit dem WIKIMooS-Feldbuch auch Laien ermöglichen eine bodenkundliche Moorkartierung durchzuführen.

Durch die Erarbeitung und Verbreitung von standardisierten Methoden bei der Moorkartierung soll die Qualität und Übertragbarkeit der lokalen Daten erhöht werden. Das Ziel ist, künftig gewonnene Daten aus Moorkartierungen in die Moorbohrungsdatenbank des MoorIS einzuspeisen.

Schwarzerderelikte im Rheinland aus archäologischer Sicht - eine Bilanz

Renate Gerlach¹; Eileen Eckmeier²; Dominik Brill³

¹ LVR-Amt für Bodendenkmalpflege im Rheinland; ² Universität CAU zu Kiel ; ³ Universität zu Köln

Lange Zeit wurden dunkle Bodenhorizonte, die bei Grabungen im Untergrund der rheinischen Lößböden freigelegt wurden, als Überreste einer ehemals flächig verbreiteten, natürlich entstandenen Schwarzerde angesehen. Eine solche fruchtbare Schwarzerde sollte diesem Modell zufolge, der Boden gewesen sein den die ersten bäuerlichen Siedler, die Bandkeramiker, hier vorfanden und nutzten (ab ca. 5.000 BC). Großflächige Grabungsmaßnahmen (u.a. Pipeline Begleitungen) enthüllten aber eine inselhafte Verbreitung und einen Zusammenhang der dunklen Horizonte mit archäologischen Strukturen, wie Gruben, Schlitzgruben und Baumwürfen ("Schwarzerde- Ensemble"). Wegen Ihrer Fundleere wurden die Befunde häufig nicht als solche erkannt, sondern als natürliche Strukturen angesehen.

Die Grabungsbeobachtungen führten zu dem Verdacht, dass es sich bei dem "Schwarzerde-Ensemble" tatsächlich um Artefakte handelt. Dies konnte durch naturwissenschaftliche Untersuchungen und Datierungen (Radiocarbon und OSL) in das Neolithikum untermauert werden.

Es ist vor allem pyrogener Kohlenstoff, der für die dunkle Färbung verantwortlich ist. Diese Brandrückstände zeugen von einer neolithischen Brandwirtschaftsweise, die sich vor allem in das Jung-Endneolithikum datieren lässt. Die Folgen einer solchen Brandwirtschaft lassen sich auch archäobotanisch erkennen. Es handelt sich um eine einfache Art der bäuerlichen Bewirtschaftung, die es nun auch ermöglichte suboptimale Böden (z.B. sandige und lehmige Standorte) zu nutzen.

Die Boden- und Substratsystematik der KA 6: Überblick und Prinzipien

Einar Eberhardt¹; AG Bodensystematik

¹ Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

Die Bodensystematik in der Fassung der 6. Auflage der Bodenkundlichen Kartieranleitung hat oberhalb der Klasse eine Neustrukturierung und mit der Unterabteilung ein weiteres hierarchisches Niveau erhalten. Gegenüber der Fassung der KA 5 gibt es Ergänzungen auf der Ebene der Klassen, Typen und Subtypen. Bei den Varietäten wurden Korrekturen und Klarstellungen vorgenommen.

Die Ergänzungen bei den Klassen und Typen umfassen die Andosole und Umbrisole (fast deckungsgleich definiert wie in der WRB), die Rheosols (mit Stoffanreicherungen aus dem Hangwasserzug), Deposole (künstlich aufgebaute Bodenprofile), Organosole (aerobe Humusböden), Muddemoore (aus organischen Mudden bestehende Böden) und Moorkultisole. Für alle Klassen und Typen werden eindeutig einm bodenbildenden Prozess zugeordnet. Das bedeutet einerseits, dass auch Prozesse formuliert wurden, die bisher weniger Beachtung fanden (wie die Verlagerungsdynamik bei Strandböden), aber auch, dass die Marschen mangels ganz eigener diagnostischer Horizonte zum Großteil bei den Gleyen (als Typ Marschgley) eingeordnet wurden.

In der Substratsystematik gibt es weiterhin drei hierarchische Niveaus, wobei die Substratklasse als oberstes Niveau nicht mehr zur Kennzeichnung einzelner Horizonte dient, sondern nur noch für die Kennzeichnung des Bodenprofils als substratsystematische Einheit. Vereinfacht wurde die Ermittlung der Grobbodenart, wie überhaupt die Darstellung der Regeln.

Ziele bei der Überarbeitung waren, die Bodenform als Kombination von boden- und substratsystematischer Einheit zur knappen, dennoch umfassenden Charakterisierung des Bodens stärker in den Vordergrund zu stellen.

Zusätzlich werden die Prinzipien der AG Bodensystematik bei der Diskussion und Formulierung neuer bodensystematischer Einheiten kurz vorgestellt.

Iterative Weiterentwicklung der regelbasiert abgeleiteten Boden-Konzeptkarte im Land Brandenburg

Holger Fell¹; Albrecht Bauriegel²; Niko Roßkopf²; Robert Müller²

¹ Fell & Kernbach GmbH; ² Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg

Die Boden-Konzeptkarte für das Land Brandenburg liefert die fachliche Basis sowohl für die Planung und Umsetzung bodenkundlicher Kartierungen als auch für die Synthese zu Bodengrund und -funktionskarten. Die Güte der zugrundeliegenden Konzeptkarte hat somit einen hohen Einfluss auf die Qualität der abgeleiteten Produkte. Die Überarbeitung ihrer konzeptionellen Basis soll daher in einer Form verstetigt werden, die es ermöglicht den wachsenden Erkenntnisstand aus laufenden Erhebungen zeitnah zu berücksichtigen.

Im Land Brandenburg wird die Boden-Konzeptkarte mit einem regelbasierten Ansatz weitgehend automatisiert softwaretechnisch abgeleitet. Das Verfahren implementiert die bislang analog durchgeführten Arbeitsschritte und bildet als „Expertensystem“ das Verständnis über die Genese und die Verbreitung der Böden in Brandenburg weitgehend ab.

Ein robustes Verfahren zum Abgleich laufender Erhebungen mit den „Prognosen“ der Konzeptkarte und darauf fußend deren systematische Überprüfung und Bewertung wird derzeit erarbeitet. Zukünftig sollen in diesem Verfahren erkannte Defizite systematisch in einem modifizierten Ableitungs-Regelwerk berücksichtigt und die Konzeptkarte aktualisiert werden. Das erarbeitete Verfahren und erste Ergebnisse werden vorgestellt.

Bodenuntersuchungen zur Bestimmung der Funktion des Hauptlager-Nordteiles des römi-schen Militärlagers in Hermeskeil

Sabine Fiedler¹; Jago J. Birk²; Sabine Hornung³

¹ Johannes Gutenberg-Universität; ² Georg-August Universität Göttingen; ³ Universität des Saarlandes, Saarbrücken

Das von römischen Truppen während des Gallischen Krieges errichtete Hermeskeiler Hauptlager wird durch eine Wall-Graben-Befestigung in einen größeren Süd- und einen kleineren Nordteil untergliedert. Unsere Studie beschäftigt sich mit der Frage, wie der Nordteil des römischen Militär-lagers in Hermeskeil genutzt wurde, da sowohl eine separierte Unterbringung potenziell berittener auxilia als auch eine Zweiphasigkeit (bzw. sekundäre Verkleinerung) mit dem archäologischen Be-fund gleichermaßen zu vereinbaren ist. Eine Multi-Elementkartierung verfolgte daher das Ziel, Are-ale hoher menschlicher Aktivität zu identifizieren.

Wir führten eine Rasterkartierung (110 Bohrpunkte) durch und bestimmten die Gehalte an Stick-stoff, organischem Kohlenstoff, Elementen und ausgewählter Fäkalmarker.

Durch die Multi-Elementanalyse und nachgelagerte Statistik (Faktorenanalyse, Clusteranalyse, Va-rianzanalyse) ist es gelungen, anthropogen beeinflusste Bereiche auszugrenzen, die sich jedoch ausschließlich im intervallum, also dem Freiraum zwischen Lagerumwehrung und bebautem Areal, befanden. Die Proben in diesem Bereich zeigten auch ein hohes Verhältnis Coprosta-nol/Cholestanol und ein niedriges 5 β -Stigmastanol/Coprostanol Verhältnis, was auf einen Eintrag von Fäkalien von Omnivoren hinweist. Hinweise auf eine Unterbringung von Pferden im Nordteil des Hauptlagers wurden durch die Biomarker-Analysen nicht gefunden. Die Verhältnisse einzelner Biomarker deuten darauf hin, dass sich im intervallum Latrinen befanden und dieser Bereich somit wahrscheinlich als reguläre Lagerfläche genutzt wurde.

Bewertung der Verschlämmung konventionell und pfluglos bewirtschafteter schluffreicher Böden im Feld

Stephan Figge; Jan Siemens; Bernhard Keil; Volker Herche; Tamas Harrach

¹ Institut für Bodenkunde und Bodenerhaltung, Justus-Liebig-Universität Giessen, ² Finanzamt Gießen, ³ Referat St 7, Bereich Landwirtschaftliche Sachverständige und Bodenschätzung, Oberfinanzdirektion Frank

Die Erhaltung und Förderung einer optimalen Bodenstruktur ist entscheidend für die nachhaltige landwirtschaftliche Nutzung von Böden. Die Beurteilung der Wirkung der Bewirtschaftung auf die Bodenstruktur erfordert eine praktikable Methode der Bewertung der Verschlämmung von Böden. Wir testeten ein Bewertungssystem am Beispiel pfluglos und pflugbewirtschafteter Böden in der Wetterau in Hessen in der Praxis. Das System beruht auf der Bewertung von Aggregierung und Aggregatform sowie dem Flächenanteil von Sedimentkrusten in sechs Stufen innerhalb einer definierten Fläche von 0,6 m x 0,6 m. Die Anwendung des Bewertungsschemas wird anhand von Orthophotos von Bodenoberflächen erläutert. Die Anwendung des Bewertungsschemas zeigte deutlich, dass pfluglos bewirtschaftete Flächen einen geringeren Verschlämmungsgrad aufwiesen als konventionell gepflügte Flächen. Interessanterweise hatte der Tongehalt nur einen geringen Einfluss auf den Verschlämmungsgrad der pfluglos bewirtschafteten Flächen ($r = -0,12$, nicht signifikant, $p > 0,05$), während der Verschlämmungsgrad der konventionell gepflügten Standorte erwartungsgemäß mit sinkendem Tongehalt zunahm ($r = -0,34$, $p > 0,05$). Dies verdeutlicht, dass der Tongehalt bei gepflügten Standorten einen wesentlich stärkeren Einfluss auf die Verschlämmungsneigung hat als bei pfluglos bewirtschafteten Standorten. Zusätzlich zeigte sich, dass bereits eine Wechselbewirtschaftung mit und ohne Einsatz des Pfluges, also ein reduzierter Pflugeinsatz, eine Verringerung der Verschlämmung bewirkte. Die Anwendung des Bewertungsschemas ließ erkennen, dass Sedimentschleier und Depositionskrusten bei abgetrockneten Böden deutlicher hervortreten als bei feuchten Böden, sodass die Gefahr besteht für abgetrocknete Böden den Verschlämmungsgrad zu überschätzen, bzw. für feuchte Böden zu unterschätzen. Auch wird die Verschlämmung am Hang tendenziell unterschätzt, weil sich weniger Sediment ablagert als in ebenen Positionen. Durch Berücksichtigung dieser Einflussfaktoren bei der Wahl des Zeitpunktes der Bewertung der Verschlämmung und der Lage der bewerteten Fläche innerhalb des Schlages kann die Wirksamkeit von Bewirtschaftungsmaßnahmen zur Verringerung der Verschlämmung anhand des vorgestellten Bewertungssystems trotzdem effizient im Feld beurteilt werden.

Das Copernicus Netzbüro Boden

Elke Fries; Michaela Frei; Thomas Lege; Daniel Rückamp; Florian Stange

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)

Das Erdbeobachtungsprogramm Copernicus birgt große Potenziale für die zukunftssträchtige und umweltverträgliche Bodenbewirtschaftung. Aus Satellitendaten können Bodeneigenschaften und -zustand großflächig abgeleitet werden. Dieses Potenzial für Behörden und öffentliche Einrichtungen in seiner ganzen Breite zu erschließen, ist für die zeitgemäße Beratung von Politik, Wirtschaft und Wissenschaft von großem Wert. Dazu führt das Copernicus Netzbüro Boden an der BGR bestehende Netzwerke der Bodenkunde und der Fernerkundung zusammen. Workshops, Pilotvorhaben und weitere Interaktionsformate bringen Akteure und Akteurinnen aus der Bodenkunde mit Knowhow-Trägern und -Trägerinnen der Fernerkundung miteinander in Kontakt. Damit baut das Netzbüro Boden Brücken zwischen verschiedenen Disziplinen und Branchen als Beitrag zur Umsetzung der Copernicus Missionsziele. Ziel ist, nationale Nutzeranforderungen an Datenbereitstellung, länderübergreifenden Produkten und Diensten zu erfassen und zu priorisieren. Dazu wird zunächst der aktuelle Stand nationaler Fernerkundungsaktivitäten in den Bereichen Bodennutzung und Bodenschutz erfasst und informativ aufbereitet. So wird zu Anwendungspotentialen der Satellitenfernerkundung in den Themenbereichen Bodennutzung und Bodenschutz informiert und Bedarfe identifiziert. Weiterhin wird das Potenzial der Kombination verschiedener Satelliten- und Messsysteme analysiert, um die Entwicklung von Copernicus basierten Monitoringssystemen auf Basis von Bodenindikatoren für die Früherkennung von schädlichen Bodenveränderungen zu unterstützen. Darauf aufbauend werden Empfehlungen zur Nutzbarmachung der Daten für die Praxis und zur Weiterentwicklung von Diensten hinsichtlich des Einsatzes satellitengestützter Erdbeobachtung in den Bereichen Bodennutzung und Bodenschutz erarbeitet. Die Präsentation des Netzbüros Boden dient der Kontaktaufnahme und Diskussion mit Interessierten aus der bodenkundlichen Community.

The comparison of the Sentinel-1/2 series data and the most commonly used environmental variables to predict soil organic carbon at multiple soil depths

Younes Garosi; Markus Moller

Julius Kuehn-Institute

Soil organic carbon (SOC) is a key indicator of ecosystem health, with a great potential to affect climate change. It is therefore important to be able to predict SOC accurately to promote sustainable soil management. Generally, the most commonly used covariates (MCC) such as topographic attributes, climate factors, single-time remote sensing data, and legacy maps were employed in digital soil mapping (DSM) studies for mapping SOC. In addition, the use of the time series of the radar (Sentinel-1) and optical (Sentinel-2) data were applied with satisfactory results to predict SOC at the surface layers under different land uses and climate conditions. However, less research examined the potential of the time series of remote sensing data spatially radar data for predicting SOC at multiple depths. Therefore, the main objective of the current study is using the MCC and the time series of Sinterel-1/2 data in different scenarios for predicting SOC at multiple depths using the legacy soil profiles under different land use types in Germany. For each profile, the vertical distribution of SOC will be interpolated to standard depths (0–15, 15–30, 30–60, and 60–100 cm) using equal-area quadratic splines. Furthermore, this study will be going to consider two machine-learning models named Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS) and Random Forest (RF) as predictive models to predict SOC at multiple depths. For MARS, the features will be determined based on its interior algorithm; However for RF, it will be performed using the Boruta algorithm during the training of the model. The performance and accuracy of MARS and RF will be evaluated using 10-fold cross-validation. The most important variables will be determined through the best-selected scenario with each model under different land use types and the combination of all land uses. Finally, the map of SOC at each layer will be prepared using the best-selected scenario MARS and RF models.

Bericht zur Neuauflage der Bodenkundlichen Kartieranleitung und Arbeitshilfe durch die AG Boden

Jörg Hartmann¹; Albrecht Bauriegel²; Einar Eberhardt³

¹ Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt; ² Landesamt für Bergbau, Geologie u. Rohstoffe; ³ Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

In den letzten Jahre erfolgte sowohl die Neubearbeitung der "Bodenkundlichen Kartieranleitung" als auch der "Arbeitshilfe für die Bodenansprache im vor und nachsorgenden Bodenschutz". Hierfür waren gleichermaßen umfangreiche gremienübergreifende Abstimmungen als auch die Beachtung der legislativen Entwicklung erforderlich.

2020 trat das Geologiedatengesetz (GeoDG) in Kraft. Das GeoDG regelt u. a. die staatliche geologische Landesaufnahme, zu der auch die bodenkundliche Landesaufnahme zählt, Aufgaben und Befugnisse der zuständigen Behörde, Informationsübernahme und -bereitstellung. Zur Informationsübernahme und -bereitstellung leisten Kartieranleitung und Arbeitshilfe einen Beitrag.

2021 wurde die Mantelverordnung, in der sowohl die Ersatzbaustoffverordnung als auch Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung direkt auf Kartieranleitung und Arbeitshilfe verweisen, verweisen.

Es gilt die Gesamtaktivitäten und Wechselwirkungen im Kontext darzustellen.

The Eemian to Early Weichselian colluvium-paleosol sequence of Zeuchfeld (Saxony Anhalt) – An outstanding paleoenvironmental archive within the Central German dry area

Michael Hein¹; Ulrike Krenz²; Birgit Schneider²; Bruno Glaser³; Stefan Wansa⁴; Peter Kühn⁵; Hans von Suchodoletz²

¹ Leuphana Universität Lüneburg; ² Universität Leipzig; ³ Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg; ⁴ Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt; ⁵ Eberhard Karls University Tübingen

The study of paleosols can provide valuable information about former pedogenesis and geomorphic dynamics, and hence about regional paleoenvironmental and paleoclimatic conditions. During the last years, for many European loess provinces the study of widely occurring MIS 5 paleosols in well-resolved aeolian sediment sequences has strongly improved our understanding of these conditions during the Eemian and Early Weichselian periods. In the Central German dry area, however, pedogenic units from MIS 5 are rarely found due to strong post-depositional sediment relocation. Furthermore, most formerly studied paleosol sequences were not investigated with modern methods during the past 50 years. Consequently, as the region is also widely lacking palynological data, knowledge about the paleoclimatic and paleoenvironmental evolution in the Central German dry area during MIS 5 is still rather scarce.

The sand pit of Zeuchfeld near Freyburg/Unstrut, located within an abandoned Early Saalian valley of the Unstrut River, exposes a valley infill with five stacked paleosols that cover the Eemian to Early Weichselian period. Most deposits within the stratigraphy seem to largely originate from slope processes, whereas the influence of aeolian material is generally rather low. Hence, for two paleosols the differentiation between allochthonous and autochthonous pedogenesis is challenging. During this initial study, we combined luminescence dating, horizon-wise geochemical and sedimentological analyses, and micromorphology.

Our first results reveal a complex interplay of sedimentation and pedogenesis during MIS 5, indicating the alternation of geomorphologically stable and active phases. There is preliminary evidence for (i) the rare preservation of an E-horizon within the bipartite Eemian Luvisol, and (ii) a hiatus during MIS 5d and 5c. (iii) For MIS 5a we suppose in situ Phaeozem formation whose properties are very comparable to those of regional surface Phaeozems and Chernozems. This suggests that the development of the latter may not require the impact of Neolithic land use. During our future investigations of multiple sequences across the sand pit using a higher sampling resolution, we will focus on the better disentanglement of in situ soils and pedosediments, and the interdependency of former geomorphic position and pedogenesis.

Was ist autochthone Bodenbildung? Eine Annäherung

Ludger Herrmann

Universität Hohenheim 3101

Aufbauend auf der kontroversen Diskussion während der DBG-Jahrestagung in Trier zum Profil Hauskopf, erscheint es angebracht das Thema und die Definition des Begriffes autochthone Bodenbildung wieder aufzunehmen. Die Unterscheidung zwischen autochthoner - also vor Ort gebildeten Merkmalen - und allochthoner - also durch transportiertes Material ererbte Merkmale - Bodenbildung wird seit langer Zeit insbesondere zur Unterscheidung von Vegen eingesetzt. Aber auch im terrestrischen Bereich hat es durch die periglaziären pleistozänen und erosionsbedingten holozänen Umlagerungen eine Bedeutung.

Am Ende muß man sich immer die Frage stellen, wie hat das Ausgangsmaterial für die Bodenbildung ausgesehen und wieviel der Merkmale sind ererbt bzw. lokal gebildet? Insbesondere bei allochthonem vorverwittertem Material stellt sich die Frage, ab welchem Maß der Umwandlung darf ich von autochthoner Bodenbildung sprechen.

Der Beitrag versucht durch die Darstellung der analytischen Daten unterschiedlicher Bodenprofile sich der Beantwortung dieser Frage anzunähern und eine Definitionen zur Diskussion vorzuschlagen. Es zeigt sich, dass allein mit der morphologischen Ansprache von Bodenprofilen die Frage nicht beantwortet werden kann. Zudem kann In geschichteten Profilen häufig die Merkmalskombination des Ausgangsmaterials nicht hinreichend beschrieben werden. Letztendlich muß zwischen allochthonem Ausgangsmaterial (geo- bzw. petrologischer Aspekt) und autochthoner Bodenbildung (pedologischer Aspekt) unterschieden werden.

Mobile Bodennährstoffanalyse mit dem Feldlabor „soil2data“

Stefan Hinck¹; Vadim Riedel¹; Andreas Möller²; Matthias Terhaag³; Thomas Meyer³; Daniel Mentrup⁴; Hendrik Kerssen⁴; Elena Najdenko⁵; Frank Lorenz⁵; Tino Mosler⁶; Heinrich Tesch⁶; Walter Peters⁷; Arno Ruckelshausen¹

¹ Hochschule Osnabrück; ² ADVES GmbH & Co. KG; ³ ANEDO GmbH; ⁴ iotec GmbH; ⁵ LUFA Nord-West; ⁶ MMM tech support GmbH & Co. KG; ⁷ Bodenprobetechnik Peters GmbH

Auf der DBG-Tagung 2017 wurde ein Konzept für ein Feldlabor präsentiert (Forschungsprojekt soil2data; Beitrag auf der DBG-Tagung 2017: „soil2data: Konzept für ein mobiles Feldlabor zur Nährstoffanalytik“). Mit diesem Beitrag werden die Umsetzung und die Ergebnisse jenes Konzepts von 2017 präsentiert.

Es wurde ein mobiles Feldlabor „soil2data“ im Forschungsprojekt „soil2data“ erfolgreich aufgebaut. Eine Weiterentwicklung des mobilen Feldlabor „soil2data“ erfolgte im jetzigen Projekt „prototypes4soil2data“. Das Feldlabor ist als kombinierter, modularer Aufbau konzeptioniert. Des Weiteren wurde ein dazugehöriges Datenmanagement entwickelt, um u. a. eine automatische Generierung einer Düngeempfehlung zu ermöglichen.

Die typische Bodenbeprobung zur Nährstoffbestimmung unterteilt sich in 2 räumlich getrennte Hauptprozesse: „Bodenproben auf dem Feld sammeln“ und „Nährstoffanalyse im Labor“.

Zur Ausführung der beiden Hauptprozesse bzw. deren Teilprozessschritte sind 5 Module entwickelt worden, so dass die Teilprozessschritte parallel und kombiniert auf dem Feld ausgeführt werden. Es sind 5 verschiedene und aufgaben-spezifizierte Applikationsmodule (App): app2field, field2soil, app2liquid, liquid2data und data2app. Dabei ist jedes einzelne Modul als eigenständige App in der Lage, die spezifizierte Einzelaufgabe autark zu erfüllen. Die Kombination aller 5 Module ergibt das mobile Feldlabor „soil2data“. Die Teilprozessschritte können wie folgt unterteilt und mit der entsprechenden App ausgeführt werden:

- Bodenbeprobung-Planung (app2field),
- Bodenprobe sammeln (field2soil),
- Bodenprobenmaterial aufbereitet (app2liquid) und Analyse (liquid2data).

Das Datenmanagement und die automatische Generierung einer Düngeempfehlung erfolgt mit data2app. Für die Umsetzung der automatisierten Düngeempfehlung sind mehrere unterschiedliche Eingangsdaten zusätzlich zu den Messdaten notwendig.

Die Analyse erfolgt mit der ISFET-Messtechnologie Nutristat-Analysebaustein. Dieser Lab-on-Chip ermöglicht die Messung von: pH-Wert, K⁺, NO₃⁻ und H₂PO₄⁻ sowie den EC-Wert der Bodensuspension.

Es sind vergleichende Messungen im Labor zur Validierung der Aufbereitungsmethode des mobilen Feldlabors und den Labor-Standarduntersuchungen durchgeführt worden. Ebenfalls wurden vergleichende Feldmessungen durchgeführt, so dass die Feldlabor-Ergebnisse vom Feld mit den erhobenen Ergebnissen aus dem Labor verifiziert worden sind.

Remediation-related detection of potential toxic elements (PTE) in Technosols using hyperspectral imaging

Friederike Kästner¹; Magdalena Sut-Lohmann²; Hannes Feilhauer³; Sabine Chabrillat¹

¹ Helmholtz Centre Potsdam, GFZ German Research Centre for Geosciences; ² Brandenburg University of Technology Cottbus-Senftenberg; ³ Leipzig University, Remote Sensing Center for Earth System Research

Europe wide, there are many potentially contaminated sites due to natural and anthropogenic activities, which disturb important functions of the soil for the abiotic and biotic environment. Approximately one third of these sites have already been identified and around 15% have been restored. A large-scale and area-wide detection of potential toxic elements (PET) in Technosols using hyperspectral imaging is still missing and can provide a fast and cost-effective phytoremediation method.

In our study we analysed the potential of multivariate approaches using Partial Least Squares Regression (PLSR) and Random Forest Regression (RFR) to predict highly contaminated areas with an inhomogeneous distribution of PTE concentrations from laboratory spectral data acquired with hyperspectral cameras. We aimed to use the fully-trained models to monitor the PTE concentration in the soil during phytoremediation with hyperaccumulator plants. Therefore, we sampled 110 soil samples from a former sewage farm near Ragow (Brandenburg, Germany) with different contamination levels at a depth between 15-20 cm. Soil samples were prepared for hyperspectral measurements using the HySpex VNIR-1600 and HySpex SWIR 320m-e hyperspectral sensors under laboratory conditions with a spectral range between 450 nm and 2500 nm. The samples were measured after different preparation steps ("oven-dried", "sieved", "ground", "Loss on Ignition (LOI)"). For each step, a spectral library was created and various spectral pre-processing methods, including smoothing, first and second order spectral derivatives, standard normal variate, and multiplicative scatter correction were applied. The resulting spectral library was used for the estimation models PLSR and RFR to predict the PTE concentration (Ni, Cr, Cu, Zn) of this specific Technosol. Considering the optimal coefficient of determination (R^2), PLSR showed an improving performance and accuracy with increasing preparation steps: R^2_{Ni} : 0.19–0.42; R^2_{Cr} : 0.52–0.78; R^2_{Cu} : 0.36–0.73 and R^2_{Zn} : 0.41–0.74. In comparison, RFR showed a weaker model performance, even when using higher sample preparation levels (R^2_{Ni} : 0.20–0.35; R^2_{Cr} : 0.36–0.62; R^2_{Cu} : 0.17–0.72 and R^2_{Zn} : 0.26–0.67). The results indicate that PLSR provides a more robust estimation than the RFR method. Additionally, the PTE estimation performance in strong heterogeneous soil samples can be improved by increasing the soil sampling density and grouping the spectra before applying PLSR and RFR.

Fahlerdeentwicklung in spät-pleistozänen Sandlössen des Hohen Fläming – chronostratigraphische und pedogenetische Befunde

Fabian Kirsten¹; Joris Starke¹; Ralf Sinapius²; Albrecht Bauriegel³; Christopher Lüthgens⁴; Jacob Hardt¹

¹ Freie Universität Berlin, FB Geowissenschaften; ² Büro für Bodengeologie; ³ LBGR Brandenburg; ⁴ Universität für Bodenkultur Wien

Der Fläming im Südwesten Brandenburgs stellt einen warthezeitlich (Saaleglazial, MIS 7 bis MIS 5e) angelegten Altmoränengürtel dar, welcher das Ergebnis mehrerer glazialer Oszillationszyklen und zugehöriger Stauchendmoränen darstellt und heute Höhen von bis zu 200 m ü.d.M. erreicht. Flächenhaft verbreitet finden sich insbesondere glazifluviale Sande variierender Mächtigkeit. Während des Weichselglazials (MIS 5d bis MIS 2) wurde der Fläming nicht mehr vom Fennoskandischen Eisschild erreicht und unterlag daher einem periglazialen Prozessregime. In einem schmalen Band von 55 km Länge und max. 5 km Breite sowie einer Nordwest-Südost-Erstreckung wurden Sandlöss abgelagert, welche bereits in frühen Arbeiten unter dem Begriff „Flotssand“ kartiert und beschrieben wurden (von Linstow 1902, Brunner 1961, Nebe et al. 1962, Fiedler & Altermann 1964). Trotz der in weiten Teilen relativ geringen Mächtigkeit (wenige dm) dieser Sandlössdecke stellt sie im Hinblick auf die Bodeneigenschaften und die landwirtschaftliche Nutzbarkeit einen erheblichen Standortvorteil gegenüber den umliegenden Gebieten mit Sandbedeckung dar. Folglich sind diese Gebiete bereits seit langer Zeit intensiv ackerbaulich genutzt worden, was mit entsprechenden Bodenerosionsphänomenen einhergeht. Dies ist bis heute in der Form von tief eingeschnittenen Runsen, welche regional Rummeln genannt werden, dokumentiert.

Im Rahmen der bodenkundlichen Landesaufnahme wurden im Hohen Fläming in der näheren Umgebung der Burg Rabenstein mehrere Profilgruben in mehreren Meter mächtigen (Primär)Sandlössakkumulationen angelegt und hinsichtlich der Sedimentstratigraphie und der Pedogenese analysiert. Die Sandlöss, welche in den unteren Profiltteilen karbonathaltig sind, wurden, basierend auf OSL-Altern, innerhalb weniger tausend Jahre zur Zeit des Letzten Glazialen Maximums (MIS2) abgelagert und ähneln in Bezug auf die Korngrößenverteilung und die Altersstellung den (jüngsten) Lössen in Sachsen und Sachsen-Anhalt. Teilweise werden die Sandlöss zudem von wenige dm mächtigen Decksanden überlagert.

In den oberen, entkalkten Profiltteilen haben sich in den mächtigeren Sandlössen Bänder-Fahlerden entwickelt, welche starke Ähnlichkeiten zur Lamellenfleckenzone in den mittelsächsischen Lössregionen aufweist. Erste mikromorphologische Befunde deuten darauf hin, dass zumindest ein Teil der feineren Tonbänder rein pedogene Bildungen sind. Die Decksande selbst sind hingegen eher von (initialer) Verbraunung geprägt.

Vom gegenseitigen Nutzen der Bodenkunde und Archäologie - Resümee einer vieljährigen Zusammenarbeit

Wolfgang Kainz; Mechthild Klamm¹

¹ Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt

Seit vielen Tausend Jahren hinterlässt der Mensch Spuren im Erdboden, den er für landwirtschaftliche Tätigkeiten, als Siedlungsgebiet oder für weitere Aktivitäten (bspw. Bergbau) nutzt. Gleichzeitig sind die menschlichen Spuren in Bodenschichten eingebettet, die das Ergebnis klimagesteuerter Prozesse vor, während und nach den anthropogenen Aktivitäten sind. Böden speichern dadurch Veränderungen der Umwelt aus unterschiedlichen Epochen.

Auf archäologischen Ausgrabungen liegen sehr gute Aufschlussverhältnisse vor, die die Zusammenhänge zwischen den ‚natürlichen‘ und anthropogen veränderten Böden erkennen lassen. Archäologische Befundsituationen können durch Bodenbildungsphasen überprägt sein, bzw. können selbige auch Bodenentwicklungen unterbrechen oder auslösen.

Andererseits setzen archäologische Befunde Zeitmarken, die in oder unter archäologischen Strukturen, wie Wallanlagen oder Grabhügeln, Bodenbildungsphasen sichtbar machen, die sonst nicht erkennbar sind.

Die gemeinsame Betrachtung all dieser Gegebenheiten aus unterschiedlichen Blickwinkeln führt bei Archäologen und Bodenkundlern zu großem Erkenntnisgewinn.

Von der vieljährigen, engen Zusammenarbeit profitierten in Sachsen-Anhalt das Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie (LDA) und das Landesamt für Geologie und Bergwesen (LAGB) außerordentlich, da einerseits auf den archäologischen Ausgrabungen Profile für die bodenkundliche Landesaufnahme zur Verfügung standen und andererseits besondere Bodenbildungen und Befundsituationen auf den Ausgrabungen in gemeinsamer Betrachtung mit allen Beteiligten geklärt werden konnten. Anhand einiger Beispiele werden die Ergebnisse dieses langjährigen Zusammenwirkens illustriert.

Potential of using a portable in-field soil organic carbon analyser in temperate agricultural soils

Lucas Kohl¹; Clarissa Duschek²; Atilla Öztürk³; Karolina Golicz; Eva-Maria L. Minarsch; Wiebke Niether; Christian Ahl²; Andreas Gättinger¹

¹ Justus Liebig Universität Gießen; ² Georg August University Göttingen; ³ Technische Universität Berlin

Increasing soil organic carbon (SOC) content leads to higher soil quality levels and resilience against extreme weather events caused by climate change. Beside this, it can also help to mitigate climate change by sequestering carbon dioxide in form of organic carbon in soil, e.g. in agricultural fields. Practical and reliable quantification of SOC is up to date lacking, but mandatory to enhance broad applicability in terms of carbon farming. Common laboratory-based methods for precise quantification are cost-, and labour-intensive and can be obliged to high risks of errors during the long procedure line. Sensor-based in-field methods to quantify SOC could be a solution to avoid these problems. However, the quantification quality has not been independently acknowledged yet.

The aim of this study was to compare different methods to quantify SOC, including one in-field method and three standard laboratory-based methods. The latter comprised two different laboratory total organic carbon (TOC) methods and one laboratory total carbon (TC) method analysed in two different laboratories. The in-field method was a direct, non-invasive, sensor-based TOC analysis. Soil samples from nine different agricultural sites in Hesse and Lower Saxony, Germany, were analysed within this study. Furthermore, soil physical (bulk density, rock fragment, soil texture) and chemical (pH, P₂O₅, K₂O and Mg) parameters were measured. The equivalence of the different SOC methods was validated by four different statistical criterions: limits of agreement, accuracy, precision, and agreement in measurement of data pairs obtained from the same subject. Pearson correlation was used to correlate the calculated differences of the different SOC methods with the soil parameters.

None of the applied method comparisons met all statistical criteria. However, comparison of the two TOC laboratory methods showed the strongest equivalence. An influence of pH on the difference of the standard laboratory method TOC and in-field method was detected by Pearson correlation. This indicates the need to delimitate in-field quantification to certain pH-levels. Overall, the application of the portable in-field method has potential for future SOC monitoring.

Bodendegradation als Auslöser der „Keltenwanderung“? - Archäopedologische Untersuchungen in Hochdorf/Enz, SW Deutschland

Judith Koschorke¹; Anne Jerosch¹; Katleen Deckers²; Markus Fuchs³; Ellen Kandeler⁴; Thomas Kolb³; Eva Lehndorff⁵; Susanne Lindauer⁶; Harald Neidhardt⁷; Yvonne Oelmann⁷; Christian Poll⁴; Thomas Knopf¹; Thomas Scholten¹; Peter Kühn¹

¹ SFB 1070 RessourcenKulturen, Eberhard Karls Universität Tübingen; ² Institut für Naturwissenschaftliche Archäologie, Eberhard Karls Universität Tübingen; ³ Institut für Geographie, Justus-Liebig-Universität Gießen; ⁴ Institut für Bodenkunde und Standort

Während der zweiten Hälfte der frühen Latènezeit setzt eine Bevölkerungsbewegung aus dem westlichen Mitteleuropa nach Süden ein, die mit dem Beginn einer klimatischen Kaltphase einhergeht. Neben der Klimaverschlechterung werden Überbevölkerung, soziale Konflikte und Bodendegradation als Auslöser der Migration diskutiert.

Im Rahmen des SFB 1070 RessourcenKulturen werden die Ursachen der Abwanderung anhand der um 380 v. Chr. aufgegebenen frühlatènezeitlichen Siedlung von Hochdorf/Enz untersucht. Die Auswertung der faunistischen und botanischen Hinterlassenschaften aus dem Bereich der ausgegrabenen Siedlung prägen das Bild einer offenen, intensiv ackerbaulich genutzten Landschaft. Grundsätzlich zeigen die Ackerunkräuter günstige Bodenverhältnisse mit guter Nährstoff- und Basenversorgung an. Verkürzte Brachzeiten, um den Bedarf an Nahrungsmitteln für die wachsende Bevölkerung zu decken, und eine fehlende Durchmischung der Oberböden könnten jedoch zur Abnahme der Bodenfruchtbarkeit geführt haben. Aus bodenwissenschaftlicher Sicht stellt sich daher die Frage, ob die intensive ackerbauliche Nutzung tatsächlich zu einer hohen Bodenerosion und verminderten Ertragsfähigkeit geführt hat und somit maßgebend für die Abwanderung am Übergang der Früh- zur Mittellatènezeit gewesen ist.

Multi-Proxy-Analysen mehrschichtiger Kolluvien im Umfeld von Hochdorf/Enz sollen Aufschlüsse über die eisenzeitliche Landnutzungsverteilung, die Bodeneigenschaften und die Intensität der Bodenerosion erbringen. Hierzu wird eine Chronostratigraphie der Kolluvien mittels optisch stimulierter Lumineszenz (OSL) und ¹⁴C Datierungen an Holzkohlen erstellt. Latènezeitliche Landnutzungspraktiken und deren Änderungen werden durch die Analyse von Urease-Aktivität und fäkalen Biomarkern (herbivorer, omnivorer Exkrementeintrag von Weidetieren), $\delta^{15}\text{N}$ -Werten (Düngepraktiken) und $\delta^{13}\text{C}$ -Werten der organischen Bodensubstanz (Kultivierung von C4 Pflanzen), PAK (Brände), Schwermetallgehalten (Metallverarbeitung) und Holzkohlespektren (Holznutzung) rekonstruiert.

A new system for soil fertility assessment in drylands

Bernhard Lucke; Hussam Hag Husein

FAU Erlangen-Nürnberg

Soil fertility must be viewed as dynamic concept that changes with conditions prevailing in a region, resulting from biological, chemical, and physical processes that involve the constant cycling of nutrients between organic and inorganic forms. In this context, it refers not only a soil's ability to provide essential nutrients, but also to supply adequate amounts of water for plant growth. Soil fertility under arid and semi-arid conditions is constrained by extreme temperatures, as well as by low water availability. With some exceptions, dryland soils are characterized by small soil organic matter contents, inherently leading to low availability of nitrogen and phosphorus; and by high pH, and base saturation of 100%. The latter, if associated with excess availability of cations, may cause soil salinity. Most fertility assessment systems are based on organic matter contents as main parameter in numerical estimates of soil fertility, as organic matter not only serves as major cation exchange asset, but also stores water, and improve aggregate structure and the physical condition of soils to the benefit of the soil microbiome. However, crop experiments from various irrigated arid and semi-arid soils in Syria indicate that soil productivity, i.e. the capacity of soils to produce crops per unit area, is less affected by organic matter contents of than assumed in existing soil fertility classification systems. Therefore, we propose a new soil fertility system for dryland soils. It is a rule-based set of algorithms, mainly using additions and subtractions as in the German system, which integrate soil, climate, and landscape factors to calculate a numerical fertility value of 0-100 of a given soil. We expect the system, which is focuses on soil properties that keep or increase optimum soil moisture (such as texture) as main parameters, to be applicable in any semi-arid and arid environment and to provide more realistic estimates of fertility with regard to agricultural purposes. The presentation will briefly outline the main aspects of the system, illustrated by various case applications in Syria.

Datenfusion und verschiedene Modellierungsansätze für optimierte Vorhersagen für eine österreichische Bodenbibliothek mit vis-NIR und MIR-Spektren

Bernard Ludwig¹; Isabel Greenberg¹; Michael Vohland²; Kerstin Michel³

¹ Universität Kassel; ² Universität Leipzig; ³ Bundesforschungszentrum für Wald

Für die Vorhersage von unterschiedlichen Bodeneigenschaften ist die Spektroskopie im sichtbaren bis nahen Infrarot (vis-NIR) und im mittleren Infrarot (MIR) ein etablierter Ansatz. Verschiedene Ansätze für die Datenfusion und Modellkalibrierung sind vorgeschlagen worden, aber die jeweils optimalen Verfahren sind nicht per se bekannt und können von der Heterogenität des Datensatzes und dem betrachteten Maßstab abhängen. Ziel war es, die Genauigkeiten von Partial-Least-Squares-Regressionen (PLSR) für organischen Kohlenstoff (SOC), Gesamtkohlenstoff (Ct), Gesamtstickstoff (Nt) und pH unter Verwendung von Vis-NIR- und MIR-Spektren zur unabhängigen Validierung nach Standardkalibrierung (Verwendung eines allgemeinen PLSR-Modells) oder unter Verwendung von Memory-based Learning (MBL) mit und ohne Spiking für eine nationale Spektraldatenbank aus Österreich zu testen. Bei den Ansätzen zur Datenfusion handelte es sich um die einfache Verkettung von Spektren, die äußere Produktanalyse (OPA) und die Modellmittelung. Laborbasierte Vis-NIR- und MIR-Messungen wurden für Ober- und Unterböden aus einem österreichischen Waldbodenarchiv durchgeführt und Regressionen berechnet. Es wurden jeweils fünffache „Leave-one-region-out“-Kreuzvalidierungen für die Bodeneigenschaften durchgeführt. Für die Oberböden wurden für SOC, Ct und Nt optimale Vorhersagen mit Datenfusion erzielt, wobei OPA im Allgemeinen die Spektrenverkettung und die Modellmittelung übertraf. MBL war insgesamt der Standardkalibrierung überlegen, während Spiking nur einen geringen Einfluss auf die Vorhersagegenauigkeit besaß. Für die Unterböden war MBL wiederum der Standardkalibrierung überlegen, aber die Spektrenverkettung und Modellmittelung wiesen hier ein größeres Potenzial als OPA auf. Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass vis-NIR und MIR Datenfusionen in Kombination mit MBL ein hohes Potenzial für die Vorhersage von Bodeneigenschaften aufweisen.

Ableitung großmaßstäbiger Prognosekarten zu den thermischen Bodeneigenschaften Brandenburgs

Arvid Markert¹; Albrecht Bauriegel¹; Robert Müller¹; Judith Walter¹; Holger Fell²

¹ Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg; ² Fell & Kernbach

Für die Planung und nachhaltige Nutzung des Bodens als Wärmeträger, -speicher und -quelle, insbesondere beim Bau von Energieleitungen oder Erdwärmekollektoren, werden repräsentative Flächeninformationen zu den thermischen Bodeneigenschaften dringend benötigt. Diese liegen in den meisten Fällen jedoch nur im klein- oder mittelmaßstäbigen Bereich vor.

Am Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (LBGR) wird ein DSM-Ansatz entwickelt, bei dem die räumlich hochauflösende Prognose der thermischen Bodeneigenschaften auf Basis verschiedener Punkt- und Flächeninformationen und umfangreicher Labormessungen abgeleitet wird. Die Ableitung der thermischen Bodeneigenschaften beruht auf empirischen Pedotransferfunktionen zur Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität des Bodens (Markert et al. 2014). Diese wurden anhand zahlreicher Labormessungen flächenrepräsentativer Böden Brandenburgs abgeleitet und parametrisiert. Die daran anknüpfende räumliche Prognose basiert auf einem Verfahren, das aktuell am LBGR für die Ableitung von Prognosekarten zur Substratgenese, Pedogenese, Bodenart und Trockenrohdichte entwickelt wird. Als Datenquellen werden räumlich hoch aufgelöste Punktdaten (u.a. Grablöcher der Bodenschätzung, Forstliche Standortkartierung, Bohrungen der Preuß.-Geol. Kartierung, Meliorations-Standortuntersuchungen) genutzt und in eine einheitliche Struktur und Nomenklatur überführt. Diese Punktdaten liefern die für die Vorhersage der thermischen Bodeneigenschaften notwendigen Parameter. Damit die jeweils geeignetste Datenquelle den entsprechenden Standort repräsentiert, erfolgt die Auswahl der Datenquelle anhand von regelbasierten, auf Expertenwissen gestützten Entscheidungsbäumen. Je nach inhaltlicher Auflösung der verwendeten Datenquelle können die thermischen Bodeneigenschaften für verschiedene Tiefenbereiche abgeleitet werden. Im Ergebnis entstehen hochauflösende Flächeninformationen zu den thermischen Bodeneigenschaften im Maßstabsbereich 1 : 5000 – 1: 10.000.

Im Rahmen des Vortrags soll der methodische Ansatz und erste Ergebnisse vorgestellt, sowie die Vorteile gegenüber bisherigen Verfahren diskutiert werden.

Vorhersage der Bodentextur unter Verwendung von optischen und Radar-Fernerkundungsdaten in einem Random-Forest-Ansatz

Swen Meyer¹; Jörg Rühlmann²; Eric Bönecke²; Eckart Kramer³; Philip Marzahn¹

¹ Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät; ² Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau; ³ Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde

Die Anwendung von präziser Landwirtschaft (PA) trägt dazu bei, die Schädigung von Ökosystemen durch landwirtschaftliche Austräge zu verringern, ohne die Ernährungssicherheit zu gefährden. Ein Problem der Landwirte bei der Umsetzung von PA-Anwendungen ist der Mangel an räumlich hoch aufgelösten Bodeninformationen.

Für diese Studie stellte das Forschungsprojekt "pH-BB: Präzisionskalkung in Brandenburg" die Daten von 1091 Bodenproben zur Verfügung, die auf 3 landwirtschaftlichen Betrieben in Brandenburg entnommen wurden und im Labor auf die Texturen Ton (T), Schluff (U) und Sand (S) analysiert wurden. Mit Google Earth Engine wurden Fernerkundungsdaten (FE) von 99 Sentinel-1 (S1) SAR- Szenen eines Orbits und 41 wolkenfreien Sentinel-2 (S2) Szenen verarbeitet, die vom 01.03.2016 - 14.12.2022 die Untersuchungsgebiete voll abdeckten. Vegetations- und Bodenindizes wurden mit den optischen S2-Daten berechnet; die Radarrückstreuung in VV- und VH-Polarisation wurde aus den S1-Daten extrahiert. Langfristige Muster in den FE-Daten wurden mittels statistischer Parameter (Variationskoeffizient, Standardabweichung, maximaler Pixelwert) entlang der zeitlichen Achse identifiziert. Zusammen mit den berechneten Geländeattributen standen schließlich 54 Kovariablenraster für die Modellbildung zur Verfügung. Die Referenzproben (RP) wurden nach dem Zufallsprinzip in einen Trainingsdatensatz (70%,) und einen Validierungsdatensatz (30%) aufgeteilt. Mit einem Random-Forest-Algorithmus für maschinelles Lernen wurden zwei individuelle Modelle für die alr-transformierten Zielvariablen T und U trainiert. Die entwickelten Modelle wurden dann auf die Raster der Kovariablen angewandt, um die alr-transformierten Zielvariablen vorherzusagen. Die endgültigen Karten (2053 km² in 10*10m Auflösung) für alle 3 Texturfraktionen wurden durch Rücktransformation berechnet. In den abgeleiteten Modellen hatten die FE-Daten die größte Bedeutung. Bei der Validierung konnte die räumliche Verteilung der T-, U- und S- Fraktionen mit einem RMSE von 6.8, 7.2 und 11.3 Masse-% vorhergesagt werden. In den sanddominierten Bodenklassen waren die Fehler geringer, während sie in den lehmigen Bodenklassen zunahmen.

Mit einem mittleren Fehler von 7-11 Masse-% zeigt der Ansatz gutes Potenzial für die Bewertung der Bodentextur des Oberbodens von landwirtschaftlichen Flächen bei hoher räumlicher Auflösung (10m) und für globale Anwendungen oder als Vorinformation für hochauflösende geophysikalische Bodenkartierungen.

Digital Soil Texture Mapping and Spatial Transferability of Machine Learning Models Using Sentinel-1, Sentinel-2, and Terrain-Derived Covariates

Reza Mirzaeitalarposhti¹; Hossein Shafizadeh-Moghadam; Ruhollah Taghizadeh-Mehrjardi; Scott Demyan

¹ University of Hohenheim

Soil texture is an important property that controls the mobility of the water and nutrients in soil. This study examined the capability of machine learning (ML) models in estimating soil texture fractions using different combinations of remotely sensed data from Sentinel-1 (S1), Sentinel-2 (S2), and terrain-derived covariates (TDC) across two contrasting agroecological regions in Southwest Germany, Kraichgau and the Swabian Alb. Importantly, we tested the predictive power of three different ML models: the random forest (RF), the support vector machine (SVM), and extreme gradient boosting (XGB) coupled with the remote sensing data covariates. As expected, ML model performance was not consistent regarding the input covariates, soil texture fractions, and study regions. For example, in the Swabian Alb, the SVM model performed the best for the sand content with S2 + TDC (RMSE = 3.63%, $R^2 = 0.42$), and XGB best predicted the clay content with S1 + S2 + TDC (RMSE = 6.84%, $R^2 = 0.64$). In Kraichgau, the best models for sand (RMSE = 7.54%, $R^2 = 0.79$) and clay contents (RMSE = 6.14%, $R^2 = 0.48$) were obtained using XGB and SVM, respectively. Moreover, the results indicated that TDC were critical in estimating soil texture fractions, especially in Kraichgau, which indicated that topography plays an important role in defining the spatial distribution of soil properties. In contrast, the contribution of remote sensing data better predicted the silt and clay content in the Swabian Alb. The transferability of a region-specific model to the other region was low as indicated by poor predictive performance. The resulting soil-texture-fraction maps could be a significant source of information for efficient land resource management and environmental monitoring. Nonetheless, further research to evaluate the added value of the Sentinel imagery and to better analyze the spatial transferability of machine learning models is highly recommended.

Maßstabsspezifische Prognose des Gehalts an organischem Kohlenstoff im Oberboden anhand von Reliefattributen und Bodenreflexionskompositen

Markus Möller¹; Simone Zepp²; Martin Wiesmeier³; Heike Gerighausen¹; Uta Heiden²

¹ Julius Kühn-Institut (JKI); ² Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR); ³ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)

Um das Anpassungspotenzial landwirtschaftlichen Landnutzungssysteme an den Klimawandel vor dem Hintergrund der Gemeinsamen Europäischen Agrarpolitik (GAP) und der Sustainable Development Goals (SDGs) lokalisieren und bewerten zu können, werden flächendeckende und hochaufgelöste Informationen zum Kohlenstoffgehalt landwirtschaftlicher Böden benötigt. Deutschlandweite Karten zum Kohlenstoffgehalt landwirtschaftlicher Böden liegen derzeit nur als statische Karten mit einer räumlichen Auflösung von 200 m² bis 1 km² vor. Die Karten sind als Grundlage für kleinräumige feldspezifische Analysen nicht geeignet. Darüber hinaus enthalten die Karten keine Qualitätsmaße, die für die Kommunikation von Modellunsicherheiten wichtig sind.

Detaillierte Informationen zum Kohlenstoffgehalt liegen in Form von Bodenproben vor, die auf Bundesland-, Bundes- oder Europaebene erhoben werden. Die Datenbestände unterscheiden sich in Aufnahmemethodik, -frequenz und -dichte sowie ihrer Repräsentativität. Die operationelle Überführung der Punktdaten in Flächendatensätze erfordert erklärende Variablen. Digitalen Höhenmodellen liegen in verschiedenen räumlichen Auflösungen vor und ermöglichen die Ableitung von multi-hierarchischen Reliefattributen. Die zunehmende Verfügbarkeit von multi-temporalen Satellitenbildern erlaubt eine Erweiterung des Datenraumes, um sowohl räumliche als auch zeitliche Muster des Kohlenstoffgehaltes unterscheiden zu können. Als signifikante erklärende Variablen haben sich dabei multi-temporale Bodenreflektanzkomposite erwiesen.

Gegenstand des Vortrages ist eine Prozesskette, bei der Methoden des Multi-Scale-Feature-Engineering, der geographischen Objektbildanalyse und des maschinellen Lernens mit dem Ziel verknüpft worden, die Beziehungen zwischen den Stichproben und verschiedenen Aggregationsstufen der erklärenden Variablen zu optimieren. Dabei hat sich gezeigt, dass maßstabsspezifische Abhängigkeiten zwischen der Repräsentativität von Bodenproben und der Erklärkraft der verwendeten Variablen besteht sowie dass - im Vergleich zu Reliefattributen - multitemporale Bodenreflexionskomposite eine höhere großmaßstäbige Erklärkraft zeigen. Die Ergebnisse legen nahe, dass die räumliche Prognose von Bodenereigenschaften maßstabsspezifische Abhängigkeiten berücksichtigen sollten.

Ableitung von Bodenparametern mittels VNIR-SWIR Laborspektren und flugzeuggestützten hyperspektralen Fernerkundungsdaten

Richard Mommertz; Lars Konen; Martin Schodlok

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

Die regionale Kenntnis von oberflächennahen Bodenparametern unterstützt den Schutz und Erhalt von Böden, eine der wichtigsten natürlichen Ressourcen für die menschliche Lebensgrundlage. Hyperspektrale Fernerkundung ermöglicht eine zeit- und kosteneffiziente Quantifizierung von Bodenparametern. Für die Charakterisierung von Bodenparametern wurden unterschiedliche Sensoriken auf landwirtschaftlich genutzten Flächen in Deutschland eingesetzt. Sowohl punktuelle Labor- und Geländespektrometermessungen als auch Aufnahmen von drohnen- und flugzeuggestützten bildgebenden Spektrometern, die im Herbst 2022 erhoben worden sind. Zusätzlich sind Bodenproben während der Geländearbeiten entnommen und bodenkundlich analysiert worden. Hyperspektrale punktuelle Labormessungen im VNIR-SWIR Wellenlängenbereich (350-2500 nm) werden in Verbindung mit den, im Bodenlabor gemessenen, Parametern genutzt um Auswertemethoden zur Quantifizierung einzelner Bodenparameter (hier organischer Kohlenstoff, Korngrößenfraktionen) zu entwickeln. Die so entstandenen Auswertemethoden werden anschließend auf bildgebende Verfahren angewendet um oberflächennahe Bodenparameter regional zu charakterisieren. Ein weiteres Ziel der Arbeit ist die Untersuchung von Skalierungseffekten, mit der Fragestellung welche Informationsdetails auf der regionalen Skala erhalten bleiben und wie Skalenveränderungen die Analysealgorithmen und die Genauigkeit der Bestimmung von Bodeneigenschaften beeinflussen. Dazu werden die Skalen der Labor- und Feldmessungen mit lokalen drohnengestützten Daten, regionalen luftgestützten (Flugzeug) Hyperspektralbefliegung und überregionalen satellitengestützten Hyperspektraldaten (Prisma, EnMAP) verglichen. Die abgeleiteten Bodeninformationen werden mit bestehenden bodenkundlichen Karten in Beziehung gesetzt.

Zur Kenntnis der Böden Wiens

DI Othmar Nestroy¹; DI Hans-Peter Haselmayr

¹ Institut für Angewandte Geowissenschaften

Stadtböden lösen bei Fragen der Nomenklatur wie auch systematischen Stellung bei allen nationalen Bodensystematiken meist umfangreiche Diskussionen aus, da sie infolge einer speziellen Genese wie auch eines sehr heterogenen Stoffmetabolismus durch eine von der üblichen Norm abweichenden Horizontfolge gekennzeichnet sind.

Deshalb entbehrt das Studium der Stadtböden nicht eines besonderen Reizes, da es sich um Böden handelt, die seit Jahrhunderten unter starkem Einfluss des Menschen stehen, speziell geprägt sind, weshalb das Wirkungsgefüge der natürlichen wie auch anthropogenen Bodenfaktoren am Profil oft schwer erkenn- und nachvollziehbar wird.

Im Rahmen des von der Magistratsabteilung 22 – Wiener Umweltschutzabteilung – initiierten Projekts „Vielseitiger Boden“ bot sich die Gelegenheit, nach drei ausgewählten Bodenfunktionen, wie Standortpotential für natürliche Pflanzengesellschaft, Filter- und Pufferfunktion für organische und anorganische Schadstoffe, Funktion des Bodens im Wasserhaushalt, eine Bodenkarte Wiens nach bereits vorhandenen Unterlagen sowie neuesten Daten aus geotechnischen Erkundungen im Zuge des U-Bahnbaus zu erstellen. Die Spanne der Literaturrecherchen umfasst somit einen Zeitraum vom Jahre 1862 bis heute.

Ausgangsbasis für die neue Bodenkarte ist die Fläche der Stadt Wien von 41.487 ha, die sich aus 14.911 ha Bauflächen, 18.889 ha Grünfläche (davon 5.704 ha landwirtschaftlich genutzte Flächen), 1.916 ha Gewässer und 5.991 ha Verkehrsflächen in 152 m bis 542 m SH zusammensetzt. Das nicht verbaute Areal umfasst somit rund 45 Prozent, was erklärt, warum Wien im globalen „Greenest Cities“-Ranking den ersten Platz einnimmt.

Schon beim Entwurf dieser Bodenkarte war die erste Frage, nach welchen Kriterien angesichts der voll- und teilversiegelten bzw. nicht versiegelten Flächen diese konzipiert werden soll.

Das Ergebnis der zeitlich wie räumlich umfassenden Recherchen wird in einer Bodenkarte der natürlichen, zum Großteil stark überprägten Bodendecke Wiens im Maßstab 1:50.000 wie auch mit Erläuterungen der 15 ausgewiesenen Bodentypen und -subtypen zur praxisnahen Umsetzung dargestellt.

Dadurch liegt nicht nur eine neue Bodenkarte Wiens entsprechend der aktuellen Österreichischen Bodensystematik vor, sondern auch eine solide Basis zur Beurteilung der Multifunktionalität der Böden wie auch deren Nutzung. Gerade die letztgenannten Punkte sind ein Appell, den enormen Flächenfraß in Österreich (die tägliche Bodeninanspruchnahme beträg.

Detektion von Schichtung oder Horizontierung durch Bohrloch-Gammaspektrometrie

Daniel Pfarr; Stefan Pätzold; Wulf Amelung

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Gammaspektrometrie ist eine mittlerweile gut etablierte Methode mit relativ geringem Arbeits- und Beprobungsaufwand zur flächigen Untersuchung der Textur von Böden. Dem liegt zugrunde, dass verschiedene lithogene und pedogene (Ton-)Minerale Gamma-Nuklide wie K-40 und Th-232 enthalten. Durch die Abschirmung der Gammastrahlung aus größerer Tiefe durch den Oberboden beziehen sich diese Untersuchungen aber nur auf die obersten ca. 40 cm des Bodens. In dieser Studie möchten wir darlegen inwiefern sich die Erkenntnisse aus der bisherigen Arbeit mit Gamma Sensoren vom Oberboden auch in die Tiefe übertragen lassen. Dazu wurde von der Fa. Medusa in Groningen (Niederlande) ein Gammaspektrometer mit einem 98,2 cm³ CsI-Kristall konstruiert, der sich an einem Stativ hängend mit einem Stahlseil in ein Bohrloch mit 6 cm Durchmesser absenken lässt. Inwiefern sich mit diesem Sensor Schichtungen und Horizonte von einer Mächtigkeit > 10 cm detektieren lassen, soll ebenfalls in der vorliegenden Studie erörtert werden. Auf der Sensorteststrecke der AG Allg. Bodenkunde und Bodenökologie an der Universität Bonn wurden zunächst Vorversuche durchgeführt; die Teststrecke umfasst auf 3x3 m Plots acht verschiedene Substrate und Böden in 50 cm Mächtigkeit über einer Lage homogen bis 1 m Tiefe eingebauten Filterkieses. Wir konnten feststellen, dass sich Korrelationen zwischen Gammacounts und der Körnung der Substrate, die bisher schon aus flächigen Messungen im Oberboden bekannt sind, auch vertikal in die Tiefe übertragen lassen. Die verschiedenen Böden ließen sich von der unterlagernden Kiesschicht scharf abgrenzen. Folgeuntersuchungen auf verschiedenen Ackerflächen und im Grünland bestätigen diese ersten Ergebnisse. Die Gammacounts lassen sich bei lokaler Kalibration linear mit den Ton- und Sandgehalten der verschiedenen Tiefen korrelieren. Erwartungsgemäß ließ sich auf einer Versuchsfläche des ZALF im Endmoränengebiet Brandenburgs die Mächtigkeit des Decksandes über dem Geschiebemergel detektieren. Auch in einer mächtigen Lössdecke wurden Gammaspektren in verschiedenen Tiefen aufgenommen. Der Bt- Horizont einer Parabraunerde konnte anhand der höheren K-40 Counts deutlich identifiziert werden. Gammaspektrometrie kann also mit dieser Bohrloch-Methode valide Informationen aus Tiefen > 40 cm bieten und Schichtungen oder Horizontierungen, sofern diese mit Änderungen in der Korngrößenfraktion einher gehen, detektieren.

Besonders schutzwürdige Böden – ein methodischer Ansatz aus Hessen und Rheinland-Pfalz

Dorthe Pflanz¹; Frank Ulrich²; Thomas Vorderbrügge³; Klaus Friedrich⁴

¹ Landesamt für Geologie und Bergbau, Rheinland-Pfalz; ² Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie; ³ ehem. Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie; ⁴ Landeshauptstadt Wiesbaden, Umweltamt

Über die Bodenfunktionsbewertung lassen sich Bereiche mit herausragenden Funktionseigenschaften ableiten, welche nach dem BBodSchG unter besonderem Schutz stehen. Suchräume für „besonders schutzwürdige Böden“ sind vom Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) für die Regionalpläne in Hessen ausgewiesen worden. Die Methode soll vom Landesamt für Geologie und Bergbau, Rheinland-Pfalz (LGB) im Grundsatz übernommen werden und die thematischen Bodenkarten ergänzen.

Die so ausgewiesenen Böden sind vorrangig vor Beeinträchtigungen zu schützen. In beiden Ländern werden für die Auswertung die Bodenflächendaten im Maßstab 1:50000 genutzt. Ein Vorteil der langjährigen Kooperation der beiden Länder ist eine Datenstruktur, die überregionale Vergleichbarkeiten der einzelnen Methoden zulässt.

Folgende Funktionen bzw. Themen wurden bislang ausgewertet und gehen in die Gesamtkulisse der „besonders schutzwürdigen Böden“ ein:

- A) Böden als Archiv der Naturgeschichte
- B) Böden mit extremen Standorteigenschaften und besonderer Bedeutung für die Biodiversität sowie
- C) Böden mit hoher Funktionserfüllung im Wasserhaushalt, für die Ertragssicherheit, als Filter und Puffer sowie als Regulator im Klimageschehen.

Die Methoden im Einzelnen:

- A) Böden als Archiv der Naturgeschichte

Aus den Bodenflächendaten kann nur das Archiv „Naturgeschichte“ ausgewertet werden. Für die Ausweisung wurde weitestgehend auf die expertengestützte Auswahl zurückgegriffen, da es hier noch keine standardisierte Methode gibt.

- B) Böden mit extremen Standorteigenschaften und besonderer Bedeutung für die Biodiversität

Als besonders wertvoll werden beispielsweise Standorte mit extremem Nässeinfluss und Torfbildung sowie physiologisch extrem trockene Standorte angesehen. Ausgewertet wurden die Bodenflächendaten in Bezug auf „Bodentyp“, „Grundnässestufe“, „Staunässestufe“, „Basenhaushalt“ und „nutzbare Feldkapazität im durchwurzelbaren Bodenraum“.

- C) Böden mit hoher Funktionserfüllung im Wasserhaushalt, für die Ertragssicherheit, als Filter und Puffer sowie als Regulator im Klimageschehen

Böden, die gleichzeitig ein hohes Bindungsvermögen für Stoffe sowie ein hohes Speichervermögen für Wasser haben, wird ein hoher Funktionserfüllungsgrad zugeordnet. Als „Schwellenwert“ wurde deshalb eine Feldkapazität von 370 mm und eine nutzbare Feldkapazität von 190 mm, bezogen auf 1 m Tiefe, festgelegt.

Bodenschätzung und die Bewertung der Ertragsfähigkeit von mitteldeutschen Löss-Schwarzerden im Spannungsfeld des dynamischen Wandels von Klima und Landwirtschaft

Steven Polifka¹; Michael Steininger²; Philipp Götze³; Jens Abraham⁴

¹ Finanzamt Bitterfeld-Wolfen; ² Mitteldeutsches Institut für angewandte Standortkunde und Bodenschutz Halle; ³ Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg; ⁴ Finanzamt Quedlinburg

Die Bodenschätzung ist ein seit 1934 gesetzlich geregeltes Bonitierungs- und Klassifizierungssystem zur Abschätzung der Ertragsfähigkeit landwirtschaftlich nutzbarer Standorte in Deutschland.

Trotz des primär ökonomischen Charakters des Schätzungsergebnisses mit der Ausweisung der Grünland- und Ackerzahl, fußt die gegenwärtige Bewertung auf der Erfassung pedogener Merkmale, Geländeeigenschaften und klimatischer Bedingungen. Aufgrund der dynamischen Entwicklung der landwirtschaftlichen Produktionsverfahren, insbesondere der eingesetzten Produktionsmittel, der Nutzung des züchterischen Fortschritts und der Gestaltung von Fruchtfolgen aber auch des Wandels klimatischer Bedingungen, tendiert die auf der Bodenschätzung basierende Bewertung dazu, rezente und zukünftige Dynamiken zu unterbewerten. So lassen sich schon heute aufgrund variierender Niederschlagsverhältnisse auf relativ niedrig bewerteten Ackerstandorten höhere Erträge realisieren als auf hoch bewerteten Ackerstandorten.

Folglich stellt sich die Frage, ob und in welchem Maß veränderte Produktionsbedingungen in den Ergebnissen der Bodenschätzung zu berücksichtigen sind.

Beispielhaft zählen nach den Ergebnissen der Bodenschätzung Löss-Schwarzerden im mitteldeutschen Raum zu den höchstbewerteten ackerbaulich genutzten Böden. Erfasste bodenkundliche Parameter bestätigen diese Einschätzung. Jedoch verhindert die Niederschlagsverteilung insbesondere in der Vegetationsperiode unter den gegenwärtigen Rahmenbedingungen die Ausschöpfung des Ertragspotentials der angebauten Fruchtarten. Aufgrund zunehmend heterogener Niederschlagsverteilungen innerhalb verlängerter Vegetationsperioden ergeben sich überregional ungleiche Ertragspotentiale durch die Limitierung des pflanzenverfügbaren Wassers. Vor diesem Hintergrund wurden historische mit aktuellen Ertragsniveaus ausgewertet. Darauf basierend lassen sich künftige Anforderungen an die Bodenschätzung und Bodenbewertung, sowie die Nutzung der Datenbestände in Fachinformationssystemen diskutieren.

How can we quantify, explain and apply the uncertainty of complex soil maps predicted with artificial neural networks?

Kerstin Rau; Thomas Gläzle; Philipp Hennig; Thomas Scholten

University of Tübingen

Artificial neural networks (ANN) have now found many applications in soil science as a useful tool for complex questions. However, we continue to face two challenges in their use. In their basic form, deep-learning algorithms do not provide interpretable predictive uncertainty. They have been thus widely used as black-box models, producing only estimates without uncertainty quantification. Further, in most cases, only regression coefficients or comparable statistical correlation measure are reported for the overall performance of the model. This leads to the second challenge, which is that these algorithms often assign high confidence to predictions in areas far away from training data, even if the prediction is patently incorrect.

In order to gain a better understanding of the uncertainty of complex soil maps predicted with ANN, we implement in our explorative study on soil classification a Bayesian deep learning approach known as last layer Laplace approximation. This is a technique that adds uncertainty to deep networks and can be applied as a post-hoc "add-on" leaving the otherwise good performance of deep classifiers unaffected. It helps us to correct the overconfident areas without reducing the accuracy of our predictions.

Our predictor variable soil type subsumes a large amount of complex information about soil processes and properties, which is useful since it would take a lot of time and money to collect all this information individually. At the same time, Soil maps are thus valuable tools for political authorities, construction companies or farmers. Our study area around Tübingen in Southwestern Germany can be subdivided into typical soils of the Neckar and Ammer valleys, the Swabian Jura, the Black Forest and non-area related soils. Remotely sensed variables such as satellite imagery, a digital elevation model, its derivatives and the geology map are used as input to the ANN. As a test case, we then explicitly exclude the Swabian Jura and Black Forest in the training area but include them as prediction regions. Both regions are characterized by very different soil types compared to the rest of the study area due to their considerably different geology, climate, and terrain. Our goal is then to enrich soil type maps with a structured uncertainty to better understand the causality of machine learning models in soil science and their transferability to other regions.

Notes on explainable machine learning in spatial modelling

Tobias Rentschler¹; Thomas Scholten¹; Karsten Schmidt²

¹ Universität Tübingen; ² Soilution GbR

The investigation and application of machine learning based frameworks for spatial mapping has increased rapidly in the past years. This is mainly due to the rapid increasing availability of environmental data and computational power and even more the ongoing need for analysis and evaluation of environmental change and associated socio-economic challenges: climate change, human interference with the carbon, nitrogen, phosphorus and water cycles, land use change, land degradation, loss of biodiversity, and their interconnections with soil. Machine learning frameworks have proven to be suitable for spatial modelling and mapping of soil status and trends, and to contribute to possible solutions of these challenges. However, machine learning frameworks often are black box models and the models' decisions and predictions remain unexplained. This leads to substantial critique and distrust in the application of machine learning frameworks because they can be used superficial, incautious, or fraudulent in the worst case. Therefore, it is necessary to expand the existing black box frameworks towards explainable machine learning to justify decisions, control, and improve the machine learning models and their predictions and to foster acceptance in science, politics, and society. We identified three core elements for explainable machine learning: 1) transparency, 2) interpretability, and 3) explainability. Transparency refers to the machine learning method directly and how it derives rules and parameters that describe relations in the training data. Interpretability relates the model ruleset to the training data and is about the organization, presentation, and visualisation of the relevant relations within the data. Explainability assembles the transparent machine learning model and the set of interpretations from it and contextualises the model outputs with domain knowledge to be scientifically consistent. Further, we found that transparency also affects the input data and the pedological domain knowledge about soil forming factors to be scientifically consistent with common soil surveying frameworks starting from project idea over sampling, data preparation, and processing to model training, evaluation, interpretation, and explanation. In our opinion, this way we can find synergies between the common soil surveying and the (explainable) machine learning frameworks with new scientific insights for the benefit of both subdisciplines of soil science.

Moore und subhydrische organische Böden in der Neufassung der Bodensystematik und aktualisierte Kennwertlisten

Niko Roßkopf; Albrecht Bauriegel

LBGR Brandenburg

Im Rahmen der Neufassung der Bodensystematik der DBG und Erarbeitung der 6. Auflage der Bodenkundlichen Kartieranleitung erfolgte unter anderem die Überarbeitung der Abteilungen der Moore und der Subhydrischen Böden innerhalb der Bodensystematik (im Falle der Moore durch eine gemeinsame Arbeitsgruppe der Deutschen Gesellschaft für Moor- und Torfkunde und der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft).

Durch die bisherige Systematik wurden besonders stark anthropogen veränderten Moore (nach KA6: Moorkultisole), Böden aus entwässerten organischen Mudden sowie Moorfolgeböden nur unzureichend gekennzeichnet.

Neben den notwendigen Anpassungen innerhalb der Klasse der Moore und subhydrischen organischen Böden an die neue Bodensystematik stehen im Vortrag die bodensystematische Einstufung dieser Böden im Mittelpunkt.

Darüber hinaus sollen die aktualisierten Kennwertlisten der Torfe und Mudden vorgestellt und diskutiert werden.

Andosole - Andosols - Andisols: Wie sich unter dem gleichen Namen unterschiedlich definierte Böden finden

Peter Schad

Technische Universität München (TUM)

In der 6. Auflage der Bodenkundlichen Kartieranleitung (KA6) wurde die Klasse der Andosole eingeführt. Sie hat den einzigen Typ Andosol mit den beiden Normsubtypen Silandosol (mit dem Horizont Niv) und Aluandosol (mit dem Horizont Nav). Die World Reference Base for Soil Resources (WRB) hat die Reference Soil Group Andosol und die Soil Taxonomy (ST) die Soil Order Andisol.

Der Nv-Horizont in der KA6 hat folgende diagnostische Kriterien:

1. schmierige Konsistenz beim Quetschen von Feinerde zwischen den Fingern (Greasing-Effekt) und
2. pH in einer Suspension mit frischer Natriumfluorid-Lösung $\geq 9,5$ oder positiver Feldtest nach FIELDS & PERROTT (1966) (beides nur eindeutig in carbonatfreiem Material) und
3. $A_{lo} + \frac{1}{2} Fe_o \geq 2 \%$ und
4. $A_{lo} \geq Fe_o$ und
5. Trockenrohdichte $\leq 0,9 \text{ g cm}^{-3}$

Kriterien 4 und 5 finden sich auch in den andic properties der WRB und den andic soil properties der ST. Die Feldkriterien 1 und 2 fehlen jedoch. Deren Einführung war ein ausdrücklicher Wunsch seitens der Bodenkartierer einiger Bundesländer. Kriterium 3 fehlt den internationalen Systemen ebenfalls. Zwar gilt dieses Verhältnis für die Andosole aus Laacher-See-Tephra, doch zeigen zahlreiche Andosols aus eisenreichen Ausgangsgesteinen (z. B. in Island) umgekehrte Verhältnisse. In der KA6 wurde dieses Kriterium eingeführt zur Abgrenzung von den Ockerrheosolen. Sowohl die WRB als auch die ST verlangen als weiteres Kriterium eine hohe P-Retention. Darauf hat die KA6 verzichtet, weil in mitteleuropäischen Andosolen bei hohen A_{lo} - und Fe_o -Gehalten die P-Retention stets sehr hoch ist.

Der Niv-Horizont hat einen Gehalt an $Si_o \geq 0,6 \%$ und der Nav $< 0,6 \%$. Nach demselben Kriterium unterscheidet die WRB die Qualifier Silandic und Aluandic. Die ST kennt dies nicht. Somit kann die ST nicht unterscheiden zwischen Andosolen mit vielen Allophanen und Imogoliten (hohe Si_o -Gehalte) und solchen, die stattdessen von Al-Humus-Komplexen geprägt sind.

In der KA6 ist der N-Horizont als mineralischer Horizont definiert. Die andic properties der WRB können auch organisch sein, doch gliedern Histosols vor den Andosols aus. Das ist in der ST im Prinzip auch so, aber bei $< 25 \%$ Corg hat der Andisol Priorität über den Histosol.

WRB und ST zählen auch Böden mit vulkanischen Gläsern zu den Andosols bzw. Andisols, wenn sie $A_{lo} + \frac{1}{2} Fe_o \geq 0,4 \%$ und eine wenigstens mäßige P-Retention aufweisen. In der KA6 gehören sie zu den Übergangssubtypen zu den Braunerden.

Rekonstruktion bronzezeitlicher Subsistenzwirtschaft – Biogeochemische Analysen an einer begrabenen Ackerfläche im Hegau (nördliches Alpenvorland)

Sascha Scherer¹; Benjamin Höpfer²; Sabine Fiedler¹; Markus Fuchs³; George Janzen¹; Thomas Kolb³; Julia Meister⁴; Thomas Knopf⁵; Thomas Scholten⁶; Peter Kühn⁶

¹ Universität Mainz; ² Kanton Aargau, Departement für Bildung, Kultur und Sport; ³ Universität Gießen; ⁴ Universität Würzburg; ⁵ Keltenmuseum Hochdorf/Enz; ⁶ Universität Tübingen

Die Identifikation prähistorischer Ackerflächen im nördlichen Alpenvorland wird durch das heterogene Ausgangssubstrat in Form von Geschiebemergel, Schotter und Molasse und die Überprägung durch rezente Landschaftseingriffe erschwert. Daher ist die Korrelation eines begrabenen bronzezeitlichen Pflughorizonts (IIfAp) mit einer angrenzenden Siedlung ein bisher einmaliger Befund im nördlichen Alpenvorland.

Basierend auf früheren Arbeiten wurde ein zunächst punktueller Befund eines Pflughorizonts in Anselfingen (Hegau, SW-Deutschland) flächig kartiert und an fünf weiteren Profilen biogeochemisch analysiert. Die Datierung erfolgte mit optisch stimulierter Lumineszenz (OSL) an Sedimenten und der ¹⁴C-Analyse an Holzkohlefragmenten. Zur Rekonstruktion von Vegetationsmustern und ackerbaulicher Subsistenz wurden Phytolithen, Gesamtphosphor (P_{tot}, aqua regia, ICP-OES), Miliazin (Marker für *Panicum miliaceum*) und Alkylresorcinole (Marker für *Triticum dicoccum*) analysiert.

An den fünf Profilen wurde der IIfAp-Horizont von bis zu 3 m Kolluvium überdeckt und dadurch rezenten Bodenbildungsprozessen weitestgehend entzogen. Die Ausdehnung der Ackerfläche beträgt insgesamt 0.2 bis 0.5 ha. Anhand von 13 OSL und 41 ¹⁴C Altern kann eine kontinuierliche Nutzung der Ackerfläche von mindestens der Mittleren Bronzezeit (3.6 ka) bis zur Frühen Latènezeit (2.5 ka) nachgewiesen werden. Phytolithenspektren zeigen eine Dominanz an Grasvegetation über Baum- und Strauchvegetation, woraus sich eine intensive Öffnung der Landschaft durch den Menschen ableiten lässt. Speziell das Fehlen von Phytolithen aus den Blütenständen der Gräser deutet auf eine ackerbauliche Nutzung in Form von Ernteaktivitäten hin. Der P_{tot}-Verlauf zeigt für alle Profile eine deutliche Reduzierung der P_{tot}-Gehalte vom ältesten Kolluvialhorizont zum darunterliegenden IIfAp, ausgelöst durch einen möglichen Nährstoffentzug. Die noch ausstehenden Analysen weiterer Sedimentproben auf Phytolithen, Miliazin und Alkylresorcinole lassen weitere Einblicke in die ackerbauliche Subsistenz bronzezeitlicher Bauern im nördlichen Alpenvorland erwarten und heben den Pflughorizont in Anselfingen als wertvolles Archiv zur Rekonstruktion frühgeschichtlicher Landwirtschaft hervor.

Aktuelle bodenkundlichen Methoden des Bundes und der Länder: Skalenabhängige Evaluierung und Bereitstellung durch die AG Boden

Carsten Schilli¹; Jan Bug²; Dagmar Fritzsche³; Klaus-Jörg Hartmann⁴; Robert Müller⁵; Klaus Kruse⁶; Dörthe Pflanz⁷

¹ Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen – Landesbetrieb (GD NRW); ² Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie; ³ Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie; ⁴ Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt; ⁵ Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg, ⁶ BGR, ⁷ Landesamt für Geologie und Bergbau, Rheinland-Pfalz

Eines der wesentlichen Ziele der AG Boden, als Gremium der Vertreter der staatlich geologischen Dienste, ist seither das Ziel, die bei Bund und Ländern laufenden Arbeiten zur Bereitstellung von Informationen über die Böden Deutschlands durch Entwicklung gemeinsamer Arbeitsanleitungen zu standardisieren und das Wissen über die Verbreitung und Eigenschaften der Böden in geeigneter Form analog oder digital verfügbar zu machen.

Als allgemein verfügbares kostenfreies Medium steht dafür das Internetportal Infogeo.de zur Verfügung. Die derzeitige Darstellung der bodenkundlichen Methoden entspricht in Struktur und Inhalt nicht mehr dem aktuellen Zeitgeist und Stand der Wissenschaft. Neue bodenkundliche Arbeitsfelder, wie z.B. die bodenkundliche Baubegleitung, sowie die kommende Neuauflage der bodenkundlichen Kartieranleitung machen eine Überarbeitung der Inhalte notwendig.

Der Vortrag stellt die Arbeitsergebnisse der Projektgruppe zur skalenabhängigen Methodenevaluierung vor. Hierbei stehen die Struktur und Verfügbarkeiten der landes-/ bundeseinheitlichen Methoden im Vordergrund. Weiterhin sollen Hinweise für die Vergleichbarkeit zur Verfügung gestellt werden.

Spatial distribution patterns and soil properties of former field systems in Northeastern Bavaria, Germany

Anna Schneider; Thomas Raab; Alexandra Raab; Simran Sekhri; Alexander Bonhage

BTU Cottbus - Senftenberg

Former field systems (FFS) in sloped forest areas are often discernible by a characteristic morphology with flattened slope areas and intermediary ridges formed by tillage erosion and colluvial redeposition. Soils of such lynchet field systems feature modified stratigraphy and properties and constitute a memory of past land use. At the same time, the legacies of past agriculture affect recent forest ecosystems. High-resolution digital elevation models (DEMs) allow to identify lynchets over large areas and open up new opportunities to study the FFS. Within our research on different land use legacy features in forest areas, we study FFS in Northeastern Bavaria (Germany) in a geopedological approach, combining large-scale mapping and spatial analysis with the description and analysis of soil properties for specific sites.

Lynchet systems (and other remnants of pre-industrial FFS) in recent forests were mapped from LIDAR DEMs for an area of 2045 km² (972 km² forest area). The results show more than 100 km² of FFS, mostly appearing as lynchet systems. Their spatial distribution patterns differ within the study area, mainly depending on parent material and landform.

Soil stratigraphy and properties were studied for FFS and reference positions in six study sites, combining a characterization of principal soil profiles and an assessment of spatial soil property variations. The FFS soils are characterized by truncated profiles over most parts of the flattened slope areas and accumulation of colluvium upslope of lynchet risers. The depth of soil profile truncation and height of lynchet risers differ, mainly related to slope and erodibility of the initial soils. Stratigraphy of the lynchet soils indicates a gradually proceeding formation by tillage erosion. First results of soil property analyses show that carbon and nitrogen contents differ between FFS and reference soils and are more homogeneous within the FFS. Furthermore, physical properties of the FFS soils (bulk density, pore size distribution, hydraulic conductivity) are modified compared to unaffected forest soils through profile truncation and accumulation of colluvium. Overall, the results show that the legacy effects of past agriculture affect large fractions of recent forest areas, and can be of different quality depending on lithology of the soils' parent material and land use history.

Aktuelle Untersuchungen zu fossilen Oberflächen in Küstennähe

Annette Siegmüller

Niedersächsisches Institut für historische Küstenforschung

Die Marsch der niedersächsischen Küsten war bis zum Deichbau eine sehr dynamische, wandelbare Landschaft und verändert sich bis heute. Aufgrund ihres komplexen Siedlungsgeschehens in Kombination mit hervorragenden Erhaltungsbedingungen bildet sie schon seit Beginn des letzten Jahrhunderts ein Schwerpunkt der archäologischen Siedlungsforschung. Dabei spielte bereits früh die enge Zusammenarbeit mit den naturwissenschaftlichen Nachbarwissenschaften eine große Rolle, um so den Lebensraum Marsch mit seinen diachronen Veränderungen in der Ausdehnung und den Siedlungsbedingungen rekonstruieren und verstehen zu können. In jüngster Zeit sind die fossilen Oberflächen in der Marsch, aber auch die Bodenbildungen auf der darunterliegenden Holozänbasis in den Fokus der Forschung gerückt, um auch die älteren Siedlungslandschaften erfassen und die jeweiligen Lebensbedingungen rekonstruieren zu können. Dazu wurden verschiedene Surveystrategien erprobt, mit deren Hilfe sowohl großflächige Rekonstruktionen des Geländereiefs angestrebt, als auch Detailinformationen zur anthropogenen Nutzung und Beeinflussung dieser Oberflächen erhoben wurden. Der Vortrag gibt einen Überblick über die verschiedenen Ergebnisse der aktuellen Untersuchungen aus mehreren Projekten in den Marschen und am Geestrand.

3D mapping of soil texture and pH based on remote sensing and legacy data at Swiss national scale

Felix Stumpf; Thorsten Behrens; Armin Keller

Kompetenzzentrum Boden, Schweiz

Soil maps are indispensable for an adequate evaluation of soil quality and soil related ecosystem services and thus to allow sustainable soil management. In Switzerland, existing soil maps are limited with respect to spatial coverage and scale, while attempts to update legacy soil data using recent Digital Soil Mapping (DSM) techniques are rare. There is a clear need for detailed and area covering soil property maps. This study is framed by three dimensional (3D) DSM approaches to predict the spatial and vertical distribution of soil texture (sand, silt, clay) and pH at national scale. The focus of the study lies on investigating DSM models with respect to performance and uncertainty for three depths intervals (0-30 cm, 30-60 cm, 60-120cm) and for crop-, grass- and woodland, as well as with respect to covariate importance. The DSM models build on Quantile Regression Forests, a fivefold data split approach for independent evaluation and a legacy soil data set from various regional soil surveys across 35 years. The soil covariate set is extensive, including a spatially multiscale terrain analysis, a temporarily multiscale land use and vegetation analysis, a spectral bare soil analysis, and a spatio-temporal climate analysis. Main data sources of the soil covariate set are an elevation model based on airborne laserscan data, as well as spectral raster timeseries based on satellite imagery from Landsat and Sentinel missions. Soil texture models showed R^2 values between 0.55 and 0.8 across all depth intervals and landcovers, while soil pH models showed R^2 values between 0.61 and 0.86. The highest R^2 values were found in the depth interval 30-60cm for soil texture and pH. With respect to landcover, soil texture models performed best on cropland, while soil pH models showed an increased R^2 on woodland. Soil depth was the most important covariate for all soil texture and pH models, followed by climate and the equally ranked covariates for bare soil spectral reflectance, land use and vegetation, as well as terrain.

BonaRes DOI für Bodenprofile – divers & multifunktional

Nikolai Svoboda; Carsten Hoffmann; Xenia Specka

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V.

Profildaten zu erheben, aufzubereiten und in einheitlicher, homogener Struktur digital zur Nachnutzung bereitzustellen erfordert einen starken Interessensausgleich zwischen Bodenwissenschaftlern als Autoren, den Möglichkeiten der Softwareentwicklung und den Nachnutzern der Profildaten. Der Knackpunkt ist es, die Autorenrechte, die durch eine gültige Lizenz gesichert sind, bei der Nachnutzung nutzerfreundlich zu gewährleisten. In unserem Fallbeispiel, haben Sie ein Profil in der BonaRes Profildatenbank veröffentlicht und mit der CC-BY Lizenz versehen; damit stehen Ihnen die vollen Autorenrechte zu. Bei der Nachnutzung von vielen Profilen, wie es z.B. in Modell- oder Metastudien üblich ist, führt das schnell zu hunderten von notwendigen Zitationen.

Wir haben im BonaRes ein System entwickelt, mit dem beide Aspekte berücksichtigt werden: Autorenrechte und Zitierbarkeit.

Wir bieten die dynamische Datenzitation für Bodenprofile an und kombinieren diese mit der Möglichkeit Datensammlungen zu erstellen. Sie haben die Möglichkeit, Profile, die sie für ihre wissenschaftliche Arbeit benötigen, anhand von festgelegten Kriterien auszuwählen und daraus eine Datensammlung zu erstellen. Diese Datensammlung kann nach einer Prüfung mit neuen Metadaten beschrieben und veröffentlicht werden. In den Metadaten sind alle ursprünglichen Autoren und deren Profile benannt. Die technischen Möglichkeiten, die unsere Infrastruktur bietet, ergänzen wir mit einem umfangreichen Support durch Data Stewards.

Wir möchten in unserem Beitrag die Vor- und Nachteile für Autoren und Nachnutzer offenlegen und gemeinsam diskutieren.

Toxic Commons – künstlerische Forschung in Bitterfeld-Wolfen

Caroline Ektander; Alex Toland

Bauhaus Universität Weimar

Welche Spuren der Umweltzerstörung sind in der ehemaligen DDR noch sichtbar? In Bitterfeld-Wolfen ist das industrielle Erbe ein grundlegender Bestandteil der Stadtgeschichte. Was ist seit der Wiedervereinigung in dieser Industrieregion geschehen? Bitterfeld galt einst als die "dreckigste Stadt Europas". Heute ist es ein weltweit bekanntes Beispiel der technologischen Spitzenwissenschaft in der Bewältigung von industriellen Altlasten; Böschungen rund um den Silbersee sind stabilisiert, um Überschwemmung des schadstoffbelasteten Wassers in den angrenzenden Gebieten zu verhindern, und die Aufschüttung des "Nordschluche" hat begonnen; die Oberflächenabdeckung der Deponie Freiheit III wurde ebenfalls vollständig hergerichtet. Die Probleme sind aber komplex und langfristig. Durch die Auffüllarbeiten wird die bis zu zwölf Meter dicke Schlammschicht, kaum mehr als einen Meter unter der Oberfläche des Silbersees, aufgewirbelt, wodurch schwefelhaltige Gase erneut freigesetzt werden. Die Sinneswahrnehmung des Ortes widersprechen den Erfolgsmeldungen. Wie wurde und wie wird Umweltverschmutzung in Bitterfeld nach der Wiedervereinigung konzeptualisiert, untersucht und repräsentiert, und wie wirkt sich dies auf die laufenden Sanierungsarbeiten vor Ort aus? Wie wird Wissen über Toxizität generiert, verstanden und vermittelt, und wie wirkt es sich auf die lokale Bevölkerung und die Vorstellungen von Heimat aus? Das künstlerische Forschungsprojekt "Toxic Commons", das im Rahmen einer künstlerisch-wissenschaftlichen Promotion an der Bauhaus-Universität Weimar realisiert wird, entwirft Interventionen in Bezug auf Fragen der Bodenkontamination und -Sanierung am Beispiel der deutschen Chemiestadt Bitterfeld, um die komplexen Beziehungen zwischen Menschen und Landschaften besser erfahrbar zu machen. Es fragt: kann Kunst dazu beitragen, die verschiedenen Ebenen des gemeinschaftlichen Bewältigens von langfristiger Toxizität zu begegnen, die für die Wiederbelebung einer postindustriellen Stadtlandschaft wie Bitterfeld von zentraler Bedeutung sind? Durch die drei Studie Himmel im Boden, Schweiß der Erde und Unterirdische Nachhall untersucht "Toxic Commons" die sozialpolitischen, ökonomischen und kulturellen Verflechtungen einer industriellen Wirtschaft und die von ihr abhängigen Boden- und Wasserressourcen. Im Beitrag werden das Projekt vorgestellt und ein Überblick über die Exkursionen nach Bitterfeld-Wolfen im Rahmen der DBG Tagung gegeben. (mit K VIII, K – 8.1 und K – 8.6)

Begriffsbestimmungen für Bodenkunde und Bodenschätzung – schmückendes Beiwerk oder notwendiges Übel?

Hans-Jürgen Ulonska

Bodenkundliche Grundlagen, basierend auf empirischen bzw. freien wissenschaftlichen Erkenntnissen, sind unabdingbare Bestandteile funktionsübergreifender mehrdimensionaler Zusammenhänge. In diesem Kontext bestehen u. a. im Zuge von Klimaänderungen anhaltende Widersprüche oder haben sich in Verbindung mit bodenkundlichen Daten und daraus abgeleiteten Kennwerten zusätzlich offenbart. Demzufolge haben methodisch belastbare bodenkundliche Daten zur Ableitung justiziabler Kennwerte (bspw.: mineralische Korngrößenzusammensetzungen zu fachrechtsübergreifenden rechtssicheren Ableitung von Nährstoff- bzw. Schwermetallgehalten) nicht nur Eingang in rechtliche Vorgaben des Boden-, Gewässer-, Klima-, Natur- und Strahlenschutzes gefunden, sondern basieren v. a. auf den dauerhaft bewährten bodenkundlichen Grundlagen der amtlichen Bodenschätzung und -bewertung. Zur Klarstellung des Gewollten und Vermeidung von Missverständnissen, ist es im Kreuzungsbereich von Wissenschaft und Rechtssetzung unabdingbar, weiterhin nach Gemeinsamkeiten zu suchen, um diese mit umfassenden Begriffen ausfüllen zu können. Dazu gehören zweifelsfrei grundsätzliche Verständigungen mit gleichwertig vergleichbaren Methoden hin zu eindeutigen Bestimmungen bodenkundlicher bzw. bodenkundlich geprägter Begriffe. Im Rahmen einer vorläufigen Bestandsaufnahme werden wiederholt Vorschläge für zielführende Diskussionen unterbreitet.

Schlagworte: Begriffsbestimmungen, Bodenbewertung, -kunde, -schätzung, -schutz.

An integrative approach of soil mapping, geophysical surveys and historical accounts to locate a 14th century plague mass grave in Erfurt, Germany

Nik Usmar¹; Michael Hein¹; Johannes Rabiger-Voellmer¹; Johannes Schmidt¹; Ulrike Werban²; Matthias Silbermann²; Marco Pohle²; Martin Bauch³; Annabell Engel³; Lukas Werther⁴; Christian Tannhäuser⁵; Alexander Herbig⁶; Jan Nováček⁵; Willy Tegel⁷; Christoph Zielhofer¹

¹ Leipzig University; ² UFZ Helmholtz Centre for Environmental Research; ³ Leibniz Institute for the History and Culture of Eastern Europe (GWZO); ⁴ Eberhard Karls University Tübingen; ⁵ Thuringian State Department for the Preservation of Monuments and Archaeology (TLDA); ⁶ Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology; ⁷ Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

In the 14th century, Central Europe was struck by a series of devastating events that led to a prolonged state of socio-economic and agrarian crisis. The Great Famine (1315-1321) and the Black Death pandemic (1346-1353) were among the most significant incidents of this time. Investigating the connections between these events as well as possible links to destabilizing climates towards the onset of the Little Ice Age can provide valuable insights into large scale historical human-environment interactions. However, this has been challenging due to the scarcity of human remains clearly linked to these events.

This pilot study, funded by the German Research Foundation (DFG), aims to overcome this limitation by locating mass graves related to the Black Death pandemic using historical, pedostratigraphical and subsurface geophysical investigations. We focus on the city of Erfurt in Thuringia, where our research in local historical archives gives evidence of mass graves in nearby deserted villages corresponding to the events mentioned above.

To identify the location of a Black Death cemetery in the deserted village of Neuses, municipality of Erfurt, we applied vibracoring and combined the results with subsurface geophysical methods such as electrical resistivity tomography (ERT) and ground-penetrating radar (GPR).

Our investigations revealed a clear spatial boundary between two pedogeographical units in the study area, each displaying typical stratigraphical and pedogenic sequences. Potentially, these units co-determined the positioning of the former village and its associated cemetery. The two units were characterized as Chernozem zone and Black Floodplain Soil zone. Furthermore, we were able to preliminarily reconstruct the sedimentary processes and the medieval subsurface architecture despite large-scale ground modifications in the 20th century. On this basis we also identified buried structures within the Chernozem zone that may represent mass graves, this will be clarified during future excavations.

Neolithic Agronomists shaped Chernozem in South-Eastern Bavaria

Anna Sophia Holmer¹; Ildikó Bösze²; Günther Moosbauer²

¹ Technische Universität München (TUM); ² Gäubodenmuseum Straubing

Up to today, the reason for the genesis of chernic horizons in Germany is a matter of discussion. Recent literature is strongly suggesting a purposeful anthropogenic soil management from neolithic times as an origin of these soils. Here we provide another example of neolithic activities meliorating the soil from a calcic Luvisol to a Chernozem with a dimension of several hectares. This is striking, since it is the first finding of a chernic horizon of this extensiveness in Bavaria, Germany.

The Chernozem has been discovered close to the city of Straubing (48°53'N, 12°34'O, MAP 757 mm, MAT 8,6°C), which is situated in the highly arable Danubian Gäuboden and part of the so called Altsiedelland. It has been home to human settlers ever since the first settlers belonging to the Linearbandkeramik (LBK) culture immigrated, among other things like the optimal climatic conditions due to its very favorable soil characteristics (luvisols) developed on Loess. The neolithic Chernozem is located directly next to a graveyard with graves dating in early neolithic times and later as well as neolithic settlements 500 m away. Collected 14C and OSL-data strongly suggest that part of the Chernozem was covered by a roman colluvium probably eroded from the former graveyard hill by roman ploughing activities. Our obtained 14C data places the chernic horizon itself into the early LBK and onwards. Nowadays the chernic horizon is mostly overprinted by the ongoing soil genesis as an argic horizon. Small charcoal flakes (< 0.5 mm) make the chernic horizon appear greyish-black up to today, with carbon-contents of around 1%. The colour intensifies in the center of the Chernozem area closely by the settlements and graveyard and fades out to a distinct grey shadow in the argic horizon of the calcic luvisol above around 2 km away.

These findings leave no room for doubt: The Chernozem has an anthropogenic origin and was created by the neolithic settlers, following a purpose in managing and meliorating the soil.

Abschätzung der aktuellen Vorräte des organischen Kohlenstoffs in den mineralischen Böden unter landwirtschaftlicher Nutzung in Brandenburg

Judith Walter¹; Robert Müller¹; Christian Lehr²; Holger Fell³; Arvid Markert¹; Albrecht Bauriegel¹

¹ Landesamt für Bergbau, Geologie u. Rohstoffe Brandenburg; ² Universität Potsdam; ³ Fell & Kernbach GmbH

Das Land Brandenburg hat mit dem Klimaplan erstmals konkrete Vorgaben zur Einhaltung der Klimaschutzziele der UN-Klimarahmenkonvention formuliert. Dabei ist die Minderung der Treibhausgasemissionen in den Sektoren Landwirtschaft und Landnutzung unter anderem an die Entwicklung der Vorräte an organischen Kohlenstoff in den Böden gebunden. Eine Bewertung der Kohlenstoffvorräte für die organischen Böden liegt auf Basis der Moorbodenkarte (Version 2021) bereits vor. Diese Kulisse soll um die Bewertung der mineralischen Standorte erweitert werden. Dazu wird vom Staatlichen Geologischen Dienst Brandenburg eine räumlich differenzierte Karte der organischen Kohlenstoffvorräte in den landwirtschaftlich genutzten mineralischen Böden erarbeitet, die als Referenz für die jährliche Bilanzierung sowie Prognosen zukünftiger Entwicklung der Kohlenstoffvorräte dient.

Für die Erarbeitung der Referenzkulisse wird zunächst ein Probenahmekonzept basierend auf den Bodenprofilanalysen des Fachinformationssystems Boden des Landes Brandenburg entwickelt. Dabei werden flächendeckend verfügbare Einflussfaktoren auf den organischen Kohlenstoffvorrat identifiziert. Diese Einflussfaktoren werden dann für die Stratifizierung der Probenahmestandorte verwendet. In der Beprobungskampagne werden an den Entnahmepunkten in Tiefenintervallen die Parameter organischer und anorganischer Kohlenstoff, pH-Wert, Trockenrohdichte, Bodentextur sowie makroskopische Kenngrößen erfasst. Die Vorhersage der räumlichen Verbreitung des organischen Kohlenstoffvorrats erfolgt anschließend in Abhängigkeit von Landnutzung, geomorphometrischen und klimatischen Parametern sowie Profildaten der Bodenschätzung mithilfe geeigneter statistischer sowie expertenbasierter Verfahren. Das Gesamtkonzept zur räumlichen Ableitung der Kohlenstoffvorräte sowie erste Ergebnisse werden vorgestellt.

Kartierung des organischen Kohlenstoffgehalts mit hyperspektralen Satellitendaten

Kathrin Ward; Saskia Förster; Sabine Chabrillat

GFZ German Research Centre for Geosciences Potsdam

Unsere Böden spielen im Hinblick auf den Klimawandel und die Ernährungssicherheit eine entscheidende Rolle. Um sich diesen großen Herausforderungen zu stellen, müssen die Böden flächendeckend und räumlich hoch aufgelöst beobachtet werden können. Viel Potential zur Quantifizierung von Bodenparametern bieten in diesem Zusammenhang die in den letzten Jahren gestarteten hyperspektralen Fernerkundungssatelliten. Mit ihrer Hilfe ist es möglich aktuelle und räumlich gut aufgelöste Karten von optisch aktiven Bodenparametern zu erstellen. In unserer Studie evaluieren wir das Potenzial von hyperspektralen Satelliten, wie PRISMA und EnMAP zur Quantifizierung und Kartierung des Gehalts an organischem Kohlenstoff (soil organic carbon = SOC) im Oberboden. Dafür verwenden wir die spektrale Information jener Pixel, die unbedeckten Boden zeigen. Diese werden in Regressions- und Machine-Learning-Modellen (z.B. Partial Least Squares Regression, Random Forest, Gaussian Process Regression, spektrale SOC Indizes) mit dem im Labor gemessenen Gehalt an SOC einiger lokal entnommener Bodenproben, sowie großer spektraler Bodenlabordatenbanken verknüpft. Die genauesten Modelle werden auf die gesamte jeweilige Satellitenszene angewendet, um großräumige Karten zu erstellen. Es werden mehrere Szenen verwendet, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten aufgenommen wurde. Anhand dieser multitemporalen Szenen wird evaluiert, wie diese Szenen am besten kombiniert werden können, um eine möglichst flächendeckende Karte des Studiengebiets zu erstellen. Die vorläufigen Ergebnisse zeigen eine gute Modellgenauigkeit. Vor dem Hintergrund einer zunehmenden Anzahl an hyperspektralen Satelliten im Orbit, kann diese Studie einen wichtigen Beitrag zur zukünftigen SOC Kartierung und Beobachtung leisten.

Standortübergreifende Kalibrierungen des Tongehalts in Weinbergsböden mittels mobiler Gammaskpektrometrie und Methoden des maschinellen Lernens

Ralf Wehrle¹; Stefan Pätzold

¹ Universität Bonn

Die Gammaskpektrometrie (GS) kann räumlich hochaufgelöste Informationen über die Bodentextur, insbesondere den Tongehalt, liefern. Lineare Kalibrierungen sind jedoch meist standortspezifisch und Vorhersagen für flächenübergreifende Kalibrierungen scheitern häufig. Daher soll Bewertung verschiedener Kalibrierungsverfahren des maschinellen Lernens eine allgemeinere Anwendung der GS ermöglichen. Die Ziele dieser Studie waren (i) die Entwicklung eines standortübergreifenden Kalibrierungsmodells für den Tongehalt auf der Grundlage stationärer Messungen durch den Vergleich von Random-Forest-Kalibrierungen (RF) mit anderen Ansätzen des maschinellen Lernens (ML), (ii) die Bewertung von standortübergreifenden Kalibrierungen auf der Feldskala sowie (iii) die Erstellung von Tongehalts-Karten auf der Grundlage von mobilen GS-Messungen und RF-Vorhersagen. Zu diesem Zweck wurde RF mit K-Nearest Neighbors, Neuronalen Netzen und Support Vector Machines für einen Datensatz von acht Weinbergen in Deutschland mit einem breiten Spektrum an geopedologischen Situationen und großen Variationen des Tongehalts (62-647 g kg⁻¹; n= 245) verglichen. Die Messungen wurden mit einem traktormontierten Spektrometer mit zwei 4,2-Liter-Natriumjodidkristallen durchgeführt und anhand der Radionuklide ⁴⁰K und ²³²Th, des Verhältnisses ²³²Th/⁴⁰K sowie der Gesamtradioaktivität ausgewertet. Für die Validierung der Tonvorhersage im gesamten Datensatz übertraf das standortübergreifende RF-Modell andere Kalibrierungen mit hoher Genauigkeit (R² = 0,87), Modellrobustheit (RPIQ = 4,64) und geringem Vorhersagefehler (RMSE = 57,6 g kg⁻¹). Bei der Auswertung des standortübergreifenden Modells auf der Feldskala wurde jedoch deutlich, dass nur einige Weinberge präzise vorhergesagt werden konnten. Dies war auf die unterschiedliche Anzahl der Proben und den unterschiedlichen Grad der Heterogenität der einzelnen Flächen zurückzuführen. Das RF-Modell wurde dann zur Auswertung von GS-Messungen „on-the-go“ für vier Weinberge (n = 7617) verwendet. Für die Weinberge mit ausreichender Heterogenität ergaben die abgeleiteten Tonkarten präzise und genaue räumliche Vorhersagen. Es kann festgehalten werden, dass mobile GS in Kombination mit RF-Kalibrierungen ein leistungsfähiges Instrument für die standortunabhängige Vorhersage des Tongehalts in Weinbergsböden sein kann. Die entsprechenden Tonkarten können wertvolle Informationen für den Präzisionsweinbau und die hochauflösende Bodenkartierung liefern.

Bodengenetik, Bodensubstrate und Klassifikation von Böden aus den Dresdner Parkanlagen „Großer Garten“ und „Schloss & Park Pillnitz“

Falk Hieke¹; Ursula Weiß²; Franziska Kunth¹; Arno Buchholz¹; Karl-Heinz Feger²

¹ Büro für Bodenwissenschaft; ² Technische Universität Dresden, Institut für Bodenkunde und Standortlehre

Das Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) initiierte und fördert ein Investitionsprogramm zur Anpassung urbaner Räume an den Klimawandel. In dem darin eingegliederten Projekt „Klimawandel in historischen Gärten“ erfolgen im Großen Garten und Pillnitz boden- und walderdnährungskundliche Untersuchungen.

In diesem Beitrag werden die feldbodenkundlichen Daten von 5 Aufschlüssen vorgestellt. Die Aufschlüsse befinden sich auf der Niederterrasse der Elbe. Im Großen Garten überlagern Lösslehme Terrassensande und -schotter. Auf der linkselbischen Seite des Dresdner Stadtgebietes sind degradierte Schwarzerden Teil der Bodengesellschaften. Die Schwarzerdesubstrate sind lössbürtig und zumeist tiefgründig entkalkt. Die Dresdner Schwarzerden stellen das nach jetzigem Kenntnisstand östlichste Vorkommen in Sachsen dar.

Typischerweise sind auf den Lössen in Dresden Lessivé-Braunerden entwickelt. Sie sind durch die über Jahrtausende hinweg während der Nutzung häufig erodiert, kolluvial überlagert, tiefgründig gepflügt, um- und abgetragen bzw. überschüttet. Die anthropogene Überprägung der Böden im Großen Garten wird besonders an zwei Standorten deutlich. Um einen Aufschluss befanden sich nach Kriegsende mehrere Bombenkrater. Die Umlagerung ist dagegen im Aufschluss gut nachvollziehbar. Die anthropogene Umlagerungszone reicht bis ca. 7 dm unter Flur. Im Liegenden der Anthrozone ist der Rest des natürlichen Bodens, einer leicht stauernässten Fahlerde (bzw. Fahlerde-Braunerde) aus Löss erhalten. In ca. 13 dm unter Flur beginnen die Tallehne und Schotter der Niederterrasse. Eine seltene Gelegenheit um Einsicht in den Aufbau eines Sportplatzes zu gewinnen, bietet die Grube auf dem ehemaligen Trainingsgelände des FC Dynamo Dresden im westlichen Teil des Großen Gartens.

Ein Teil der feldbodenkundlichen Dokumentation und Auswertung ist die Gegenüberstellung der Bodenansprache auf Basis von KA5 und KA6.

Jahrestagung der
Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft
DBG 2023

Kommission VI

Bodenschutz und Bodentechnologie

Einflussfaktoren auf den mineralischen Stickstoffgehalt (Nmin) im Herbst - Random Forest Analyse

Mona Dieser; Steffen Zieseniß; Henrike Mielenz; Karolin Müller; Jörg-Michael Greef; Burkhard Stever-Schoo

Julius Kühn-Institut (JKI)

Die Düngeverordnung wurde 2020 erneut novelliert um den Anforderungen der Europäischen Nitratrichtlinie gerecht zu werden. Um so früh wie möglich Aussagen über die Maßnahmenwirkung treffen zu können, wurde 2016 das Demonstrationsvorhaben "Indikatoren zur Früherkennung von Nitratbelastungen im Boden unter Pflanzenbau" initiiert. Unter anderem wurde der Herbst-Nmin im Zeitraum von 2017 bis 2020 auf insgesamt 576 Testflächen von 48 Betrieben in fünf Bundesländern untersucht und mit Bewirtschaftungsdaten sowie Standortfaktoren verknüpft. Ziel dieser Studie war es, die bedeutendsten Faktoren zu ermitteln, welche die Höhe des Herbst-Nmin bestimmen. Dazu wurden 25 Faktoren hinsichtlich der Zielvariable Herbst-Nmin mit einem Random-Forest-Algorithmus klassifiziert.

Die Ergebnisse zeigen, dass vor allem die angebaute Hauptkultur entscheidend für die Höhe des Herbst-Nmin-Gehalts im Boden ist. Dabei zeigten sich vor allem solche Kulturarten als problematisch, welche z.B. hohen Ertrags- und Qualitätserwartungen unterliegen, wiederholt einer intensiven Bodenbearbeitung bedürfen, häufig im Herbst gedüngt werden und/oder zu hohen Anteilen stickstoffreiche Ernterückstände hinterlassen. Neben der Hauptkultur sind die standortspezifischen Voraussetzungen, insbesondere der Bodentyp und die Niederschlagsmenge im Herbst entscheidend.

Mit Hilfe des umfangreichen Datensatzes und der angewandten Auswertungsmethode ist es erstmals für Deutschland möglich, die Wirksamkeit von Maßnahmen zur Reduktion von Nitratfrachten gezielt unter Praxisbedingungen zu bewerten.

Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Gefördert über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Förderkennzeichen 2820ABS001.

Ergebnisse aus 35 Jahren Bodendauerbeobachtung an der LfL – Entwicklungen der Schadstoffgehalte auf landwirtschaftlich genutzten BDF

Titus Ebert

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)

Seit Verabschiedung der Bundes-Bodenschutzkonzeption (BBodSchK) 1985, werden in Bayern auf 130 landwirtschaftlich genutzten Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF) Schad- und Spurenstoffgehalte in Ober- und Unterböden regelmäßig gemessen und Einträge für diese Schadstoffe durch Dünger, Luft (Immissionen) und Pflanzenbehandlungsmittel erfasst. Es werden die Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen im Boden und deren zeitliche Entwicklung, nach 35 Jahren Bodendauerbeobachtung landwirtschaftlicher Flächen vorgestellt und die erfassten Schadstoff-Einträge präsentiert.

Die im Boden gemessenen Schadstoffgehalte waren meist niedrig (anorg. Schadstoffe im Bereich der Hintergrundwerte für Bayern - niedrige Gehalte an organischen Schadstoffen (PAK, PCB und chlorierte Kohlenwasserstoffe/Rückstände lange verbotener Pflanzenbehandlungsmittel z.B. DDT)) und im zeitlichen Verlauf im Boden meist rückläufig oder haben sich nur wenig verändert.

Vorsorgewert-Überschreitungen traten bei anorg. Schadstoffen für Acker- und Grünland-BDF auf bei: geogener Vorbelastung oder für die Hauptbodenart Sand bei Cadmium, Nickel und Zink und pH-Werten unter pH 6. Vor allem bei Sonderkulturen wie Hopfen wurden die Vorsorgewerte für Kupfer aber häufig überschritten (bis über 150 mg Cu/kg im Oberboden) und nahmen die Kupfergehalte im Boden auch deutlich zu (Grund: Einsatz kupferhaltiger Pflanzenbehandlungsmittel vor allem im Hopfen- und Weinbau; deren Applikationsmengen haben im zeitlichen Verlauf aber abgenommen).

Schädliche Bodenveränderungen aufgrund der pflanzenverfügbaren Stoffgehalte im Boden, konnten auf BDF jedoch keine festgestellt werden.

In Rinder- und Schweinegülle wurden hohe Cu- und Zn-Gehalte gemessen. Die untersuchte Rindergülle wies durchschnittlich 45 mg Cu und max. 213 mg Cu kg⁻¹ TM sowie durchschnittlich 246 mg Zn und max. 1376 mg Zn kg⁻¹ TM auf. Die Gehalte in der untersuchten Schweinegülle lag bei Ø 354 mg Kupfer und max. 1650 mg Cu kg⁻¹ TM - für Zink betrugen sie Ø 930 mg Zn und max. 2622 mg Zn kg⁻¹ TM. Vor allem bei Flächen, die organisch mit Schweinegülle gedüngt wurden, konnten im Vergleich zu Flächen ohne organische Düngung über die Zeit Zunahmen der Kupfer-Gehalte im Boden festgestellt werden. Für die weiteren Elemente wurden die Grenzwerte der DüMV aber durchwegs eingehalten und gingen die Gehalte in den untersuchten Güllen zurück.

Die Schadstoff-Depositionen aus der Luft waren für alle der gemessenen Elemente rückläufig.

Vertikale Betrachtung der Schadstoffverbreitung in Böden aus Auenablagerungen in Schleswig-Holstein

Marek Filipinski¹; Julius Sturies; Matthias Gieske; Nina Stoppe-Struck; Jörn Fröhlich

¹ Landesamt für Umwelt Schleswig-Holstein

In Auenböden ländlich geprägter Regionen in Schleswig-Holstein außerhalb von bekannten Belastungskulissen zu Schadstoffen im Boden, wie z.B. im Auenbereich der Elbe und ihrer Zuflüsse werden teilweise Gehalte an organischen und anorganischen Schadstoffe oberhalb bodenschutzrechtlicher Bewertungsmaßstäbe (Vorsorge-, Prüf und Maßnahmenwerte) festgestellt. Gewässerrenaturierungsmaßnahmen sind in der Regel mit einer Materialumlagerung verbunden. Die entsprechenden Regelungen zum Aufbringen und Aufbringen von Materialien auf oder in den Boden sind im § 6 Bundes-Bodenschutzgesetz bzw. § 12 (ab 01.08. 2023 §§ 6 – 8) der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung festgelegt. Die vorliegenden Untersuchungen zeigen, dass die bei Materialumlagerungen zur Berücksichtigung stofflicher Belange einzuhaltenden Vorsorgewerte überschritten werden können.

Zusammenhänge zwischen zunehmender Entfernung vom Fließgewässer und den steigenden Gehalten an organischer Substanz, an Ton und damit der Bindungskapazität für Schadstoffe auf Grund ruhigerer Sedimentationsbedingungen wurden an zahlreichen Standorten in Schleswig-Holstein festgestellt.

Es sollte die Frage geklärt werden, ob die vertikale Verteilung von Humus- und Tongehalten sowie von Schwermetallgehalten in Auenböden bestimmten Gesetzmäßigkeiten unterliegen oder ob sie von den jeweiligen Sedimentationsbedingungen abhängig sind.

Die Ergebnisse von zahlreichen Untersuchungen zeigen, dass die höchsten Schwermetallgehalte im Oberboden vorliegen und dass sie deutlich mit der Tiefe abnehmen. Vor allem der Ton- und Humusgehalt steht dabei in enger Beziehung zu den Schadstoffgehalten.

Vor Beginn jeder Renaturierungsmaßnahme, insbesondere im Zuge der Umsetzung der Ziele der Wasserrahmenrichtlinie, sollten vorliegende Informationen zu den Bodenverhältnissen im Untersuchungsgebiet insbesondere im Hinblick auf die erforderlichen Untersuchungen zum Stoffbestand der Böden ausgewertet oder erhoben werden.

Bodentemperatur- und Bodenfeuchtemonitoring eines im Regelbetrieb befindlichen Höchstspannungsgleichstromkabels (ALEGrO)

Maren Herzog¹; Christoph Emmerling²; Benjamin Schieber³; Peter Trüby⁴; Sebastian Koschel¹

¹ Ampriion GmbH; ² Universität Trier; ³ Taberg Ingenieure GmbH; ⁴ Terra Planta

Das ALEGrO (Aachen-Lüttich-Electricity-Grid-Overlay) Gleichstromerdkabel wurde in den Jahren 2018 bis 2020 zwischen dem nordrhein-westfälischen Oberzier und dem belgischen Lixhe gebaut. Als sogenannter Interkonnektor dient es der Verknüpfung des belgischen und deutschen Höchstspannungsnetzes und ist seit Herbst 2020 im Regelbetrieb. Vom Bau und Betrieb eines Erdkabels ausgehende Bodeneingriffe und potenzielle Wärmeimmissionen lösen immer wieder Bedenken und Widerstände bei den Flächeneigentümern und Landwirten aus. Um dezidiert betriebsbedingte potenzielle Auswirkungen zu erfassen, wurden im Frühjahr 2022 Sensorfelder zur Erhebung und Beurteilung der Wärmeausbreitung sowie zur Erfassung potenzieller Auswirkungen auf den Bodenwasserhaushalt installiert. Durch das Monitoringprojekt werden im laufenden Regelbetrieb eines Erdkabels praktisch messbare Erkenntnisse zu möglichen betriebsbedingten Einflüssen erdverlegter Höchstspannungskabel auf natürliche Böden und deren physikalische sowie chemische Eigenschaften sowie auf Kulturpflanzen und Vegetation gewonnen.

Im Rahmen des Monitorings wurden an vier Standorten entlang des ALEGrO-Erdkabels Bodentempersensoren in der Krume (20 cm u. GOK), dem Hauptwurzelraum (60 cm u. GOK), dem Unterboden (90 cm u. GOK) und in Kabelnähe (120 cm u. GOK) eingebaut. In der Krume, dem Hauptwurzelraum und in Kabelnähe erfolgte zudem der Einbau von Feuchtesensoren. Oberhalb des Kabelgrabens wurden je Tiefenstufe 8 Temperatur- und 4 Feuchtesensoren, oberhalb einer nicht vom Erdkabelbau/-betrieb beeinflussten Kontrollfläche jeweils 4 Temperatur- und Feuchtesensoren je Tiefenstufe eingebaut.

Bei den Böden handelt es sich um Parabraunerden aus Löss, die zum Teil hydromorphe Merkmale aufweisen. Drei Standorte wurden zuvor ackerbaulich, ein vierter als Grünland genutzt. Für die Dauer der Monitoringphase wurden sämtliche Standorte mit einer Graskultur eingesät und werden regelmäßig gemäht.

Das Monitoring startete am 20.05.2022 und wird durch den Erkenntnisgewinn zur Transparenz von betriebsbedingten Auswirkungen von Höchstspannungserdkabeln und ggf. zur gesamtgesellschaftlichen Akzeptanz beitragen. Das Monitoring erlaubt zudem eine Validierung der Bodenwärme- und Bodenfeuchtedynamik bei Erdkabelbetrieb aus den etablierten Modellierungsansätzen.

Kleinräumige Unterschiede der Bodenfeuchtedynamik beeinflussen das Vitalitätsmuster von Buchenbeständen unter Trockenstress im Harz

Michael Klinge; Daniel Schwindt; Stephen Boahen Asabere; Daniela Sauer

Georg-August Universität Göttingen - Geographisches Institut

Im Zuge der aktuellen Klimaveränderungen mit länger anhaltenden sommerlichen Trockenperioden leiden Buchen besonders unter häufigem Trockenstress, selbst in Mittelgebirgen wie dem Harz, mit hohen Jahresniederschlägen von bis zu 1800 mm in den Hochlagen. Diese Studie zielte daher auf die Frage, in welchem Zusammenhang räumliche Muster der Vitalität bzw. Letalität der Buchen mit räumlichen Unterschieden im Bodenwasserhaushalt stehen und welche Rolle dabei die weit verbreiteten, skelettreichen periglaziären Lagen spielen.

Während der Sommertrockenheit 2022 wurde an einem südostexponierten Hang ein vitaler Buchenbestand V am Unterhang mit einem letalen Bestand L am Oberhang im Hinblick auf die zeitliche Dynamik von Bodenfeuchte und Matrixpotential verglichen. Hierzu wurden an beiden Standorten entsprechende Sensoren in 5 Tiefen (je 3 Parallelen) installiert, die stündlich Bodenfeuchte, Matrixpotential und Bodentemperatur registrierten.

Der Hang ist von einer zweigliedrigen Abfolge periglaziärer Lagen überzogen, bestehend aus einer 50 cm mächtigen, skelettärmeren, intensiv durchwurzelten Hauptlage über einer schuttreichen Basislage. Beide Lagen sind durch hohe Infiltrationsraten und geringe Feldkapazität gekennzeichnet. Sickerwasser wird im Untergrund an der Oberfläche des in 1,5 m Tiefe anstehenden Festgesteins rasch lateral abgeführt. Die intensive Durchwurzelung der Hauptlage deutet darauf hin, dass die Buchen das Wasser im Wesentlichen aus der Hauptlage beziehen, während eine sehr geringe Durchwurzelung der Basislage anzeigt, dass diese für die Wasseraufnahme von untergeordneter Bedeutung ist. Am Standort L waren zur Zeit der Sommertrockenheit an der Grenze zwischen organischer Auflage und Mineralboden der Bodenwassergehalt um 5% und die Temperatur um bis zu 8 °C höher als am Standort V. Ein Matrixpotential von -1 MPa gilt als Grenzwert für die Bodenwasseraufnahme von Buchen. Dieser Wert stellte sich am Standort L am 18.7.2022 bis in 40 cm Tiefe ein und hielt mit kurzer Unterbrechung über den 8.9.2022 hinaus an. Dagegen trat dieser Schwellenwert am Standort V nur in zwei kurzen Perioden im Zeitraum 20.8.-8.9.2022 auf. Lateral hangabwärts zugeführtes Wasser und stärkere Beschattung durch ein noch intaktes Kronendach können die Wasserverfügbarkeit für Buchen am Standort V begünstigt haben. Entscheidend für die Wasserversorgung der Buchen während längerer Trockenperioden ist die Kombination aus Relief, Substratfolge und Bestandsklima am Standort.

Soil erosion mitigation in bioenergy crop production

Tobias Koch; Detlef Deumlich; Peter Aartsma; Peter Chiffard; Kerstin Panten

Agricultural management systems are in transition amongst others through the promotion of renewable energy by legislations such as the renewable energy law (EEG) in Germany or the EU Green Deal. Biomass production as renewable energy source has been increased continuously. So far, maize is mostly used as feedstock in biogas plants. However, the production of maize as an energy crop has led to criticism due to an increased risk of water erosion and associated water body eutrophication. This problem is further aggravated through the increase in precipitation extremes due to climate change. Alternative strategies for biogas crop production are strongly required with permanent crops being of particular interest. Well-calibrated models are essential to make proficient statements about the erosion reduction potential of alternative biogas crops on erosion prone sites in order to support planting and political decisions. However, monitoring and quantifying water erosion of soil is labour and time consuming and therefore rarely conducted. A case study is presented that addresses the quantification of soil erosion under commercial conditions and thus gains experimental data to calibrate and validate soil erosion models for permanent bioenergy crops. The study starting in 2021 is conducted on two sites and compares in a randomized block design with three replicates conventional maize cultivation with a direct seeding management of maize and the permanent plant *Silphium perfoliatum* L. Preliminary results obtained during natural erosive rainfall events with EI30 intensities ranging from 8 N/h up to 73 N/h showed the expected erosion reduction of *Silphium perfoliatum* L. compared to conventional maize and maize with a direct seeding management. However, to calibrate soil erosion models, it is necessary to parameterise the underlying model equations. Artificial rainfall events were conducted at two growing stages to gain the data needed for parametrizing the physical based soil erosion model Erosion 3D.

In-situ quantification of wind erosion on arable soils in the dry steppe of Kazakhstan

Moritz Koza¹; Julia Pöhlitz¹; Roger Funk²; Christopher Conrad¹; Tobias Meinel³; Kanat Akshalov⁴; Gerd Schmidt¹

¹ Martin Luther University Halle-Wittenberg, Institute of Geosciences and Geography, Geoecology; ² Leibniz-Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF), Landscape Pedology; ³ Amazonen-Werke H. Dreyer SE & Co. KG, TOO Amazone Kazakhstan; ⁴ Barayev Res

Central Asia's semi-arid ecosystems are prone to wind erosion due to extreme climate conditions and increasing agricultural use. The influence of different row crops on this wind erosion risk in the dry steppe of Kazakhstan has not been investigated so far. Therefore, in situ investigations have been carried out with a mobile wind tunnel in Northern Kazakhstan. The on-site experiment was conducted on Chernozems under fallow and cultivation. Arable plots with Barley (*Hordeum vulgare*) and Corn (*Zea mays*) represent typical crops of the study area. The research aims are: (1) Comparing biological (plant physiology) and technological (tillage intensity, plant density, tractor tracks) parameters on the intensity and composition of the erosion fluxes. (2) Assessing the losses of soil quality by soil organic carbon loss and depositions of coarse materials in the fields and the field boundaries due to wind erosion by analyzing topsoil and aeolian sediments.

Results of the wind tunnel studies conducted in the dry steppe of Kazakhstan are shown. They prove the expected differences between crop types and tillage intensity and provide first suggestions to prevent wind erosion.

Boden und Pflanze im ersten Jahr nach dem Bau - Bericht vom Erdkabelfeldversuch CHARGE

Andreas Lehmann¹; Alexander Schade¹; Jonas Trenz¹; Joachim Ingwersen¹; Simone Graeff-Hönninger¹; Harald Schramm²

¹ Universität Hohenheim; ² TransnetBW GmbH

Mit dem vierortigen Feldversuch CHARGE werden im Vorfeld des Baus des SuedLinks (eine Höchstspannungserdleitung) die Auswirkungen von wärmeabgebenden und nicht wärmeabgebenden Leitungen mit einem statistisch abgesicherten Exaktversuch über vier Jahre untersucht.

Die Standortauswahl deckt ein sehr breites Spektrum an grundwasserfernen Böden Süddeutschlands ab. Auf den Anbau einer Gesundungsfrucht wurde verzichtet, die betriebsübliche Fruchtfolge wurde fortgeführt.

Der Bau der aufwändigen und realitätsnahen Versuchsanlage erfolgte 2021, für 2022 erfolgten Datenerhebungen zu verschiedenen Boden- und Pflanzenparametern.

Der Schwerpunkt des Beitrags liegt auf der Betrachtung der Folgen des Baus auf Boden und Pflanze, bevor bzw. mit beginnender Ausbildung der natürlichen Bodenstruktur und vor bzw. bei beginnendem Einstellen der Fließgleichgewichte des Stoffhaushalts.

Bei den Baumaßnahmen wurden weitreichende Maßnahmen, die Bodenstruktur so wenig wie möglich zu stören, die im Projektverlauf bewertet werden sollen.

Landwirtschaftliche Rekultivierung im Praxisversuch - Entwicklung bodenchemischer und –physikalischer Parameter von Kipp-Kalklehmsanden in den Tagebauen Jänschwalde und Welzow-Süd bei mineralischer und organischer Düngung

Stefan Lukas¹; Michael Habold-Rosar¹; Thomas Neumann²

¹ Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften Finsterwalde; ² Lausitz Energie Bergbau AG

Im Rahmen von Tagebaubetrieben zur Gewinnung von Braunkohle wird großflächig Land beansprucht. Die Auswirkungen sind gemäß Bergrecht durch geeignete Maßnahmen zur Wiedernutzbarmachung der abgebaggerten Böden, d.h. zur Schaffung von Voraussetzungen für eine Folgenutzung auszugleichen. Neben grundlegenden geotechnischen und wasserwirtschaftlichen Verfahren ist dabei die Wiederherstellung der natürlichen Bodenfunktionen im Rahmen der landwirtschaftlichen Rekultivierung von entscheidender Bedeutung. Deren vorrangiges Ziel ist die nachhaltige Entwicklung der Bodenfruchtbarkeit der Agrarflächen durch eine standortgerechte Bodennutzung. Dabei werden die für die Rekultivierung von Kippsubstraten im Lausitzer Braunkohlerevier aus zahlreichen wissenschaftlichen Untersuchungen erarbeiteten Rekultivierungsverfahren umgesetzt. Diese berücksichtigen die spezifischen Eigenschaften der verschiedenen Kippsubstrate und beinhalten die Auswahl geeigneter Kulturpflanzen, die Gestaltung der Fruchtfolge, Bodenbearbeitung und Düngung. Die für die verschiedenen Substratgruppen ausgewiesenen Richtwerte bodenchemischer und –physikalischer Eigenschaften geben dabei die Ziele der Bodenrekultivierung vor und ermöglichen eine Bewertung des Rekultivierungserfolges.

Das Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften hat im Zeitraum von 2008 - 2021 im Rahmen eines Monitorings auf landwirtschaftlich rekultivierten Flächen der LEAG in regelmäßigen Abständen Bodenuntersuchungen und Ertragserhebungen durchgeführt, um die Entwicklung der Böden und ihrer Ertragsfähigkeit zu erfassen und zu bewerten. Um Hinweise auf zweckmäßige Änderungen der in der Vergangenheit erarbeiteten Düngeempfehlungen zu gewinnen, wurde eine Variation der Phosphorgaben vorgenommen und mit einer organischen Düngung verglichen. Zu Beginn der Entwicklung weisen die Kippenböden trotz einer Tiefenlockerungsmaßnahme im Mittel sehr hohe Trockenraumgewichte auf, besonders die Unterböden sind stark verdichtet. Daraus ergeben sich sehr geringe Gesamtporenvolumina, Luftkapazitäten sowie Luft- und Wasserleitfähigkeiten. Eine Verbesserung der bodenphysikalischen Eigenschaften zeigt sich erst am Ende der zweiten Rotationsfruchtfolge im 14. Rekultivierungsjahr. Durch eine jährliche Gülleapplikation wie auch bei erhöhter P-Düngung wurde eine verbesserte P-Verfügbarkeit erzielt. Höhere Corg-Gehalte in der organischen Düngevariante sind aufgrund von geogenen organischen Beimengungen nicht zweifelsfrei auf die Güllewirkung zurückzuführen.

Prognose landwirtschaftlicher Nitratauswaschung durch Indikatoren – Zusammenhänge und Grenzen

Henrike Mielenz; Mona Dieser; Steffen Zieseniß; Karolin Müller; Jörg-Michael Greef; Burkhard Stever-Schoo

Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen

Diffuse Stickstoff(N)verluste aus der Landwirtschaft sind ein wichtiger Faktor für regional hohe Nitratkonzentrationen im Grundwasser. Veränderungen der Nitratfrachten können aufgrund der oft langen Transportwege nicht kurzfristig und verursachergerecht im Grundwasser erfasst werden. Daher wurden in dieser Arbeit verschiedene Ansätze zur direkten Bewertung des Stickstoffauswaschungspotenzials aus der Landwirtschaft auf Feld- und Betriebsebene untersucht: N-Feldbilanzen, N-Betriebsbilanzen, mineralische Stickstoffgehalte in der Wurzelzone im Frühjahr, zur Ernte und im Herbst (N_{min} , 0-90 cm) und Nitrat(NO_3)konzentrationen im Bodenwasser des Unterbodens (120-300 cm). Die Frühindikatoren wurden in fünf Testregionen in Deutschland von der Ernte 2017 bis zum Frühjahr 2021 auf 48 Betrieben mit Schwerpunkt Ackerbau auf insgesamt 576 Testparzellen untersucht. Damit wurde eine Vielzahl von Bodentypen und Witterungsbedingungen abgedeckt. Die Frühindikatoren lieferten für einzelne Testflächen oft widersprüchliche Aussagen. Es gab nur schwache Korrelationen zwischen den Indikatoren. Die zu verschiedenen Zeitpunkten erhobenen N_{min} -Werte korrelierten stark, was die

hohe Reproduzierbarkeit der Messungen zeigt. Diese wurde durch eine detailliert definierte Probenahmestrategie erreicht. Die hohen Korrelationen zeigen auch, dass die N_{min} -Werte stark von den Bodeneigenschaften bestimmt werden. Zwischen Herbst- N_{min} -Werten und NO_3 -Konzentrationen im Unterboden gab es eine signifikante, jedoch geringe Korrelation. Diese erhöhte sich deutlich bei der Mittelung der Daten über den Untersuchungszeitraum von vier Jahren. Die N-Feldbilanzen korrelierten nicht mit den N_{min} -Werten oder den NO_3 -Konzentrationen im Unterboden. Diese widersprüchlichen Ergebnisse zwischen den Indikatoren sind auf die komplexen Wechselwirkungen von bodenklimatischen Faktoren und landwirtschaftlichen Bewirtschaftungspraktiken zurückzuführen. Während jeder Indikator für sich wichtige Aspekte zur Überwachung der Nitratauswaschung beiträgt, liefern die Indikatoren einzeln keine ausreichenden Informationen. Daher wird die gleichzeitige Beobachtung mehrerer Indikatoren empfohlen, um das Nitratauswaschungspotenzial in Richtung Grundwasser zu überwachen und den Einfluss von Bewirtschaftungs- und Standortfaktoren zu bewerten.

Diese Arbeit wurde vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) unter FK 2815MD001 und FK 2820ABS001 gefördert.

Small variation in rainfall strongly affect organic carbon stocks in dry steppe soils of Northern Kazakhstan

Aleksey Prays; Klaus Kaiser; Robert Mikutta

Martin Luther Universität Halle-Wittenberg, Bodenkunde und Bodenschutz

Some of the most productive arable soils are in the steppe regions of Eurasia. These soils, however, are increasingly prone to degradation, which threatens sustainable food production. Soil organic carbon (SOC) contributes much to the productivity of steppe soils but is vulnerable to changing climate conditions, including changes in mean annual precipitation (MAP). While studies on large-scale MAP gradients across biomes help constraining general relations between MAP and SOC storage, there is currently little information to which extent minor variations in MAP within a particular biome affect storage and stability of SOC. This is especially true for arid and semiarid regions. Also, most studies of MAP effects on SOC only considered topsoils but not subsoils.

We presume that changes in MAP, with other soil and other climatic factors being roughly equal, will directly affect SOC via changes in biomass production. The effect of SOC storage, however, will likely be limited to the uppermost layers.

We tested the possible relation between MAP and OC storage within soil profiles across different land uses, i.e., grassland and croplands, in the dry steppe zone of Northern Kazakhstan. The MAP varied from 292 mm in the south to 326 mm in the north. All soils were Chernozem-type, with similar texture and mineralogical properties. The soils were analyzed for SOC and its distribution over functional fractions (separated according to density).

Our results show that despite being small the difference in MAP resulted in significantly ($p < 0.01$) larger SOC stocks in northern region ($20 \pm 2.9 \text{ kg m}^{-2}$) than in the slightly more arid southern region ($13 \pm 2.8 \text{ kg m}^{-2}$). Differences between regions were most pronounced in the topsoils, whereas subsoils had less different SOC stocks. Density fractionation revealed that most SOC (between 88% and 98%) was in the heavy, mineral-associated fraction.

Since the dry steppe soils of Northern Kazakhstan have most of their SOC in stable mineral-organic associations, dramatic SOC losses upon disturbances, such as land use change and climate warming, seem unlikely. In turn, even small increases in annual precipitation have the potential to promote carbon sequestration by formation of additional mineral-organic associations.

Transdisziplinäre Bewertung von Bodenverdichtung auf landwirtschaftlichen Betrieben in Niedersachsen

Karen Prilop¹; Maike Weise²; Lennart Rolfes²; Katharina Bäuml¹; habil. Joachim Brunotte²; Bernhard Osterburg¹; Marco Lorenz²

¹ Thünen-Institut, Stabsstelle Klima und Boden; ² Thünen-Institut für Agrartechnologie

Durch die Nutzung größerer und schwerer Landmaschinen stieg in den letzten Jahrzehnten die Bedeutung von Bodenverdichtung als potentielle Gefährdung, sowohl aus ökonomischer als auch ökologischer Sicht. Inwiefern Bodenverdichtungen die Bodenstruktur und die Erträge unter realen Betriebsbedingungen beeinflussen, ist Gegenstand einer transdisziplinären Untersuchung auf landwirtschaftlichen Betrieben im Rahmen des BonaRes-Projekts SOILAssist. Ferner stehen hierbei folgende Forschungsfragen im Fokus: Welches sind die sozioökonomischen Treiber für die Bodenverdichtung und woraus ergeben sich Herausforderungen für den praktischen Bodenschutz? Welche Handlungsspielräume und Strategien haben und nutzen die Landwirt*innen, um Verdichtung zu vermeiden? Der Beitrag wird die Ergebnisse der SOILAssist-Studie vorstellen und die daraus hervorgehenden Herausforderungen diskutieren.

Seit 2019 wurden auf 12 verschiedenen Betrieben in Niedersachsen Fallstudien durchgeführt. Voraussetzung für die Untersuchung war, dass die Landwirt*innen eine Bodenverdichtung auf einer Teilfläche vermuteten, welche im Untersuchungsjahr mit Weizen oder Zuckerrüben bestellt war. Durch leitfadengestützte Interviews wurden sozioökonomische Indikatoren, einschließlich des Bewirtschaftungsmanagements, sowie die wahrgenommenen Indizien für Bodenverdichtung erfasst. In der naturwissenschaftlichen Erhebung wurde jeweils die potentiell verdichtete Fläche mit einer mutmaßlich unverdichteten Kontrollfläche des gleichen Schlags verglichen. Bodenphysikalische Parameter wurden, soweit witterungsbedingt möglich, mittels In-situ-Infiltrationsmessungen, der Messung des Eindringwiderstands per Penetrologger und Laboruntersuchungen von ungestörten Bodenproben (z. B. Trockenrohdichte, gesättigte hydraulische Leitfähigkeit) erfasst. Zur Bestimmung quantitativer und qualitativer Parameter des Ertrags und der Pflanzenphysiologie (u. a. Beinigkeit von Zuckerrüben) wurden Handernten durchgeführt.

In den Analysen konnten teilweise signifikante Unterschiede in den bodenphysikalischen Parametern und Handernten zwischen den jeweiligen Vergleichsflächen eines Schlags festgestellt und Hinweise auf eine Verdichtung ermittelt werden. Die Interviews geben wichtige Einblicke in die Perspektive der Landwirt*innen auf das Bodenmanagement, u. a. hinsichtlich hemmender Faktoren für mehr Bodenschutz wie Termindruck und Kosten-Nutzen-Abwägungen sowie der Schwierigkeit, Bodenverdichtungseffekte von anderen Effekten abzugrenzen.

Monitoring Nitrate leaching on underground cable routes: effects of temperature and water content on nitrate mobility

Henrik Redweik; Stephan Peth

Institut für Bodenkunde Leibniz Universität Hannover

Underground cable routes affect surrounding soil by heat emissions and construction related disturbances in the soil horizon. These alterations may influence changes in the porosity and soil organic matter, causing alterations in Nitrate uptake and leaching. The aim of this research project is to monitor and evaluate the effects of underground cable routes on Nitrate leaching. In association with the European grid operator Tennet, suction cups were installed in a test site near Göttingen, Germany. Three variants are being tested on this area: (i) a temperature plot for simulating operating conditions, (ii) a recompacted plot for simulating construction related disturbances, and (iii) a control plot as reference. Leachate is collected on all three plots by suction cups in 1 m depth and analyzed for Nitrate. The main goal is the implementation of monitoring data on soil moisture, temperature and Nitrate leaching into a coupled water, heat and matter transport model (Hydrus 3D) for simulating Nitrate movement in a variable saturated soil.

Einfluss von Bodendaten auf die deutschlandweite Modellierung der Bodenerosionsgefährdung durch Wasser. Identifikation von Unsicherheiten in der Abschätzung des K-Faktors.

Philipp Saggau¹; Bastian Steinhoff-Knopp²

¹ Thünen Institut für Betriebswirtschaft; ² Thünen-Institut, Stabsstelle Klima und Boden

Die Gefährdung der Böden durch Wassererosion auf ackerbaulich genutzten Flächen stellt weltweit eine der größten Herausforderungen im Bodenschutz dar. Die genaue Identifikation von Gefahrenbereichen auf kleineren Maßstabsebenen ist dabei insbesondere auf politischer Ebene relevant zur Entwicklung von Schutzmaßnahmenkonzepten und Strategien. Hierfür wird Infolge ihrer einfachen Handhabbarkeit und Robustheit die ABAG (Allgemeine Bodenabtragsgleichung) herangezogen, die zu den an den meist genutzten Modellen weltweit gehört.

Der K-Faktor innerhalb der ABAG spiegelt dabei die natürliche Erodierbarkeit des Oberbodens wider und berechnet sich aus einer größeren Anzahl an Parametern (Bodentextur, Skelettgehalt, organische Bodensubstanz, Steingehalt, Aggregation, Infiltrationskapazität). Die räumliche Bereitstellung dieser Informationen ist für die genaue Bestimmung des K-Faktors kritisch. Hingegen ist die Datenverfügbarkeit dieser Bodeninformationen auf regionaler Skala limitiert und auf wenige Datensätze beschränkt, die große Unterschiede in der räumlichen Auflösung und dem erforderlichen Informationsgehalt (verfügbare Parameter) aufweisen. Trotz des hohen Unsicherheitspotenzial der Bodendatensätze bei regionalen Gefährdungsabschätzung der Wassererosion gibt es kaum Studien, die abgeleitete K-Faktoren validieren und Unsicherheiten angeben.

Ziel der vorliegenden Studie ist es daher eine räumliche und quantitative Evaluierung deutschlandweit flächenhaft verfügbarer Datensätze (LUCAS-Soil, Bodenübersichtskarte 1:200.000 und 1:1.000.000) für die Modellierung des K-Faktors sowie des Gesamtabtrags vorzunehmen. Für die Validierung werden genaue Bodeninformationen von 2253 Ackerbodenprofilen aus der Bodenzustandserhebung Landwirtschaft (BZE-LW) mit genauen Koordinaten verwendet.

Die Ergebnisse offenbaren signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Datensätzen hinsichtlich der deutschlandweiten Bewertung der K-Faktoren und somit des Bodenabtrags. Sowohl der LUCAS-Bodendatensatz als auch die BÜK1000 überschätzen teilweise deutlich die durchschnittlichen K-Faktoren der BZE-LW. Zudem lassen sich anhand der Residuen sämtlicher getesteter Datensätze räumliche Muster identifizieren, in denen die K-Faktoren der BZE-LW sowohl stark über- als auch unterschätzt werden. Dies hat einen erheblichen Einfluss auf die räumliche Modellierung der Bodenerosionsgefährdung und auf die Identifizierung von Risikoreichen. Die Ergebnisse verdeutlichen somit, dass die Auswahl des Datensatzes auf regionaler Ebene eine entscheidende Rolle spielen kann. Es wird deutlich, dass detaillierte Informationen, insbesondere zur Bodentextur (z. B. Feinstsand), erforderlich sind, um die Abschätzung der Bodenerodierbarkeit und folglich die Bewertung der Bodenerosionsgefährdung auf regionaler Ebene zu verbessern.

Fahrspuren als unterschätzte Strukturen bei Wassererosionsereignissen in Agrarlandschaften: Ergebnisse einer ersten Prozess-basierten Modellanwendung auf Einzugsgebietsebene.

Michael Kuhwald; Philipp Saggau; Rainer Duttmann

Christian-Albrechts Universität zu Kiel

Bodenerosion durch Wasser ist weltweit eine der Hauptursachen für die Degradation von ackerbaulich genutzten Böden. Durch die Beeinträchtigung der Bodenfunktionalität und die Fernwirkung von belasteten Bodenpartikeln kann die Wassererosion die Bodenfruchtbarkeit und den Zustand aquatischer Ökosysteme stark einschränken. Heutzutage werden eine Vielzahl unterschiedlichster Bodenerosionsmodelle auf verschiedenen räumlichen und zeitlichen Skalen eingesetzt, um das Bodenerosionsrisiko abzuschätzen, Risikogebiete zu identifizieren und Entscheidungsträger bei der Anpassung von Bodenschutzmaßnahmen zu unterstützen. Wie Felduntersuchungen zeigen, können Fahrspuren, infolge ihres hohen Verdichtungsgrads dabei einen großen Einfluss auf das Ausmaß der Bodenerosion und den Gewässereintrag haben, werden aber bislang in keiner modell-basierten Bodenerosionsabschätzung berücksichtigt.

Das Ziel des vorliegenden Beitrags ist es daher einen Ansatz vorzustellen, wie Fahrspuren in prozess-basierte Bodenerosionsmodelle integriert werden können. Zudem sollen die Effekte von Fahrspuren auf Bodenerosions- und Abflussprozesse innerhalb eines Wassereinzugsgebietes identifiziert werden. Hierfür wurde das Bodenerosionsmodell EROSION 3D (E3D) unter Berücksichtigung von Fahrgassen für ein Wassereinzugsgebiet im Östlichen Hügelland Schleswig-Holsteins parametrisiert. In einem weiteren Schritt wurden dann die E3D-Modellergebnisse für ein reales Starkregenereignis modelliert und mit kartierten Abfluss- und Bodenerosionsdaten kalibriert und getestet.

Die Studie zeigt, dass lineare, kleinräumige Fahrspuren in Bodenerosionsmodelle integriert werden können und dass dadurch die Vorhersage des Abflusses und Bodenabtrags deutlich verbessert werden kann. Die Modellergebnisse zeigen zudem, dass Fahrspuren von Fahrgassen einen signifikanten Anteil (bis zu 75 %) am Gesamtabtrag sowie am Sedimenteintrag in das Gewässernetz aufweisen können. Die Modellergebnisse weisen darauf hin, dass Fahrspuren eine Schlüsselrolle im Abfluss- und Abtragsgeschehen einnehmen können und die Berücksichtigung von Fahrspuren bei Gefährdungsabschätzungen, sowie bei der Umsetzung von Schutzmaßnahmen, für den nachhaltigen Schutz von Böden und Gewässern in Agrarlandschaften notwendig ist.

Untersuchung des Einflusses von Gleichstrom-Erdkabeltrassen auf die Bodenwärme- und -wasserdynamik: Simulations- und Messergebnisse des Feldversuchs CHARGE

Alexander Schade¹; Joachim Ingwersen¹; Thilo Streck¹; Andreas Lehmann¹; Jonas Trenz¹; Simone Graeff-Hönninger¹; Christoph Drefke²; Harald Schramm²; Karl Wieland²

¹ Universität Hohenheim; ² TransnetBW GmbH

In dem durch das Umweltministerium Baden-Württemberg geförderten Kooperationsprojekt CHARGE der Universität Hohenheim und des Übertragungsnetzbetreibers TransnetBW wurden 2021 vier Versuchsflächen angelegt, mit dem Ziel den Einfluss der Installation und des Betriebes von Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungs(HGÜ)-Erdkabeln auf ackerbaulich genutzte Böden und Pflanzenwachstum zu untersuchen. Aus bodenkundlicher Sicht wird dabei neben Änderungen von Bodeneigenschaften wie Lagerungsdichte oder Eindringwiderstand vor allem der Einfluss auf die Bodenwärme- sowie Bodenwasserdynamik quantifiziert und analysiert. Zu diesem Zwecke sind auf den Versuchsflächen jeweils über 300 Sensoren zur Erfassung von Bodentemperatur, Wassergehalt, Matrixpotential und Wärmefluss verbaut. Die atmosphärischen Bedingungen werden über Wetterstationen und Strahlungssensoren bestimmt.

Zusätzlich zu den Felduntersuchungen wird mit einem 2D-Finiteelementemodell die gekoppelte Bodenwärme- und Bodenwasserdynamik in Erdkabelgräben simuliert. Zur Parametrisierung des Modells wurden im Labor die hydraulischen und thermischen Eigenschaften der verschiedenen Böden bestimmt. Schließlich wird es mit Hilfe der erhobenen Messwerte validiert.

In diesem Beitrag soll vor allem auf die Simulationsergebnisse von Bodenfeuchte und Bodenwärme eingegangen werden. Dabei werden Ergebnisse der verschiedenen Böden an den vier Standorten sowie verschiedener Versuchsvarianten bezüglich Kabelbettung und Art der Rückverdichtung des Kabelgrabens verglichen, die Performance des Modells betrachtet und der erstmalige Aufwärmprozess dargestellt.

Bestimmung der Erosions- und Sedimentationsraten in einem chinesischen Einzugsgebiet mittels WaTEM/SEDEM

Simon Scheper¹; Chunyue Liu²; Zhongbao Xin²; Lishan Ran³; Christine Alewell¹

¹ Umweltgeowissenschaften, Universität Basel; ² School of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University; ³ Department of Geography, The University of Hong Kong

Das Erosionsmodell WaTEM/SEDEM (Water and Tillage Erosion Model/Sediment Delivery model) ist nicht nur in der Lage, Erosionsraten durch Rillen- und Flächenerosion zu bestimmen, sondern gleichzeitig auch die Deposition von einst erodiertem Material zu berücksichtigen. Daher ist es ein geeigneter Ansatz, um weiterführende Informationen zur räumlichen Dynamik der Wassererosion auf Einzugsgebietsskala zu erfassen.

Dieses Model wurde in einem Teileinzugsgebiet des Gelben Fluss (Yellow River) in China angewandt, um aktuelle Erosions- und Depositionsraten zu erfassen und die Auswirkungen des Landnutzungswandels seit 1986 zu bewerten. Das Untersuchungsgebiet ist für seine hohen Erosionsraten bekannt. In den 90er Jahren wurde daher die Landnutzung massiv umgestellt und die bisherige Hangbewirtschaftung in Terrassenwirtschaftung umgewandelt.

Zur Modellierung der Transportwege und Sedimentationen berücksichtigt WaTEM/SEDEM neben einem Transportkapazitätskoeffizienten (transport capacity coefficient (k_{tc})) auch einen Konnektivitätsfaktor (parcel connectivity P_{con}) und einen Sedimentrückhaltefaktor (parcel trap efficiencies P_{TEF}). Diese Koeffizienten wurden in insgesamt 1000 Monte Carlo Simulationen zufällig berechnet. Über eine Mittelwertbildung über alle 1000 Simulationen wurden die mittleren Abtrags- und Sedimentationsraten im Untersuchungsgebiet bestimmt.

Für das Jahr 2020 wurden Abtragsraten von 12.5 t ha⁻¹ a⁻¹ berechnet, wovon 5.2 t ha⁻¹ a⁻¹ selbst im Teileinzugsgebiet wieder abgelagert wurden. Insgesamt wird ein Gesamtaustrag an Bodenmaterial durch Rillen- und Flächenerosion am Vorfluter von ca. 50000 t a⁻¹ für das 73 km² große Untersuchungsgebiet ermittelt. Verglichen mit Sedimentmessungen im Fluss entspricht dieser Sedimentaustrag durch Bodenerosion jedoch nur etwa einem Sechstel der Gesamtsedimentfracht. Dieser Anteil lässt sich dadurch erklären, dass Prozesse wie Erdrutsche, Gully-Erosion, Ufererosion und Abträge durch menschliche Eingriffe bei Bauprojekten nicht bei WaTEM/SEDEM berücksichtigt werden.

Der Landnutzungswandel, insbesondere durch das Anlegen von Terrassen, zeigt einen hohen Einfluss auf die Erosions- und Sedimentationsdynamik. Obwohl die Wälder, die für die Reduktion von Bodenabtrag förderlich sind, seit 1986 weniger geworden sind, konnte durch eine gleichzeitige Zunahme der Terrassenbewirtschaftung von 4% (1986) auf inzwischen etwa 50% der Einzugsgebietsfläche die Erosionsrate nahezu halbiert (von 22.3 t ha⁻¹ a⁻¹ auf 12.5 t ha⁻¹ a⁻¹) werden.

Landnutzungswandel und Änderungen der Bodeneigenschaften im Süden von Andalusien

Raimund Schneider¹; Johannes Ries¹; Manuel Seeger¹; Irene Marzolf²

¹ Universität Trier; ² Goethe- Universität Frankfurt

Der semiaride Süden Spaniens ist u.a. sehr anfällig für Bodendegradation durch Wassererosion. Der Klimawandel wird diese Problematik voraussichtlich noch verstärken, da mit mehr Extremsituationen (Unwetter mit extremen Niederschlägen, aber auch Trockenheit) zu rechnen ist. Zudem findet seit geraumer Zeit ein flächendeckender Wandel der Landnutzung statt. Alte Olivenhaine und Hänge mit traditionellem Weinanbau werden durch den Anbau von lukrativeren, marktorientierten Früchten, vornehmlich Mangos und Avocados, umgenutzt. Dies geht in der Regel einher mit der Anlage neuer, bewässerter Terrassensysteme.

Hierfür werden die alten Pflanzungen an vielfach steilen Hängen auf meist funktionstüchtigen Böden (Wasseraufnahme- und Speicherefähigkeit, intakte, stabile Bodenstruktur/ Bodenaggregate etc.) entfernt. Mit Baggern werden dann schmalstreifige Terrassensysteme angelegt, wobei das vorhandene Bodenmaterial mit anstehendem mehr oder weniger verwittertem Gestein in unterschiedlichen Anteilen vermischt wird. Auf den Terrassenkanten werden Mangos und Avocados angepflanzt. Es ist ein neues, instabiles und erosions- sowie rutschungsgefährdetes Substrat-/Hangsystem entstanden.

Mit Feldkampagnen wurde in Andalusien im Einzugsgebiet des Río Almachar (ca. 25 km nordwestlich von Málaga) vorrangig untersucht, welchen Einfluss der aktuelle Wandel der Landnutzung und das Bodenmanagement auf verschiedene Bodeneigenschaften und insbesondere das Erosionsgeschehen haben. Die Untersuchungen (u.a. Bodenkartierung, Beregnungsversuche, Infiltrationsmessungen, UAV-Luftbildaufnahmen) belegen, dass sich deutliche Auswirkungen der Änderung der Landnutzung und der damit einhergehenden massiven Eingriffe in die Landschaft bezüglich Fragen der Erosionsanfälligkeit, Hangrutschungen etc. ergeben haben. Aber auch Flächen gleicher Nutzung zeigen kleinräumig deutliche Unterschiede hinsichtlich verschiedener Bodeneigenschaften.

How does global warming affect European SOC stocks? A data-driven space-for-time approach

Florian Schneider

Thünen Institute of Climate-Smart Agriculture

Global warming effects on soil organic carbon (SOC) stocks are expected to be site specific but current process-based models still struggle to forecast spatially explicit long-term trends properly. This study estimated such long-term effects of global warming on European SOC stocks using a novel data-driven space-for-time approach. In principle, this approach estimated site-specific SOC stocks under future climate from SOC stocks in comparable soils but in regions that are already exposed to such climate today. About 20k observations of the LUCAS soil dataset were used to train a machine learning model that predicted SOC stocks from current climate as well as static environmental properties (e.g. geology, soil type, soil texture). Then, this SOC model was used to forecast future SOC stocks in Europe under various CMIP6 climate scenarios. Preliminary results suggest Europe's top 20 cm of mineral soil to lose on average 2 to 6 Mg SOC ha⁻¹ by the end of this century. But global warming-induced changes in SOC showed pronounced regional differences. SOC was anticipated to even rise under global warming in some areas, particularly in Northern European forest ecosystems. In vast parts of southern Europe, unprecedented future climate limited the applicability of the data-driven SOC model. This was the case for up to 49% of all sites in the most extreme climate scenario. In contrast, for the remaining 51% of sites in all climatic scenarios, equivalent "soil-climate twins" could be successfully located elsewhere in contemporary Europe. It is proposed that outcomes from data-driven space-for-time models could complement and act as cross-checks for process-based modelling outputs to gain confidence in long-term projections of SOC stocks under global warming.

Stickstoffüberschüsse (auch) durch Wirtschaftsdünger: Ein Risiko für die Grundwasserqualität? – Ein Praxisbeispiel mit einem Vergleich von vier Methoden

Andreas Schwarz¹; Michael Wrobel²; Franziska Fischer³; Wolf-Anno Bischoff¹

¹ Gutachterbüro TerrAquat; ² Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU); ³ Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO), vormals LfU

Die Gemeinde Hohenthann weist die höchste Schweinemastdichte in Bayern auf, die Nitratkonzentrationen in den Brunnen der Region sind hoch mit steigender Tendenz.

Ziel eines Projektes des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU) war es, zu beurteilen, welche landwirtschaftlichen Praktiken in diesem Landschaftsraum grundwasserverträglich sind. Es wurden verschiedene Methoden zur Messung bzw. Abschätzung von Stickstoff- (N-)Überschüssen und N-Auswaschung verglichen.

Von 2018 bis 2022 wurden auf acht landwirtschaftlichen Schlägen N-Salden berechnet sowie mit Herbst-Nmin-Gehalten die potenzielle N-Auswaschung, mit Saugkerzen die Nitratkonzentration im Sickerwasser und mit Selbst-Integrierenden Akkumulatoren (SIA) die N-Frachten in 1 m Tiefe bestimmt.

Pro Schlag und Jahr wurden bis zu 174 kg N/ha ausgewaschen, was einer Nitratkonzentration von 321 mg/L entspricht (Trinkwassergrenzwert: 50 mg/L).

Auf Schlägen mit überwiegend mineralischer Düngung war die N-Bilanz meist ausgeglichen. Durch Begrünung im Winterhalbjahr wurden N-Überschüsse aufgenommen und nur maximal 10 kg N/ha ausgewaschen.

Für zwei nach Naturland-Richtlinien bewirtschaftete Flächen ist die N-Zufuhr von außerhalb des Betriebs limitiert. N-Düngung erfolgte durch Wirtschaftsdünger und N-Fixierung. Dies führte zu ausgeglichenen N-Bilanzen und geringen N-Austrägen (meist unter 17 kg N/ha).

Auf vier Schlägen viehhaltender Betriebe wurde regelmäßig Wirtschaftsdünger ausgebracht. Die N-Bilanzen waren mit 56 – 95 kg N pro Jahr deutlich positiv, die N-Auswaschung vergleichbar. Wirtschaftsdünger wird zur Düngung nur z.T. angerechnet, bei regelmäßiger Gabe jedoch mittelfristig vollständig umweltwirksam. Häufig wurde nach der Getreideernte eine Zwischenfrucht, die N-Überschüsse aufnehmen und vor Auswaschung schützen soll, ausgesät und mit Gülle gedüngt (52 – 94 kg N/ha), sodass systematisch überdüngt wurde.

Die potenziellen bzw. gemessenen N-Austräge und N-Überschüsse lagen im Mittel mit 39 (N-Bilanz), 49 (Herbst-Nmin), 51 (Saugkerzen) bzw. 59 kg N/ha (SIA) in einer vergleichbaren Größenordnung. Dies entsprach einer Nitratkonzentration von 72 – 109 mg/L, die deutlich über dem Trinkwassergrenzwert lag.

Die derzeitige Praxis einzelner Betriebe ist mit dem Grundwasserschutz nicht vereinbar. Andere Betriebe (konventionell und ökologisch) praktizieren eine auskömmliche Landwirtschaft, die den Zielen des Grundwasserschutzes entspricht. Die wesentliche Steuergröße ist der Umgang mit Wirtschaftsdünger.

Effekt von unterschiedlicher Bodenbearbeitung auf den Strohabbau, Unkrautbefall und das Überwintern von Fusariumsporen in Hafer in Norwegen

Till Seehusen; Ingerd Skow Hofgaard; Heidi Udnes Aamot; Kirsten Semb Tørresen; Hugh Riley; Guro Brodal

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO)

In Norwegen führt die Klimaveränderung zu steigenden Niederschlägen. In dem von Sommerungen dominierten Getreideanbau steigen dadurch die Notwendigkeit die Bodenbearbeitungsintensität zu reduzieren und eine ausreichende Bodenbedeckung im Winterhalbjahr zu gewährleisten, was mehr als 30% Stroh an der Bodenoberfläche voraussetzt.

Neue norwegische Versuche (Hafer, *Avena sativa*) mit unterschiedlicher Bodenbearbeitung (flache Stoppelbearbeitung mit oder ohne Pflugfurche (25 cm) im Herbst vs. reduzierte Bodenbearbeitung oder Pflügen (12 cm) im Frühjahr) auf unterschiedlichen Bodentypen (Pseudogley, Ton und Schluffböden) zeigen, dass eine angestrebte Bodenbedeckung von >30% nur zu erreichen ist, wenn auf eine Bodenbearbeitung im Herbst komplett verzichtet wird, was in der Praxis für einige Herausforderungen sorgt. So bestätigen die Ergebnisse dieser Versuche, dass eine abnehmende Bodenbearbeitungsintensität für einen zunehmenden Unkrautdruck sorgt, in unserem Versuch vor allem einjährigen Rispengras (*Poa annua*) und Quecke (*Elymus repens*).

Die Ergebnisse zeigen weiterhin, dass unter norwegischen Bedingungen die Strohrotte bei unzureichender Einarbeitung im Herbst erst im Frühjahr in Gang kommt. Nicht abgebaute Strohmenge stellen hohe Anforderungen an die Frühjahrsbestellung und beeinflussten in unseren Versuchen den Feldaufgang, das Pflanzenwachstum und unter feuchten Bedingungen auch die Erträge negativ. Die Ergebnisse zeigen weiterhin, dass sowohl eine Reduktion der Bodenbearbeitungsintensität (Schluff Standort +50- 75%, Ton Standort + 30% verglichen mit Pflügen im Herbst) als auch große nicht abgebaute Strohmenge die Menge an *F. langsethiae* DNA und Mykotoxin (HT 2-T toxin) im geernteten Korn erhöhen.

Um einerseits die Anforderungen an den Erosionsschutz zu erfüllen und andererseits hohe Erträge von hoher Qualität zu gewährleisten, ist ein ganzheitliches Management nötig, wobei Strohmanagement, Frühjahrsbestellung und Pflanzenschutzmassnahmen eng aufeinander abzustimmen sind. Unsere Versuche zeigen dass wenn dieses gelingt, es möglich ist auch unter norwegischen Anbauverhältnissen mit reduzierter Bodenbearbeitung hohe Erträge zu erreichen.

Conservation tillage improves soil erosion control in organic farming systems

Steffen Seitz¹; Marcel van der Heijden²; Raphaël Wittwer²; Thomas Scholten¹

¹ Universität Tübingen; ² Agroscope

Soils are among the most valuable resources on our planet but endangered in their substance by human activity. Particularly, soil degradation by erosion causes severe environmental impacts and reduces productivity. High soil erosion rates are usually associated with intensive agricultural practices and especially the advent of mechanisation has accelerated sediment transport. In this context, conservation tillage and particularly no-till farming are major improvements regarding soil erosion control. However, their impact on sediment loss and subsequent soil quality and yields in organic agriculture are rarely tested in the field. Moreover, comparisons of conservation tillage under conventional conditions and tilled organic systems are scarce.

Interrill sediment loss during heavy rainfall events were studied in a long-term replicated arable farming system and tillage experiment (Agroscope FAST trial) with four different cropping systems: I) organic farming / intensive tillage, II) organic farming / reduced tillage, III) conventional farming / intensive tillage and IV) conventional farming / no tillage on fallow land after winter wheat and during maize growth.

It was shown that organic farming decreases sediment delivery compared to conventional farming by 30 % (0.54 t / ha). Furthermore, reduced tillage (0.73 t / ha) decreased sediment delivery by 61 % compared to intensive tillage in organic farming (1.87 t / ha). Whereas intensively tilled conventional plots showed the highest sediment delivery (3.46 t / ha), the combination of conventional farming and no tillage showed lowest rates (0.24 t / ha). Soil erosion was much higher in June during maize growth (2.92 t / ha) than in August on fallow land (0.23 t / ha). Soil surface cover and soil organic matter were the best predictors for reduced sediment loss. Interestingly, living plant cover from weeds in reduced organic treatments protected soil surfaces more effectively than plant residues in conventional, no-tillage plots.

In summary, the adoption of reduced tillage in organic farming significantly reduced soil erosion, further improved soil quality but however, also contributed to reduced yields. It is now essential for agriculture to weigh its long-term advantages and disadvantages.

Bodenschutz bei der Holzernte auf natürlich gelagerten Waldböden mittels portalem Bodenschutzplattensystem

Ingo Siebert¹; Gebhard Schüler¹; Raimund Schneider²

¹ Landesforsten Rheinland-Pfalz; ² Universität Trier, FB VI, Bodenkunde

In Wäldern werden Rückegassen dauerhaft angelegt, um den flächenhaften Bodenfunktionsverlust durch die Befahrung mit schweren Forstmaschinen zu begrenzen. Jedoch müssen die negativen Auswirkungen, wie z.B. gesteigerter Oberflächenabfluss und daraus resultierende Erosion sowie der Verlust bodenphysikalischer Eigenschaften durch Schadverdichtungen auch auf Rückegassen möglichst vermieden werden, da sie die Ökosystemdienstleistungen der Wälder erheblich einschränken.

Sowohl auf den Rückegassen als auch – im Ausnahmefall – abseits der Rückegassen ergibt sich Handlungsbedarf hinsichtlich des Bodenschutzes. Bestehende Techniken zur Bodenschonung, wie z. B. Breitreifen, Zwillingsreifen oder tragende Bogiebänder können schädliche Auswirkungen auf die ökologisch und ökonomisch relevanten Bodenfunktionen begrenzen. Eine mögliche Alternative hierzu stellen portable Bodenschutzsysteme wie Bodenschutzplatten dar. Den Autoren ist keine Studie bekannt, die bodenphysikalische und -mechanische Veränderungen durch Befahrung natürlich gelagerter Waldböden unter einem portalem Bodenschutzsystem untersucht hat. Aus diesem Grund wurde in der vorliegenden Studie untersucht, welche Schutzwirkung bei der Befahrung „ungestörter“ natürlich gelagerter Waldböden mit einem HDPE-Plattensystem im Vergleich mit konventioneller Technik (Standardbereifung bzw. Bogieband) erzielt werden kann. Dazu wurde im Frühjahr 2022 auf einem nicht befahrenen Waldstandort des Rheinischen Schiefergebirges ein Befahrungsversuch mit einem beladenen Forwarder durchgeführt. Im Wald wurden der Bodendruck, Spurtiefen und die Infiltrationsleistung gemessen. Zur Bestimmung der Vorbelastung sowie weiterer bodenphysikalischer Kapazitäts- und Intensitätsparameter wurden Stechzylinderuntersuchungen in 10, 20 und 40 cm Tiefe durchgeführt.

Die Auswertungen zeigen bei der Spureintiefung und der Infiltrationsleistung einen deutlichen Schutzeffekt des Bodenschutzplattensystems im Vergleich zu den beiden konventionellen Varianten. Bei nur einer Überfahrt sind die bodenphysikalischen und -mechanischen Vorteile des Bodenschutzplattensystems gegenüber den übrigen Befahrungsvarianten am größten. Bei fünffacher Überfahrt sind diese Unterschiede weniger stark ausgeprägt.

Die Studie wurde von Landesforsten Rheinland-Pfalz gefördert und in enger Kooperation mit dem Kompetenzzentrum Waldtechnik Landesforsten (KWL) durchgeführt.

Bewertung der Archivfunktion im Bodenschutz – Neue Methodik zur differenzierten Bewertung in Niedersachsen

Robin Stadtmann; Ernst Gehrt

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie

Gemäß BBodSchG sind die natürlichen Bodenfunktionen und die Archivfunktion von Böden besonders zu schützen. Im Bodenschutz ist deshalb eine Bewertung der Funktionserfüllung erforderlich. Während für die natürlichen Bodenfunktionen bodenkundliche Auswertungsmethoden die Funktionserfüllung operationalisieren können, basiert die Bewertung der Archivfunktion wesentlich auf der bodenkundlichen Beschreibung (u.a. Horizonte und deren Ausprägung, Bodentyp, Substrat).

Die Ausweisung der Archivböden für die Berücksichtigung in Planungsprozessen erfolgt in Niedersachsen bislang üblicherweise basierend auf mittelmaßstäbigen Bodenkarten, die sich für parzellenscharfe Aussagen über die genaue Ausdehnung von Archivböden nicht oder nur bedingt eignen. In der Planungspraxis führt dies dazu, dass Bodenfunktionsbewertungen hinsichtlich der Archivfunktion weitgehend auf Ja/Nein-Bewertungen ausgerichtet sind und Potenzialräume ausgewiesen werden. Es erfolgt keine Differenzierung in mehrstufige Bewertungen der Funktionserfüllung. Ein Leitfaden der LABO empfiehlt, zukünftig stärker auf kombinierte Bewertungssysteme zu setzen, die neben einer klassenfreien (Ja/Nein-) Bewertung auch gestufte Bewertungen zur weiteren Differenzierung ermöglichen. Der Bedarf nach der Möglichkeit einer differenzierten Bewertung wird zusätzlich dadurch unterstrichen, dass die neue Bundeskompensationsverordnung eine abgestufte Bewertung hinsichtlich der wissenschaftlichen, naturgeschichtlichen, kulturhistorischen oder landeskundlichen Bedeutung von Böden vorsieht. Eine solche Klassifizierung der Schutzwürdigkeit stellt jedoch eine besondere Herausforderung hinsichtlich der notwendigen Datengrundlage und der Bewertungsmethode dar.

In dem Beitrag wird anhand von Beispielen aufgezeigt, wie auf Grundlage der nutzungsdifferenzierten Bodenkarte für Niedersachsen im Maßstab 1:50.000 (BK50n, Gehrt et al. 2021), Geländeaufnahmen und zusätzlichen Geodaten die differenzierte Bewertung der Archivfunktion vorgenommen werden kann. Hierzu wurde eine Bewertungsmethode entwickelt, in der die wertgebenden Eigenschaften der Böden ermittelt und zusätzliche Kriterien, wie der Erhaltungszustand und die Seltenheit, herangezogen werden.

Düngung mit amorphem Siliziumdioxid verbessert die Wasserhaltekapazität und erhöht das Volumen an pflanzenverfügbarem Wasser

Mathias Stein¹; Wael Al Hamwi²; Luis Barbosa¹; Kristian Berger³; Maren Dubbert²; Mathias Hoffmann²; Michael Sommer⁴; Gernot Verch⁵; Jörg Schaller¹

¹ Arbeitsgruppe Silizium-Biogeochemie, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V., 15374 Müncheberg; ² Arbeitsgruppe Isotopen-Biogeochemie & Gasflüsse, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V., 15374 Müncheberg; ³ Arbeit

Dürre ist eine der größten Bedrohungen für terrestrische Ökosysteme und die Agrarproduktion. Aufgrund des Klimawandels werden Dürrezustände sowohl an Häufigkeit als auch an Intensität zunehmen und somit die landwirtschaftliche Produktivität und die Leistungsfähigkeit von Ökosystemen gefährden. Die Düngung von Böden mit amorphem Siliziumdioxid (ASi) stellt eine Maßnahme zur Bewältigung dieser zukünftigen Herausforderungen dar, da die Zugabe von ASi zu Böden die Wasserhaltekapazität und den pflanzenverfügbaren Wassergehalt stark erhöhen kann. Diese Effekte können jedoch je nach Bodentyp variieren und wurden noch nicht systematisch untersucht.

Ziel dieser Arbeit ist es, die Effekte von ASi auf die Wasserhaltekapazität und das pflanzenverfügbare Wasser in unterschiedlichen Bodentypen und unter Feldbedingungen zu untersuchen und zu klären inwieweit die positive Wirkung von Si-Düngung auf den Wasserhaushalt des Bodens vom Bodentyp/-art abhängig ist. Dazu wurden Feldexperimente auf unterschiedlichen Bodentypen durchgeführt.

Die Feldexperimente wurden im Landschaftslabor des ZALF, dem "AgroScapeLab Quillow" (Uckermark, Deutschland) durchgeführt. Es repräsentiert einen typischen landwirtschaftlichen Standort in einer trockenen und dürreranfälligen Region Mitteleuropas, welcher durch eine hohe räumliche Heterogenität des Bodens geprägt ist. Die ASi-Düngung erfolgte mit Aerosil 300, einem amorphem Siliziumdioxid, in zwei unterschiedlichen Treatments (Kontrolle – 0% ASi und 1% ASi) in jeweils vier Feldwiederholungen. Während der Vegetationsperiode wurden Bodenfeuchte, Leitfähigkeit und Bodentemperatur mittels FDR-Sensoren kontinuierlich aufgezeichnet. Die Messung und Bestimmung der Wasserretentionsfunktion und der hydraulischen Leitfähigkeit an gestörten und ungestörten Proben erfolgte mittels Hyprop[®]2.

Das Monitoring der Bodenfeuchte im Ap-Horizont zeigte einen deutlichen Effekt der Si-Zugabe für alle betrachteten Bodentypen, mit stets höherem volumetrischem Wassergehalt in den Si-gedüngten Parzellen verglichen mit den Kontrollparzellen. Des Weiteren zeigten die Hyprop-Messungen, dass die Zugabe von ASi zu einer Erhöhung des Wassergehaltes über das gesamte Matrixpotential und zur Erhöhung des Anteils an pflanzenverfügbarem Wasser führt. Das sind die ersten Untersuchungen auf der Feldskala, die einen deutlichen Effekt von ASi-Düngung auf die Wasserhalteeigenschaften von Böden zeigen.

Regionale HotSpots der Wassererosionsgefährdung - Ergebnisse einer bundesweiten Erosionsmodellierung unter detaillierter Berücksichtigung der angebauten Ackerkulturen

Bastian Steinhoff-Knopp¹; Philipp Saggau²

¹ Thünen Institut; ² Thünen Institut für Betriebswirtschaft

In Mitteleuropa gilt Bodenerosion durch Wasser als eine der größten Bedrohungen für die Degradation von landwirtschaftlichen Böden und die Bereitstellung von bodenbezogenen Ökosystemleistungen. Die räumliche Gefährdung durch Bodenerosion variiert stark und ist auf die naturräumliche Ausstattung (Böden, Topographie), klimatische Bedingungen (Starkniederschläge, Trockenheit und Wind) und die Bewirtschaftung (Fruchtfolgen, Bewirtschaftung, Schlaggestaltung, Strukturelemente) zurückzuführen. Die räumlich explizite Modellierung der Bodenerosionsgefährdung sowie die Identifizierung von Gefahrenbereichen ist daher eine der größten Herausforderung und wichtige Grundlage im Bodenschutz.

In regionalen, deutschland- und europaweiten Studien zu Bodenerosion durch Wasser wird seit langem die Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG) oder eines ihrer vielfältigen Derivate verwendet. Dabei wurde eine immer höhere räumliche Auflösung der Einzelfaktoren der ABAG und Abtragsraten erzielt. Zugleich gelang es bisher nicht den Einfluss der Bewirtschaftung (Fruchtfolge und Bodenbearbeitung), abgebildet im C-Faktor, in adäquater räumlicher Auflösung abzubilden. Die verfügbaren generalisierten Werte für administrative Gebietseinheiten resultieren in einer erheblichen Unschärfe der räumlich-expliziten Modellierung der landnutzungsabhängigen Abtragsraten, die eine Identifizierung von lokalen bis regionalen HotSpots der Erosionsgefährdung nur bedingt ermöglicht.

In diesem Beitrag werden Ergebnisse einer bundesweit einheitlichen Bodenerosionsmodellierung vorgestellt in der mithilfe von Erdbeobachtungs- und Agrarstatistikdaten der C-Faktor für den Zeitraum 2017-2020 für alle ackerbaulich genutzten Feldblöcke Deutschlands bestimmt wurde. Die Ergebnisse zeigen eine im deutschlandweiten Mittel niedrige Abtragsrate von 0,95 t / (ha · a) bei einem Flächenanteil von 7,2 % mit hohen Abtragsraten von über 3 t / (ha · a). Mit der Ausweisung von HotSpots konnten unter anderem 414 Gemeinden identifiziert werden in denen der mittlere Bodenabtrag über 3 t / (ha · a) liegt (Auswertungen zu anderen Gebietseinheiten liegen vor). Die Identifikation von HotSpot-Regionen ist eine Grundlage für die Bewertung und Anpassung von Politikmaßnahmen oder die gezielte Initiierung von Beratung. Die Ergebnisse können in einer jährlichen Fortschreibung als Indikator für die schonende Bewirtschaftung von Böden verwendet werden und als Grundlage für ein Bodenerosionsmonitoring genutzt werden.

Messung und Modellierung des Wasser- und Wärmehaushaltes des Bodens im Einflussbereich einer Hochspannungskabeltrasse

Steffen Trinks¹; Maja Feuerhak²; Stefanie Schliep²; Gerd Wessolek³; Stefan Dorendorf⁴; Steffen Neumann⁴

¹ Technische Universität Berlin; ² pedotec GmbH Berlin; ³ Technical University Berlin; ⁴ E.DIS Netz GmbH

Bei Planung und Genehmigung von neuen Kabeltrassen wird häufig die Frage nach den betriebsbedingten Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Nutzung und die ökologische Funktion gestellt. Dieser Vortrag wird zeigen und diskutieren welchen Einfluss die Wärmeemission einer 110kV Hochspannungskabeltrasse auf den Boden hat. Dazu werden die Ergebnisse gezeigt, die in einem einjährigen Monitoring an einer Trasse der Edis Netz GmbH in Brandenburg gemessen wurden. An zwei Standorten (grundwasserfern und grundwassernah) wurden Sensoren zur Messung der Temperatur und des Wassergehaltes im Einflussbereich der Kabel installiert. Diese Trasse wurde im Untersuchungszeitraum maximal mit Strom belastet. Da überwiegend die Energie von Solarparks eingespeist wird, hat die Stromlast starke tägliche und jahreszeitliche Schwankungen. Die Messwerte auf der Trasse werden mit einem unbeeinflussten Referenzstandort verglichen.

Um auch den Einfluss der Kabel auf den Wärmehaushalt im Oberboden zu betrachten, werden beide Standorte in einem numerischen Modell abgebildet. Mithilfe der Messergebnisse wird zunächst die Simulation validiert. Anschließend werden die Berechnungsergebnisse genutzt, um den Einfluss der Trasse auf den Temperaturhaushalt im Wurzelraum zu betrachten und zu bewerten.

Wärmeemission von unterirdischen Hochspannungsleitungen beeinflusst Boden und Ackerkulturen – Abschlussergebnisse aus vier Kulturphasen

Ken Uhlig; Jan Rücknagel

Martin Luther University Halle-Wittenberg

Die 2011 beschlossene „Energiewende“ hin zu mehr erneuerbaren Energien forciert einen angepassten Netzausbau. In Norddeutschland produzierter Strom wird überwiegend in Süddeutschland verbraucht. Der SuedOstLink, eine länderübergreifende Stromtrasse zur Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ) als vorrangig unterirdische Leitung, soll hierbei Abhilfe schaffen. Allerdings ist wenig über die Auswirkung einer dauerhaften Wärmeemission einer HGÜ-Leitung auf den Wasserhaushalt und die Bodentemperatur in den darüberliegenden Schichten, auf das Wurzelwachstum, die Pflanzenentwicklung und den Ertrag bekannt. Zur Klärung der Fragen wurde 2019 ein innovativer Gefäßversuch an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg initiiert. Hierfür wurden 24 Gefäße mit einem Durchmesser von 50 cm und einer Höhe von 140 cm konstruiert. Stellvertretend für die unterschiedlichen Böden im geplanten Trassenverlauf in Sachsen-Anhalt wurde in 12 Gefäße ein tiefgründiger Löss und in 12 Gefäße ein Sandlöss über Sand, unter Berücksichtigung der typischen Lagerungsdichte und getrennt nach Ober- und Unterboden, eingebaut. Jeweils sechs Gefäße sind zur Simulation der Abwärme eines HGÜ-Kabels an der Unterseite beheizt. Die anderen dienen als Kontrolle. Weiterhin wurden drei unterschiedliche Jahresniederschläge nachgeahmt. Die Untersuchung wurde als dreifaktorieller Versuch mit zwei Wiederholungen konzipiert und fand unter kontrollierten Bedingungen im Gewächshaus statt. Über vier Kulturphasen hinweg wurde eine Fruchtfolge bestehend aus Sommergerste, Zuckerrüben Sommerweizen und Sommergerste/Luzerne kultiviert. Die Ergebnisse zeigen kulturartspezifische Unterschiede im Ertragsverhalten und dem Wurzelwachstum, teils abhängig von der Bodenart und der Position in der Fruchtfolge.

Reduzierung des Schwermetallaustrags aus ehemaligen Rieselfeldböden durch Zugabe von Kalk, Gesteinsmehl, Eisen(hydr)oxid und Leonardit

Anne Wagner¹; Karla Sperling²; Martin Kaupenjohann¹

¹ TU Berlin, Inst. f. Ökologie; ² TU-Berlin, Inst. f. Ökologie

Die ehemaligen Rieselfeldböden Berlins sind durch die jahrzehntelange Aufbringung von Abwässern mit Schwermetallen belastet. Seit Einstellung der Verrieselung sinken die pH-Werte und die angereicherte organische Substanz wird mineralisiert, so dass die Mobilität der Schwermetalle zu- und die Diversität der Pflanzenbestände abnimmt.

Wir haben 2019 einen Feldversuch angelegt, um die Wirksamkeit von Kalk, Gesteinsmehl, Eisen(hydr)oxid und Leonardit zur langfristigen (15 Jahre) Immobilisierung der Schwermetalle in situ vergleichend zu prüfen. Dazu wurden die Zuschlagstoffe (5 Masse%) homogen in die Oberböden (0 bis 25 cm) auf Kleinparzellen (2 x 2 m) eingemischt. Anschließend wurde eine artenreiche, angepasste Blühpflanzenmischung eingesät. Der Versuch ist in randomisiertem Blockdesign mit fünffacher Wiederholung angelegt. Als Kontrolle dienen Parzellen mit dem artenarmen, aktuellen Pflanzenbestand ohne Zuschlagstoffe. Unmittelbar nach Einbringung und ein Jahr danach wurden die mobilen Schwermetallgehalte in wässrigen Extrakten (1:2-Extrakt) bestimmt. Um zu prüfen, ob sich die Zuschlagstoffe auch auf die Stoffausträge auswirken, haben wir zwischen Oktober 2021 und März 2022 unter jeder Parzelle je drei Passivsammler (selbstintegrierende Ionenaustauscherharzboxen, SIAs) in einer Tiefe von 30 cm installiert.

Alle Zuschlagstoffe reduzierten die wasserlöslichen Cadmium-, Nickel- und Zink- Konzentrationen unmittelbar nach Einbringung. Die wasserlöslichen Kupfer-Konzentrationen konnten jedoch nur mit Eisen(hydr)oxid und vor allem Leonardit deutlich reduziert werden. Die Eisen(hydr)oxide reduzierten auch die Zink-Austräge signifikant und jene von Cadmium, Nickel und Kupfer im Mittel deutlich. Die anderen Zuschlagstoffe zeigten bisher keinen deutlichen Effekt auf den Austrag der Schwermetalle aus dem Oberboden bei einer deutlich größeren Streuung der Messwerte im Vergleich zum Eisen(hydr)oxid. Derzeit werden im Labor die Auswirkungen der Zuschlagstoffe auf die Wasserspeicherfähigkeit und Hydrophobizität bestimmt. Die Ergebnisse liegen bis zur Tagung in Halle vor.

Jahrestagung der
Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft
DBG 2023

Kommission VII

Bodenmineralogie

Hypertonic stress induced changes of *Pseudomonas fluorescens* adhesion towards soil minerals studied by AFM

Abd Alaziz Abu Quba¹; Doerte Diehl¹; Gabriele E. Schaumann¹; Anja Miltner²; Mariam Karagulyan²; Matthias Kästner²; Marc-Oliver Goebel³; Joerg Bachmann³

¹ RPTU Kaiserslautern-Landau; ² Helmholtz Centre for Environmental Research - UFZ; ³ Leibniz Universität Hannover

Water repellency (WR) in soil significantly limits water availability and may affect plant growth. Organic compounds were identified to be the main reason for changes in interfacial soil properties but a clear understanding of the mechanism of WR formation in soil is still missing. Current research suggests that bacterial biomass residues that are formed in soil contribute to the organic matter pool causing WR, and that residues from stressed bacteria are retained more than residues from unstressed cells and result in higher WR. Thus, our project studies the effects of cell envelopes of unstressed and hypertonically stressed bacteria on chemical and physical soil particle surface properties. We hypothesize that soil bacteria and their cell envelopes not only become less wettable after dry periods but also adhere more strongly to surfaces, rendering them less easily degradable and ultimately increasing the persistence of soil WR.

In this work, atomic force microscopy (AFM) analyses at the single cell level were performed under physiological conditions in order to study the effect of stress on the adhesion of *Pseudomonas fluorescens* cells to mineral surfaces. We used tips modified with either one of the four different minerals interacting with both stressed and unstressed bacterial cells and compared the AFM results with the theoretical XDLVO predictions based on contact angle and zeta potential measurements. We considered the effect of the specific mineral tip geometry and crystal structure to explain possible agreement or disagreement between AFM and XDLVO results.

We found that montmorillonite and goethite adhere more strongly to stressed than to unstressed cell surfaces due to stronger hydrophobic interactions toward the stressed cells. Kaolinite unexpectedly showed the opposite trend, whereas the adhesion of quartz was independent of cell stress. Possible reasons for such contrasting results were addressed. The match between AFM and XDLVO results followed the order goethite > montmorillonite > quartz > kaolinite. Our results indicate that bacteria may increase soil hydrophobicity; this has a range of implications for soil physicochemical properties.

Evaluation of the Rietveld method for determining content and chemical composition of inorganic X-ray amorphous materials in soils

Sileola Joseph Akinbodunse¹; Kristian Ufer²; Reiner Dohrmann²; Reiner Dohrmann³; Christian Mikutta¹

¹ Soil Mineralogy, Institute of Mineralogy, Gottfried Wilhelm Leibniz University Hannover; ² Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR), Hannover; ³ State Authority of Mining, Energy and Geology (LEBG), Hannover

Inorganic X-ray amorphous materials (iXAMs) are ubiquitous in soils, relevant for numerous environmental processes, but are notoriously difficult to quantify and characterize. To test for the accuracy and precision of iXAM quantification in soil using powder X-ray diffraction (PXRD), we prepared four mineral mixtures containing quartz, carbonates, feldspars, and clay minerals in different proportions and amended them with 0–70 wt.% iXAMs (ferrihydrite and opal A, equal share by weight). We quantified these iXAMs in mineral mixtures by analyzing PXRD data using the Rietveld method. We also evaluated the optimal way of PXRD sample preparation (spray drying and conventional) based on the accuracy and precision of iXAMs content as obtained by the internal standard method in Rietveld analysis. The mineral mixtures were also analyzed by X-ray fluorescence (XRF) spectrometry, and mass balance calculations on Rietveld and XRF data were carried out to estimate the chemical composition of iXAMs in mineral mixtures. Both sample preparation methods showed no significant difference in determined iXAM contents and yielded accurate results with an absolute error of ± 2 wt.% for nominal iXAM contents. However, the precision of iXAM content quantification of samples prepared by spray drying was better than that of conventionally prepared samples. The accuracy and precision of iXAM content determination depends largely on the elimination of preferred orientation effects, either physically by spray drying or by using spherical harmonics models for samples prepared conventionally. Therefore, spray drying prior to PXRD and Rietveld analysis provides a major advantage in the determination of iXAM content and quantitative phase analysis of soils by effectively eliminating preferred orientation effects prevalent for feldspars and clay minerals. Our results also imply that the chemical composition of soil iXAMs can be accurately assessed by mass balance calculations. Prerequisites are the accurate determination of crystalline mineral phases using the Rietveld method and well-founded estimates of their chemical composition. The results of this research serve as a framework for future PXRD studies on iXAMs in soils and related materials.

Tonminerale als Sorbenten für hydrophobe organische Chemikalien

Leonard Böhm¹; Peter Grančič²; Jan Siemens¹; Daniel Tunega²; Martin H. Gerzabek²

¹ Justus-Liebig-Universität Gießen; ² Universität für Bodenkultur Wien

Hydrophobe organische Chemikalien (HOC), wie halogenierte aromatische Kohlenwasserstoffe, können in der Umwelt sehr persistent sein und zu negativen Effekten für Menschen und andere Biota führen. Für die Bewertung ihres Umweltverhaltens und Risikos sind Sorptionsprozesse hoch relevant. In diesem Zusammenhang werden vor allem die Wechselwirkungen zwischen HOC und organischer Substanz intensiv untersucht. Eine nennenswerte Adsorption von HOC kann jedoch auch an Mineralphasen stattfinden (Böhm et al. 2022).

Zur weiteren mechanistischen Aufklärung der HOC–Mineral-Interaktionen wurden in der vorliegenden Arbeit Adsorptionsexperimente mit verschiedenen HOC–Mineral-Systemen durchgeführt, für die fünf halogenierte Benzole (log KOW 2,6–6,5) als HOC-Vertreter und 20 smektitreiche Bentonite als Mineralphasen eingesetzt wurden.

Die Experimente zeigten einen großen wechselseitigen Einfluss der Charakteristika von HOC und Tonmineralen auf das Ausmaß der Adsorption. Die ermittelten Fest–Flüssig-Adsorptionskoeffizienten K_d variierten für spezifische HOC–Mineral-Interaktionen über mehrere Größenordnungen. Dabei spielte die Hydrophobizität der HOC eine relevante Rolle für die Höhe der Adsorption, jedoch in geringerem Maße als die Mineraleigenschaften. Exemplarisch lässt sich dies am Bsp. von zwei ausgewählten HOC (log KOW 2,6 und 5,6) verdeutlichen, deren Adsorption mineralabhängig bei Substanz A (log K_d 1,8–2,5) um bis zu Faktor 5, bei Substanz B (log K_d 2,1–4,0) jedoch um bis zu Faktor 90 variiert.

Die Einordnung der Ergebnisse erfolgt vor dem Hintergrund weiterer HOC-Charakteristika sowie beeinflussender Parameter der Tonminerale wie spezifischer Oberfläche, Ladungsdichte, Kationenaustauschkapazität und Kationenbelegung. Eine Interpretation der Sorptionsprozesse findet auf Grundlage durchgeführter Molekularsimulationen statt.

Die Ergebnisse zeigen den großen Einfluss spezifischer HOC–Mineral-Interaktionen für die Abschätzung des Verteilungsverhaltens von HOC. Darüber hinaus verdeutlichen die Ergebnisse den generellen Einfluss von Mineralen auf die Adsorption von HOC und ihre Bedeutung für den Verbleib von HOC in der Umwelt, z. B. bei langfristigen Quelle/Senke-Phänomenen in Böden und Sedimenten.

Böhm L, Grančič P, Scholtzová E, Heyde BJ, Düring R-A, Siemens J, Gerzabek MH, Tunega D. 2022. Adsorption of the hydrophobic organic pollutant hexachlorobenzene to phyllosilicate minerals. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-24818-4>

Mineral type, land use and depth effects on the content, stability and age of newly formed mineral-associated organic matter in temperate soils

De Shorn Bramble¹; Ingo Schöning¹; Shane Stoner¹; Susanne Ulrich²; Robert Mikutta²; Klaus Kaiser²; Kai Totsche³; Susan Trumbore¹; Marion Schrumpf¹

¹ Max Planck Institut für Biogeochemie Jena; ² Martin Luther University Halle-Wittenberg, Halle (Saale), Germany; ³ Friedrich Schiller University of Jena

The largest share of total soil organic matter is associated with soil minerals, making the formation of mineral-associated organic matter (MAOM) a key factor in the global carbon (C) cycle. Little is known about the effect of mineral type and land use on the extent of MAOM formation, its stability, and age along soil profiles. We addressed this research gap by exposing pristine minerals (an iron oxyhydroxide, goethite, and a clay mineral, illite) for five years to ambient soil conditions at 0, 5 and 30 cm depth in 27 forest plots, and at 5 and 30 cm depth in 27 grassland plots across three regions in Germany. After recovery, the content of organic C (OC) of the minerals was determined by dry combustion. The stability of the mineral-bound C was assessed by sequential extraction with 0.01M CaCl₂ and 0.1M Na₄P₂O₇. Radiocarbon was used to determine the ¹⁴C age and assess the potential source of the MAOM-C. Results show that irrespective of soil depth, goethite accumulated more OC than illite (on average 0.28, 0.20, and 0.10 mg m⁻² mineral surface at 0, 5 and 30 cm depth, respectively for goethite, and 0.09, 0.05, and 0.02 mg m⁻² mineral for illite). The amount of MAOM-C that accumulated at 5 and 30 cm depth was similar in forests and grasslands. We further show that in forest, MAOM-C accumulation at 0 cm depth was higher in coniferous forests than deciduous forests. This trend persisted at 5cm depth for goethite. However, at 30 cm depth, both forest types accumulated similar amounts of MAOM-C for both minerals. The proportion of MAOM-C extracted by CaCl₂ depended on mineral type, being higher for illite than goethite, but was not affected by land use. Conversely, Na₄P₂O₇-extractable OC was higher for goethite than illite, and was higher in forests than in grasslands at 5 cm but not 30 cm depth. First results show a decline in the ¹⁴C content of the MAOM-C with depth. Overall, our results suggest that i) the accumulation and stability of MAOM along the soil profile is mineral dependent, and ii) the effect of land use on the formation and stability of MAOM is limited to the topsoil.

Interactions of manganese oxides with natural organic matter in soil: Sorptive stabilization or oxidative destabilization of organic carbon?

Lena Brüggewirth¹; Robert Mikutta²; Klaus Kaiser²; Ricarda Behrens¹; Christian Mikutta¹

¹ Leibniz Universität Hannover, Bodenmineralogie; ² Martin Luther Universität Halle-Wittenberg, Bodenkunde und Bodenschutz

Secondary minerals are key factors in the transformation and stabilization of organic carbon in soil. Redox-active manganese (Mn) oxides can bind organic matter, mediate the oxidation of organic compounds into substrates more easily available to microorganisms, and/or even cause their complete mineralization into CO₂. However, little is known about the extent of dissolved organic carbon (DOC) sorption, fractionation, and oxidation by different types of Mn oxides. Therefore, we investigated sorptive interactions between dissolved organic matter (DOM) of different sources (beech and pine litter, initial DOC concentration: 100 mg/L) and Mn oxides (d-MnO₂, birnessite, cryptomelane) at different pH values (4 and 7) and background electrolyte compositions (no salt, 0.01 M NaCl or CaCl₂). Changes of DOM solutions and mineral phases were assessed by UV-Vis spectrophotometry, ion chromatography, inductively coupled plasma-optical emission spectrometry, CN analyses, and X-ray diffraction. After interaction, reduced specific UV absorbance at 280 nm of DOM solutions indicates preferential adsorption of aromatic moieties, especially with CaCl₂ background electrolyte. The removal of DOC by Mn oxides was higher at pH 4 than at pH 7, except for birnessite. The highest removal was observed with d-MnO₂ and beech DOM with up to 16 mg/g DOC at pH 4. Remarkably, we found a discrepancy between DOC removal from solutions and the detectable amount of DOC sorbed on mineral surfaces, especially with beech DOM. Results showed that 68–84% of removed beech DOC was mineralized to CO₂ by Mn oxides. In contrast, pine DOM in CaCl₂ solution at pH 7 resulted in higher sorption than mineralization. Contact of DOM with Mn oxides also produced high concentrations of dissolved low-molecular-weight organic acids, consisting mainly of formic, acetic, oxalic, and citric acid. These acids accounted for up to 21% of the initial DOC concentration. No mineral-phase transformations occurred after reaction of Mn oxides with DOM. We conclude that Mn oxides contribute to both, sorptive stabilization and oxidative destabilization of soil organic carbon, depending on mineral and DOM type, pH, and solution composition.

Freezing as a mode to form soil microaggregates: Laboratory experiments with mineral and organic model substances

Stefan Dultz¹; Myriam Speth; Julia Schubert; Hüseyin Tani; Alexander Fechner; Klaus Kaiser; Robert Mikutta; Georg Guggenberger

¹ Leibniz Universität Hannover, Institute of Soil Science

Little is known about size, shape, and stability of composite particles formed from dissolved and dispersed compounds upon freezing of water in soils. Especially the effects of solution chemistry and the number of freeze-thaw cycles (FTC) is unknown. Upon freezing, soil solution components escape from growing ice, the so-called ice exclusion. When the remaining liquid freezes, particle form with their shapes defined by the sub-grain boundaries of the ice crystals. Illite, goethite, tannic acid, and bacterial cells as well as cell envelopes at concentrations of 0.005 to 10 g/L with and without background electrolytes (NaCl, CaCl₂, AlCl₃) were used as model substances and individually exposed to up to 20 FTC. After freeze-drying of frozen samples, size and shape of the formed particles were analyzed by confocal laser scanning microscopy. Particles were sized according to their equivalent circle diameter and classified into different classes according to shape. In the thawed suspensions, particle size was determined according to hydrodynamic diameter as obtained with dynamic light scattering. Shapes of the particles formed in the freezing experiments were not similar for all model substances. Morphologies of formed particles resembled ice surfaces with plates and fibers defined by two- and three-grain boundaries but there were also larger particles entrapped by the ice. High concentrations of non-aqueous compounds induced formation of larger particles with platy morphology, due to more filled sub-grain boundaries. Particles rich in clay minerals were more prone to dispersion than those with higher shares of bacterial cells. For tannic acid larger equivalent circle diameter for all concentrations and enhanced aggregation at pH 3 compared to pH 6 could be shown. Electrolyte additions indicate a higher stability for higher valencies. Obviously, the freeze-concentration effect is most intense at low particle concentrations, likely due to formation of larger ice crystals and higher crystallization pressures. An increasing number of FTC amplified this effect. We conclude that ice exclusion can significantly shape soil microaggregates depending on their inorganic and organic constituents, with possible consequences for C retention and availability. The observed effects on particle formation during freezing are potentially stronger under natural soil conditions as freezing is slower, thus favoring more intense freeze-concentration.

Die funktionelle Rolle von Regenwurmmucus bei der Aggregatbildung

Tom Guhra¹; Arnold Wonneberger; Katharina Stolze¹; Thomas Ritschel¹; Kai Uwe Totsche¹

¹ FSU Jena

Bodenorganismen beeinflussen die Pedogenese auf molekularer Ebene durch die Produktion von Biopolymeren, die mit Bodenmineralen interagieren können. Je nach ihren molekularen Eigenschaften können diese dabei die Aggregation hemmen, mithin als „separation agent“ fungieren, oder die Aggregation als „bridging agent“ fördern. Mucus, ein von Regenwürmern ausgeschiedenes Biopolymer, das hauptsächlich aus Proteinen und Polysacchariden besteht, wurde bisher oft vernachlässigt, obwohl Regenwürmer mittels Bioturbation wesentlich zur Bodenqualität und -strukturierung beitragen. In unserer Studie untersuchten wir die Rolle von *L. terrestris*-Mucus (cutaneous earthworm mucus: CEM) bei der Bildung organo-mineralischer Assoziationen in der Bodenlösung. Hierzu wurden Batchversuche mit Goethit und CEM bei verschiedenen pH-Werten und zunehmenden CEM-Konzentrationen durchgeführt. Anschließend wurde die Aggregation entstandener organo-mineralischer Assoziationen mit Quarzpartikeln in Abhängigkeit von der C-Beladung auf Mineraloberflächen und der CEM-Konzentration in Lösung untersucht.

In den Experimenten wird deutlich, dass CEM ein konzentrations- und pH-abhängiges Adsorptionsverhalten zu Goethit besitzt. Polysaccharide adsorbieren dabei bevorzugt unter sauren Bedingungen (pH 3) und niedriger CEM-Konzentration (6 mg Mucus-C/l). Im Gegensatz dazu wurde eine stärkere Adsorption von Proteinen bei höheren CEM-Konzentrationen (30 mg Mucus-C /l) festgestellt. In anschließenden Aggregationsexperimenten war die Heteroaggregationsrate von organisch-mineralischen Assoziationen mit Quarz im Vergleich zur CEM-freien Referenz bei geringen C-Beladungen verringert und bei hohen Beladungen erhöht. Darüber hinaus wurde die Aggregation zwischen Goethitpartikeln durch elektrostatische/sterische Abstoßung gehemmt (separation agent), wenn hohe CEM-Konzentrationen in der Lösung vorhanden waren (Mineral:Mucus-Verhältnis von 17), während CEM bei relativ geringer Verfügbarkeit in Lösung (Mineral:Mucus-Verhältnis von > 83) eine Aggregation ermöglichte (bridging agent).

Die Bildung und das Aggregationsverhalten von Mucus-Mineral-Assoziationen tragen zur Nährstoff-/Kohlenstoffspeicherung sowie der Strukturbildung bei. Die Zusammensetzung, Funktion und (Im-)Mobilisierung von CEM und entsprechender organo-mineralischer Assoziationen in regenwurmbeeinflussten Bodenstrukturen ist daher von der CEM-Verfügbarkeit und der CEM-Struktur/Reaktivität in Abhängigkeit vorliegender Umweltparameter abhängig.

Redox-sensitive Fe mineral transformation and associated organic matter in Elbe marsh soils – Fe(II) minerals as organic C sinks?

Jan Jagode¹; Hamed Kashi²; Jannis Florian Carstens¹; Jianyu Tao²; Dörthe Holthusen³; Jana Carus³; Elmar Fuchs³; Heiner Fleige²; Sandra Spielvogel²; Georg Guggenberger¹

¹ Institute of Soil Science, Leibniz Universität Hannover; ² Institute for Plant Nutrition and Soil Science, Christian-Albrechts-University Kiel; ³ Federal Institute for Hydrology, Department U3

Under oxidizing conditions, Fe(III) oxides constitute one of the most important types of inorganic binding agents for organic matter (OM) stabilization. However, the fluctuating redox conditions in -intertidal transition zones such as brackish marshes in estuarine ecosystems call into question if Fe(III) oxides can function as binding agents, or if Fe(II) minerals can act in a analogous way for OM stabilization. Therefore, we aimed to investigate how the fluctuating redox conditions in the field affected Fe(II) and Fe(III) minerals as inorganic binding agents for OM.

Membrane cylinders with defined Fe mineral/clay coated quartz sand fillings were inserted along a depth gradient in a soil profile in a brackish marsh of the tidal River Elbe. These included (1) Fe(III) oxide, (2) Fe(II) carbonate, and (3) Fe(II) sulfide, which were incubated in the field for 6 months. In an additional experiment, ¹³C labeled OM sorbed onto the Fe mineral coated sands and particulate OM was further added to the membrane cylinders to study preservation and exchange of OM with surrounding soil. Fe mineralogy was examined via a sequential Fe extraction scheme. Organic carbon (OC) and ¹³C isotope ratio were measured via EA IRMS.

Fe oxides without OM addition showed no transformation, even in the anoxic zone, whereas with OM addition, a notable shift to Fe carbonates occurred. Fe sulfides displayed nearly total absence of pyrite in both experiments, instead displaying a shift to ascorbic acid-extractable Fe and oxalate extractable Fe suggesting (at least partial) oxidation to Fe(II/III) minerals or Fe(III) oxides. Fe carbonate without OM addition transformed to low- and high crystalline Fe oxides, though Fe carbonate partially persisted even in the oxic zone for the 6-month duration. In contrast, upon OM addition only a minor fraction of Fe carbonate transformed to crystalline Fe oxides, instead shifting to ferrihydrite under oxic conditions and a major portion of Fe(II) minerals persisting in the anoxic zone (possibly as siderite). Fe sulfides and Fe carbonates had almost the same OC range than Fe oxides. The preservation of sorbed ¹³C-labelled OM decreased with soil depth and in the order Fe oxide > Fe carbonate > Fe sulfide. This suggests exchange of sorbed OM with OM from the surrounding soil, possibly during the redox-sensitive Fe mineral transformation. Both Fe(II) & Fe(III) minerals seem to be able to stabilize OM under fluctuating redox conditions.

Thermodynamics of sorption of low molecular weight organic compounds to minerals

Alexander Konrad¹; Kenton Stutz²; Friederike Lang²; Diana Hofmann³; Ines Mulder¹; Jan Siemens¹

¹ Justus-Liebig-Universität Gießen; ² Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Professur für Bodenökologie; ³ Forschungszentrum Jülich GmbH

Mineral-induced stabilization is an important control of organic matter turnover in soils. However, it is still unknown i) how strongly does a molecule bind to a mineral surface and ii) how much energy is required to convert this formerly stabilized organic matter into a (dissolved) substrate. In order to address these questions, we developed an isothermal titration calorimetric method to assess the thermodynamics of the interaction between low molecular weight organic compounds and model soil minerals. We have selected organic acids which differ in polarity and degree of oxidation and have used kaolinite, illite and goethite as model minerals. The presentation will outline isothermal titration calorimetry as a method for assessing sorption reactions and relate the derived thermodynamic parameters, i.e. sorption enthalpy (ΔH) and Gibbs free energy (ΔG), of the sorption of low molecular organic weight compounds to their (de)sorbability and sorption hysteresis.

Effekte des Siliziumeinbaus auf die Reaktivität von schwach kristallinen Aluminosilikaten gegenüber organischen Säuren

Katharina R. Lenhardt¹; Mathias Stein²; Thilo Rennert¹

¹ Fachgebiet Bodenchemie mit Pedologie, Institut für Bodenkunde und Standortslehre, Universität Hohenheim, Stuttgart; ² Arbeitsgruppe Silizium-Biogeochemie, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF), Müncheberg

Vorwiegend in Andosolen und Podsolen ermöglicht die verwitterungsbedingte Freisetzung von Aluminium (Al) und Silizium (Si) die Entstehung von schwach kristallinen Aluminosilikaten („short-range ordered aluminosilicates“, SROAS). Die Adsorption von gelöster organischer Substanz an SROAS trägt zur Kohlenstoffsequestrierung bei, da insbesondere aromatische Carbonsäuren chemisch an der Oberfläche gebunden und somit vor mikrobiellem Abbau geschützt werden. In Abhängigkeit der Bildungsbedingungen werden variable Mengen an Si in SROAS eingebaut. Um zu klären, wie sich der Si-Einbau auf die Reaktivität von SROAS auswirkt, untersuchten wir die Adsorptionsmechanismen von Modellsubstanzen an SROAS mit bekannter Mineralstruktur. In Batchexperimenten quantifizierten wir die Adsorption von Oxalsäure, Salicylsäure und Octansäure an synthetische SROAS (Al:Si: 1,4-3,7) bei initialem pH 5 und 6,5. Die Adsorbate wurden mittels Infrarotspektroskopie charakterisiert. Die schnelle Adsorptionskinetik ($t \leq 30$ s) untersuchten wir anhand von Änderungen der elektrischen Leitfähigkeit mit einer Stopped-Flow-Methode. Octansäure wurde elektrostatisch gebunden, während Oxalsäure Chelatkomplexe ausbildete und Salicylsäure partiell innersphärisch adsorbierte. Im Vergleich zu Al-reichen SROAS (Al:Si = 3,7) war die Adsorption von Oxalsäure und Salicylsäure an Si-reiche SROAS (Al:Si = 1,4) um 80-90% reduziert. Die kinetischen Untersuchungen zeigten den schnellen Ligandenaustausch von Oxalat mit Aluminolgruppen, gekennzeichnet durch eine Geschwindigkeitskonstante von $3,5 \text{ s}^{-1}$ (25°C) und eine Aktivierungsenergie von bis zu $34,1 \text{ kJ mol}^{-1}$. Ein langsamer Prozess mit einer Geschwindigkeitskonstante von $0,12 \text{ s}^{-1}$ (25°C) wurde auf den diffusiven Transport von Oxalat zurückgeführt. Unsere Ergebnisse zeigen, dass durch den Einbau von Si in SROAS weniger Aluminolgruppen für die chemische Bindung von organischen Säuren an der Oberfläche verfügbar sind. Ein größerer Anteil von Silanolgruppen an der Oberfläche und die Bildung von tetraedrisch koordiniertem Al sind ursächlich für die geringe Reaktivität von Si-reichen SROAS. Da tetraedrisch koordiniertes Al der Komplexbildung durch Carboxylgruppen entzogen ist, könnte die Al-Spezifizierung in SROAS die Bindung von organischer Substanz in Böden aus vulkanischem Ausgangsgestein beeinflussen.

Nachweis von gelöstem dreiwertigem Mangan in Böden – Interaktion von gelöster organischer Substanz mit Manganoxiden

Constantin Lux; Tim Mansfeldt

Universität zu Köln

Die Existenz von gelöstem dreiwertigem Mangan (Mn^{3+}) ist aufgrund rascher Disproportionierung lange vernachlässigt worden. Neuere Studien zeigen, dass natürliche organische Liganden (NOL), gebildet durch gelöste organische Substanz (DOM), Mn^{3+} komplexieren und stabilisieren. Die Interaktion von DOM mit Mn-Oxiden spielt dabei eine wichtige Rolle. Daher ist eine genaue quantitative Speziierung des gelösten Mn in Böden zwingend erforderlich für das Verständnis des Mn-Redoxkreislaufs und des oxidativen Abbaus organischer Verbindungen. Ziele der hier vorgestellten Studie waren (i) die simultane Speziierung des gelösten Mn^{2+} , Mn^{3+} und die Bestimmung von MnT sowie (ii) die Ursachenklärung der Bildung von reaktivem Mn^{3+} in Folge der Interaktion von DOM mit Mn-Oxiden.

Die Speziierung wurde mit einer adaptierten spektrophotometrischen Methode und anschließender kinetischer Modellierung durchgeführt. Der experimentelle Aufbau beinhaltete zwei Batch-Versuchsreihen mit Fokus auf die Einflüsse des pH-Werts (3–7, 5 Stufen) und der Zeit (1–168 h, 7 Stufen). Aus der Auflage (Rohhumus, Of-Horizont) eines sauren Fichtenstandortes (Dystric Cambisol, Idar-Oberstein, Rheinland-Pfalz) wurde ein normiertes DOC-Extrakt (45 mg C L^{-1}) gewonnen, dem Kationen sowie natürliches Mn als potentielle Bindungskonkurrenten und Störfaktoren entzogen wurden. Pro Versuchsreihe wurde je $20 \pm 0.1 \text{ mg}$ eines Mn-Oxids (Birnessit ($\delta\text{-MnIII/IVO}_2$) und Manganit ($\gamma\text{-MnIII(OH)}$)) als Mn-Quelle verwendet und mit 30 mL DOC-Extrakt reagiert. Ein Ausschluss der protoneninduzierten ($\text{pH} \leq 5$) gegenüber der DOM-gesteuerten Reduktion der Mn-Oxide wurde vorgenommen.

Unsere Ergebnisse zeigen eine erhebliche Variation der MnT Konzentrationen ($0.15\text{--}180 \text{ mg L}^{-1}$). Der Anteil des Mn^{3+} konnte mit bis zu 80% an MnT quantifiziert werden. Dabei unterliegt die Mn-Speziierung deutlichen Abhängigkeiten von pH-Wert, Zeit und eingesetztem Mn-Oxid. Es wurde ersichtlich, dass die Interaktion zwischen DOM und den Mn-Oxiden ein entscheidender Prozess bei der Freisetzung von Mn in die Bodenlösung ist. Die Bildung des reaktiven Mn^{3+} beruht nach unserer Auffassung auf der durch NOL gesteuerten reduktiven und nicht-reduktiven Auflösung der Mn-Oxide. Unsere dargelegten Erkenntnisse liefern die Basis für ein fundiertes Verständnis von geochemischen Prozessen. Gelöstes Mn^{3+} ist in Böden eine evidente Redoxkomponente mit einer hohen Umweltrelevanz.

Synchrotron-based Al-K-edge XANES spectroscopy reveals that aluminum speciation differs among soil Oh layer density fractions with different SOM/mineral ratios

Jörg Prietzel¹; Gabriela Villalba Ayala; Wantana Klysubun

¹ TU München (TUM)

The speciation of aluminum (Al) in soils is important for Al cycling and Al toxicity in terrestrial ecosystems. Current soil Al speciation methods are mostly wet-chemical, discriminating among operationally defined fractions rather than distinct Al species. We performed synchrotron-based X-ray absorption near edge structure (XANES) spectroscopy at the Al K-edge (1560 eV) on density fraction samples with different SOM/mineral ratios, which had been obtained from Oh layers of two German forest soils formed from gneiss (Dystric Cambisols Conventwald and Mitterfels). We deconvoluted the spectra by linear combination fitting (LCF), using reference spectra of diluted inorganic and organic Al-bearing soil constituents. Our first time application of Al XANES spectroscopy + LCF allowed for estimating the relative contribution of different Al species in the different density fractions, representing SOM-mineral associations with different SOM/mineral ratios. The Oh layer density fractions differed not only in their SOM content and SOM decomposition status, but also in their Al content and Al speciation, indicating the existence of spatially separated forest floor constituents with different Al speciation. According to our LCF results, Al in the mineral-dominated density fraction $> 1.6 \text{ g cm}^{-3}$ which is characterized by advanced SOM decomposition and comprises about 50% of total Oh mass, is mostly bound in clay minerals and feldspars. In contrast, the Al in the mineral-poor density fraction $< 1.0 \text{ g cm}^{-3}$ with low SOM decomposition status is mostly directly bound to SOM as Al-organo complex, with Al bound to phenolic SOM groups obviously being more relevant than Al bound to SOM carboxyl(ate) groups. However, this density fraction comprises only about 5% of the total Oh mass in both soils. The Al speciation in Oh fractions with intermediate densities ($1.2\text{--}1.6 \text{ g cm}^{-3}$) differs between the two soils. At Mitterfels, Al in these fractions is mostly SOM-complexed (phenol-Al $>$ carboxylate-Al $\gg$ clay mineral Al), whereas at Conventwald, about one third of the Al in these fractions is bound in clay minerals. In summary, only a minor portion of the Al in both Oh horizons is complex-bound to SOM, and the majority is mineral-bound. Our results show that Al K-edge XANES spectroscopy is a promising novel tool for the speciation of Al in soil density fractions with a great potential to promote our understanding of Al cycling and biogeochemistry in terrestrial ecosystems.

Reduktive Transformation natürlicher Manganphasen durch niedermolekulare organische Säuren

Thomas Ritschel; Kai Uwe Totsche

Friedrich-Schiller-Universität Jena

Die Biogeochemie natürlicher Böden ist intrinsisch an die Redoxchemie des Eisens und Mangans gekoppelt. Insbesondere Mangan ist bekannt für seine vielfältigen Redoxspezies und den daraus resultierenden Mineralphasen. Manganoxide dienen dabei insbesondere als Elektronenakzeptoren für mikrobiellen Stoffwechsel unter anoxischen Bedingungen. Doch können Manganoxide auch unter rein abiotischen Bedingungen in der Abfolge von Birnessit (Mn(IV)O_2) über Feitknechtit ($\beta\text{-Mn(III)OOH}$) zu Manganit ($\gamma\text{-Mn(III)OOH}$) reduzieren und dabei gelöstes Mn^{2+} oxidieren. In natürlichen Bodenlösungen gibt es jedoch nur wenig gelöstes Mn^{2+} und organische Substanzen wie z.B. niedermolekulare organische Säuren können stattdessen oxidieren und als Elektronendonator für die Manganphasenreduktion dienen. In einer Langzeitstudie über 1200 Tage haben wir die Transformation von Birnessit unter Standardnormalbedingungen und dem Einfluss niedermolekularer organischer Säuren untersucht. Birnessit wurde dabei reduktiv zu Feitknechtit und anschließend zu Manganit transformiert auch ohne dabei Mn^{2+} freizusetzen. Stattdessen diente Laktat als Elektronendonator und wurde zu Pyruvat, Acetat, Oxalat und letztlich CO_2 oxidiert. Die Verfügbarkeit und Stabilität von organischen Säuren in natürlichen Böden wird daher neben mikrobiellem Metabolismus auch maßgeblich von der Verfügbarkeit und dem Redoxzustand der vorhandenen Manganphasen gesteuert. Unsere Ergebnisse zeigen auch, dass die Reduktion von pedogenen Mangan(IV)-oxiden nicht notwendigerweise zu deren Auflösung, sondern zur Bildung thermodynamisch stabilerer Mangan(III)-Phasen führt und damit zu den Prozessen der fortgeschrittenen Bodenentwicklung zu zählen ist.

Iron (oxyhydr-)oxide dynamics in a flooded rice paddy field and the effect of adsorbed phosphate

Katrin Schulz¹; Andrew Grigg¹; Luiza Notini¹; L. Joëlle Kubeneck¹; Worachart Wisawapipat²; Kurt Barmettler¹; Laurel K. ThomasArrigo¹; Ruben Kretzschmar¹

¹ Institute of Biogeochemistry and Pollutant Dynamics, ETH Zürich; ² Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University

In sub- or anoxic soil environments, iron (Fe) (oxyhydr-)oxides can undergo microbial reductive dissolution, mineral recrystallization, or transformation, which can lead to the release of associated elements. An important nutrient, which is often associated with Fe (oxyhydr-)oxides and can impact their transformation, is phosphate (PO₄). Until now, the transformation of Fe (oxyhydr-)oxides, such as ferrihydrite and lepidocrocite, and the effect of associated PO₄, have mainly been studied in laboratory systems. It remains unclear which transformation processes occur if there is direct contact between minerals and the soil matrix, where microbial Fe reduction, diffusion limitations and heterogeneity at the pore- and aggregate scale can impact mineral transformations. Therefore, in this study, we combined the use of ⁵⁷Fe-enriched (PO₄-adsorbed) ferrihydrite and lepidocrocite with ⁵⁷Fe Mössbauer spectroscopy, which enabled us to track the speciation of ⁵⁷Fe in mineral-soil mix samples. To understand the effect of soil contact, we additionally studied the transformation of the respective pure mineral phases (with natural abundance Fe isotope composition) in the same soil environment. The pure and soil-mixed mineral samples were incubated in a flooded rice paddy field in Thailand for four months. Porewater conditions were monitored regularly, and the Fe mineral composition was analyzed with X-ray diffraction and/or ⁵⁷Fe Mössbauer spectroscopy. The incubation of pure minerals resulted in ferrihydrite transformation to goethite (80%), but no transformation of lepidocrocite. When incubated as mineral-soil mixes, both ferrihydrite and lepidocrocite transformed to similar amounts of goethite (~30%). In contrast, PO₄-adsorbed ferrihydrite did transform in pure mineral samples, while in mineral-soil mixes, PO₄ strongly enhanced reductive dissolution of ferrihydrite, forming adsorbed Fe(II). These results show that direct soil contact enhances the accessibility of Fe (oxyhydr-)oxides for soil microbes and suggest that the initial crystallinity and Fe mineral identity only had a minor impact on the extent and pathway of Fe mineral transformations. The pathways of in-situ Fe (oxyhydr-)oxide transformations, presented in this study, advance the understanding of Fe mineral dynamics in soils, and demonstrate how these dynamics can be impacted by adsorbed PO₄.

Looking beyond the iceberg's tip: Parallel analysis of soil dissolved and particle-associated organic matter fractions via ultrahigh resolution mass spectrometry

Carsten Simon¹; Paul Pietsch¹; Konstantin Stumpf¹; Klaus Kaiser²; Oliver Lechtenfeld¹

¹ Helmholtz - Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ ; ² Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Bodenkunde und Bodenschutz

Organic matter is an important component of soils that contributes to manifold aspects of soil reactivity, fertility, and physics. The molecular structure of soil organic matter (SOM), however, remains largely elusive. Ultrahigh resolution mass spectrometry (like FT-ICR-MS) has contributed new impulses to the study of molecular properties of the soluble fraction of soil organic matter, i.e., dissolved organic matter (DOM) via electrospray ionization (ESI), but remains “blind” to the much larger non-soluble fraction of SOM. Traditionally, this problem was tackled by employing more potent solvents, such as alkaline extractants. Alternative ionization sources such as laser desorption ionization (LDI) have shown promising results to extend the analytical window of FT-ICR-MS and to achieve a more complete insight into SOM chemistry through direct analysis of soil surfaces. This also reduces the risk of structural changes by avoiding extraction steps. We here present outcomes of such parallel analyses of soluble and non-soluble SOM fractions based on a set of arable topsoils from long-term experiments under no fertilization and farmyard manure fertilization regimes. Additionally, soil DOM (water extracts), reference DOM samples (Suwannee River Fulvic Acid, SRFA), model compounds (syringic acid, sinapic acid, syringaldehyde, vanillic acid and tannic acid) and model mineral phases (goethite, illite, quartz sand) were used to study potentials and limitations of the LDI method. Sensitivity and matrix effects were assessed by dilution series and mixing of DOM with reference mineral phases, whereas conditions for intact ionization were assessed with model compounds. Direct analysis of soil particles was conducted and compared to aqueous DOM extracts considering molecular trends in e.g., aromaticity or nominal oxidation state. In general, ESI ionized a very different fraction of the SOM mixture, being more polar and more saturated, while LDI yielded rather low-to-mid polar, less saturated ions. Besides clear differences in directly analyzed soil particles and DOM, molecular trends such as aromaticity or nominal oxidation state corresponded well. Our results therefore suggest that direct analysis of soil particles is a fast, reproducible, sensitive and less labor-intensive alternative to routine DOM analyses employing FTMS detection. However, for a maximum molecular insight, a combination of both ionization methods is recommended.

Ein Langzeit-Perkolationsversuch zur Genese von Andosolen: Übergang von silandischen zu aluandischen Eigenschaften und Bedeutung für die Kohlenstoffspeicherung

Antonia Zieger¹; Klaus Kaiser²; Martin Kaupenjohann¹

¹ Technische Universität Berlin; ² Martin Luther University Halle-Wittenberg

Silandische und aluandische Andosole werden üblicherweise als Endglieder verschiedener Andosolgenesen angesehen. Beide Subtypen sind geprägt durch die enge Verbindung zwischen der organischen Substanz (organic matter, OM) und der mineralischen Bodenmatrix. In silandischen Andosolen dominieren Verbindungen, mit imogolitähnlichen Phasen wie Allophane, Imogolite und Protoimogolite. Aluandische Andosole hingegen enthalten hauptsächlich Aluminium-Organo-Komplexe (Al-OM Komplexe). Nach der herrschenden Vorstellung gehen silandische und aluandische Eigenschaften direkt aus der Primärverwitterung hervor. Es werden also zwei verschiedene Entwicklungslinien unterstellt.

Aufgrund früherer Ergebnisse setzen wir dieser Vorstellung die Hypothese entgegen, dass sich silandisch geprägte Andosole zu aluandisch geprägten weiter entwickeln können. Dies geschieht unter dem Einfluss saurer gelöster organischer Substanz (dissolved organic matter, DOM), die während ihres Transports mit dem Sickerwasser mit imogolitähnlichen Phasen interagieren und diese teilweise auflösen. Das freigesetzte Al reagiert dann mit DOM zu unlöslichen Al-OM Komplexen.

Diese Hypothese testeten wir an einem ungeschichteten ecuadorianischen Andosol, welcher aluandische Eigenschaften im Oberboden und silandische Eigenschaften im Unterboden aufweist. Dazu führten wir ein Langzeit-Perkolationsexperiment mit Auflage-, Ober- und Unterbodenmaterial im Labor durch. In Zulauf- und Eluatlösung wurden Ionen, pH, DOC und UV-vis-Spektren gemessen. Nach 0, 6 und 18 Monaten entnahmen wir Material aus den Säulen und untersuchten dieses auf Veränderungen der Kohlenstoffkonzentration und der Mineralphase. Dazu verwendeten wir eine Kombination aus Dichtefraktionierung, chemischen Extraktionen sowie verschiedener spektroskopischer Verfahren (Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie, Photoelektronen-Spektroskopie, synchrotronbasierte Al-K-Kanten-Röntgenabsorptionsspektroskopie).

Unsere bisherigen Ergebnisse zeigen nach 18 Monaten eine Kohlenstoffzunahme von 17,5 g C · kg⁻¹ im Unterboden, welche mit einer Aluminiumzunahme von 0,81 g Al · kg⁻¹ und einer Siliziumabnahme von 0,62 g Si · kg⁻¹ einhergehen. Zusätzlich sinkt die Massendichte der mineral-organischen-Partikel von 2,0-2,2 auf 1,6-2,0 g · cm⁻³. Die Ergebnisse legen nahe, dass saure DOM tatsächlich die Umwandlung silandischer hin zu aluandischen Bodeneigenschaften bedingt und die C-Speicherung in den Böden erhöht.

Jahrestagung der
Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft
DBG 2023

Poster



Jahrestagung der
Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft
DBG 2023

Kommission I

Bodenphysik und Bodenhydrologie

Spatial distribution of the soil moisture along a terminal moraine using two experimental plots in a near natural forest

Alina Azekenova¹; Stefan Julich²; Karl-Heinz Feger¹; Karsten Kalbitz¹; Patrick Wordell-Dietrich¹; Lilli Zeh¹; Goddert von Oheimb¹; Alexandra Koller¹; Britt Kniesel¹

¹ TU Dresden; ² Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde

Increased intensity of climate extremes affects the water fluxes in forest ecosystems. The drought of the last few years caused disturbances in soil water replenishment and forest growth. Our study area is a near natural beech forest stocking on a terminal moraine slope with a distinct soil moisture gradient and varying tree conditions. Moreover, the close-to-nature character of this forest resulted in the accumulation of deadwood with unknown effects on soil moisture dynamics. To analyse the spatial distribution of the soil moisture in the research area, two experimental plots were designed: along the tree root system and under dead wood. An integrated approach was undertaken based on the soil-plant-atmosphere continuum, including the analysis of soil water dynamics in a terminal moraine landscape and correlation with different stand structures. In addition, the influence of decayed deadwood on vertical soil moisture distribution will be considered. This should help to understand how the potential increase in soil organic matter from deadwood is linked to water storage and soil water dynamics in forest sites. Ongoing monitoring initiated in 2022 is to be used to determine the influence of spatio-temporal patterns in soil moisture on above- and belowground C storage. Consequently, feedback of deadwood decomposition on the soil moisture regime and water balance and related processes will be monitored. In this contribution, we demonstrate the monitoring setup and the first results of the ongoing measurements.

Thermal properties of differently textured and compacted soils for full range of saturation: experiment and modelling

Steffen Beck-Broichsitter

Christian-Albrechts-Universität Kiel

Soil thermal properties are primarily affected by texture, level of compaction, organic carbon content and saturation level. Especially the thermal conductivity plays a critical role in the design of underground energy infrastructure.

The effective thermal conductivity of differently compacted sandy and silty soils was continuously measured with a new device in both an automated and cost effective manner.

The uncertainty analysis is performed to obtain the confidence interval of the measurements. The measured data were tested against the standard soil thermal conductivity models, which are theoretical, semi empirical and empirical in nature.

Changes in Soil Physical Properties in a Loess Soil during Ten Years of Conservation Management in Organic Farming

Carolina Bilibio¹; Daniel Uteau¹; Malte Horvat¹; Ulla Roszkopf²; Stephan Martin Junge¹; Maria Renate Finckh¹; Stephan Peth²

¹ University of Kassel/Faculty of Organic Agricultural Sciences; ² Institute of Soil Science, Leibniz University Hannover

Conservation management is based on reduced soil disturbance, diversified crop rotations, and crop-residue retention on the soil surface. It potentially influences the physical, chemical, and biological quality of the soil. While effects of conservation management on soil physical properties have been studied in conventional systems, studies on organic farming systems, especially concerning long-term changes, are scarce. This study summarizes the effects of different conservation management treatments (plowing versus reduced tillage with and without compost application) on physical and mechanical soil parameters investigated over 10 years in an organic field trial conducted in central Germany. Differences among treatments were mainly detected in the topsoil. At a depth of 0.10–0.24 m, the total porosity (mean TP 44.3%) and air capacity (mean AC 7.7 %) were lower, and the bulk density was higher (median BD 1.5 g cm⁻³) under reduced-tillage compared the plowed treatments (TP 47.6%, AC 10.5%, BD 1.4 g cm⁻³). Additionally, the soil mechanical stability (precompression stress) was higher at a depth of 0.10 m in the reduced-tillage treatment combined with compost application. Further, soil aggregate stability was enhanced under reduced-tillage (higher mean weight diameter, as determined via wet sieving). Overall, the reduced-tillage treatments did not exceed critical limits of saturated hydraulic conductivity demonstrating that reduced-tillage as a sustainable technique for organic farming. Future studies should include measures to ameliorate compaction zones in reduced-tillage treatments, e.g., by applying subsoiling techniques in combination with deep-rooting crops to prevent limited rooting space resulting from the high mechanical impedance. In particular, under drought events, this could contribute to climate change adaptation.

Einfluss der Salzkonzentration auf das osmotische Potential in trocknenden Böden

Jannis Bosse; Wolfgang Durner; Andre Peters

Technische Universität Braunschweig, Institut für Geoökologie

Für die Beschreibung des Wasser-, Stoff- und Energietransportes in austrocknenden Böden ist die Kenntnis der hydraulischen Eigenschaften im trockenen Bereich erforderlich. Die Taupunktmethode ermöglicht eine schnelle und genaue Messung des Wasserpotentials in diesem Bereich. Allerdings ist trotz der breiten Anwendung dieser Methode der Einfluss der osmotischen Potentialkomponente bei der Messung kaum bekannt und wird deshalb vernachlässigt oder durch stark vereinfachende Ansätze abgeschätzt. Diese Ansätze basieren i.d.R. auf der Messung der elektrischen Leitfähigkeit und gelten nur für geringe Lösungskonzentrationen. Für höhere Konzentrationen, wie sie bei Bodenaustrocknungen auftreten können, sind sie nicht adäquat. Ziel dieser Arbeit war (i) den Anteil des osmotischen Potentials bei Taupunktmessungen auch bei hohen Salzkonzentrationen zu quantifizieren, (ii) zu überprüfen, inwieweit die üblichen Ansätze zur Modellierung des osmotischen Potentials gelten und (iii) inwiefern diese einer Verbesserung bedürfen. Hierzu wurden Proben dreier Böden unterschiedlicher Textur (Sand bis Schluff) mit unterschiedlich konzentrierten $MgCl_2$ -Lösungen gespült und das Wasserpotential im Bereich -104 cm bis -106 cm bei sukzessiv abnehmenden Wassergehalten ermittelt. Da der Wasserverlust durch Verdunstung geschah, konnte bei bekannter Ausgangskonzentration die Salzkonzentration zu jedem Zeitpunkt berechnet werden. Um den Einfluss des osmotischen Potentials zu quantifizieren wurden die salzbeeinflussten Retentionsdaten mit einer salzarmen Referenz verglichen. Das osmotische Potential wurde mit (i) einem empirischem Modell, (ii) der einfachen und (iii) der erweiterten Van't Hoff Gleichung modelliert. Letztere beschreibt das thermodynamische Verhalten der Salzionen besser. Es zeigte sich, dass das osmotische Potential je nach Konzentration der Sättigungslösung im Bereich um pF 4 – pF 4.5 einen erheblichen Anteil am gemessenen Wasserpotential hat und dieses sogar dominieren kann. Von den drei verglichenen Modellen konnte die erweiterte Van't Hoff Gleichung die Messwerte am besten beschreiben. Je nach Bodenart und Salzkonzentration kann die Vernachlässigung der osmotischen Potentialkomponente zu großen systematischen Fehlern und Fehlinterpretationen führen, etwa in der Bestimmung der Wasser-Retentionskurve.

Mucilage und Mikroaggregation im Boden

Henri Braunmiller; Nele Meyer; Eva Lehdorff

Universität Bayreuth

Die komplexen Wechselwirkungen von wurzel-bürtiger Mucilage bei der Bodenaggregation in der Rhizosphäre und ihre Rolle in der langfristigen Stabilisierung von Kohlenstoff (C) in Böden sind bisher noch unklar. Wir nehmen an, dass gerade eine solche Verknüpfung biologischer und physikalischer Prozesse die Bodenaggregation und damit die Stabilisierung von C in Böden wesentlich unterstützt.

In einem Experiment wurde wurzel-bürtige Mucilage ($\delta^{13}\text{C}$ von -12‰) in künstlich geschaffene, Wurzelgang-ähnliche Makroporen in einen Boden ($\delta^{13}\text{C}$ von -27‰ , gesiebt $< 2\text{ mm}$) mit verschiedenen Wassergehalten eingebracht. Nach 30 Tagen wird der umliegende Boden auf C-Gehalte, $\delta^{13}\text{C}$ -Gradienten und eine relative Zunahme von Bodenaggregaten der Größe $250\text{-}53\mu\text{m}$, $53\text{-}20\mu\text{m}$ getestet. Wir erwarten, dass diese Studie ein neues Licht auf die Rolle von Wurzelexsudation wirft und einen Prozess aufzeigt, der auch in trockener werdenden Böden Bodenfunktionen wie Wasser- und Kohlenstoffspeicherung aufrecht erhalten kann.

Development and application of a mobile system for the determination of reactive nitrogen gases (NH₃, NO and HONO) emitted from the soil as proxies of the soil N status

Matthias Claß; Nicolas Brüggemann

Forschungszentrum Jülich

Sustainable agriculture capable of meeting the global demand for more food with less resource input is an important challenge, especially in view of climate change and the need to reduce nitrate losses to the groundwater and greenhouse gas emissions to the atmosphere. Within-field heterogeneity of the soil nitrogen (N) status due to differences in soil properties leads to differences in N losses that require analysis of the soil nitrogen status with high spatial and temporal resolution. Based on spatially highly resolved soil mineral N data, agricultural N use efficiency can be improved by applying N fertilizer according to crop demand and local soil mineral N content. Here we present a new approach for highly sensitive detection of reactive N gases emitted from soil as proxies for the soil N status, which could make destructive soil sampling dispensable.

To correlate reactive N soil gas emissions with the soil N pool, we conducted a two-pronged approach combining laboratory and field experiments. The main purpose of the laboratory experiments was to gain a general understanding of the relationship between soil N gas emissions and soil mineral N content. For this purpose, we conducted incubation experiments using a fertilizer gradient (0, 10, 30, 50, 70, 90 kg N/ha) and a soil water gradient (0, 20, 40, 60, 80% mWHC) on five soils with different pH values (4.3, 5.5, 6.3, 6.8, 7.7) and measured the corresponding gas emissions (NH₃, NO, NO₂, HONO, N₂O, CO₂, H₂O) and soil parameters (pH, water content, NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻). In addition, field experiments were conducted in 2021 and 2022 with a mobile system including a multi-compound infrared laser analyzer to determine the control variables for the emissions of the different N gases, and the limitations of the measurement method.

At this stage, we can demonstrate that it is possible to determine the ammonium pool in the soil by measuring ammonia emissions from the soil. In addition, we found positive correlations between soil pH, water content, and NH₃ emissions, which must be considered when calculating soil ammonium concentrations from soil NH₃ emissions. In the majority of the cases, measured HONO concentrations were low (< 1ppb), which made reliable measurements challenging due to the detection limit of the analyzer. In contrast, NO turned out to be a more suitable and reliable proxy for NO₂⁻ concentration in the soil.

Räumliche Charakterisierung des oberflächennahen Untergrundes im Dresdner Großen Garten mittels geophysikalischer Methoden

Kerstin Diederich¹; Daniel Schwindt²; Ursula Weiß³; Karl-Heinz Feger⁴

¹ Leibniz Universität Hannover - Naturwissenschaftliche Fakultät; ² Georg-August Universität Göttingen - Geographisches Institut; ³ TU Dresden - Institut für Bodenkunde und Standortlehre; ⁴ TU Dresden - Institut für Bodenkunde und Standortlehre

Die seit längerer Zeit prognostizierte Zunahme der Häufigkeit und Intensität von Dürren konnte in den letzten Jahren bereits beobachtet werden. So hat in Deutschland insbesondere der Trockenstress in den Jahren 2018 und 2019 zu einer massiven Schädigung der Wälder geführt, was den großen Forschungsbedarf im Kontext der Anpassung von Wäldern an den Klimawandel aufgezeigt hat. Forschungsbedarf besteht jedoch auch in urbanen Räumen, in denen die Vitalität der Baumbestände stark durch die aktuell vermehrten Dürrephasen beeinträchtigt wurde. Gerade an urbanen Standorten wird der Wasserhaushalt neben sich verändernder klimatischer Bedingungen durch die räumlich sehr variablen Bodeneigenschaften infolge jahrhundertelanger anthropogener Überprägungen (z.B. Abgrabung, Auffüllung, Kriegseinwirkungen) bestimmt.

Im Rahmen des Projektes „Klimawandel in urbanen Räumen“, gefördert durch das Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB), erfolgten im Dresdner Großen Garten boden- und walderdnährungskundliche Untersuchungen zur Analyse der Standorteigenschaften. Zur Ableitung räumlicher Daten aus den überwiegend punktuellen Messungen wurden geophysikalische Methoden angewandt. Dabei wurden die Geoelektrische Widerstandstomographie (ERT) und Bodenradar (GPR), jeweils 2D, mit einer flächenhaften geomagnetischen Messung kombiniert. Neben dem Ziel, einen räumlichen Überblick über die Untergrundbedingungen zu erhalten, lag ein Fokus insbesondere auf der Charakterisierung des oberflächennahen Untergrundes im Bereich der Wurzelräume von Bäumen.

Die geophysikalischen Messungen haben die erwartete, durch Ablagerungen der Elbe und anthropogene Überprägung bedingte hohe Komplexität des Untergrundes bestätigt. Dabei konnten mittels Geomagnetik u.a. einige im 2. Weltkrieg entstandene Bombenrichter lokalisiert werden. Abgeleitet aus ERT- und GPR-Daten zeigen die fluviatil abgelagerten Sedimente eine deutliche Schichtung mit feinkörnigem, tonreichem Material über schotterreichem Substrat mit hoher räumlicher Variabilität der Textur und Schichtmächtigkeit. Die Ergebnisse unterstreichen das große Potential räumlich angewandter geophysikalischer Methoden zur nicht-invasiven Erkundung des oberflächennahen Untergrundes.

Bodenverdichtungen durch landwirtschaftliche Fahrzeuge und deren Einfluss auf die Wasserretentionseigenschaften des Bodens

Kai Germer; Maike Weise; Marco Lorenz

Thünen Institut für Agrartechnologie

Bodenverformungen und -verdichtungen durch landwirtschaftlichen Verkehr können zu Veränderungen der Porengrößenverteilung und damit einhergehend zu Veränderungen der bodenhydraulischen Eigenschaften führen. Das Gesamtporenvolumen nimmt durch die Verdichtung ab und es ist anzunehmen, dass teilweise eine Umwandlung von Makroporen und Grobporen in Mittel- und Feinporen stattfindet.

In der hier vorgestellten Studie wurden Bodenproben von einem landwirtschaftlichen Standort in Niedersachsen, Deutschland, vor und nach dem Überrollen durch unterschiedliche Fahrzeuge entnommen. Die Proben wurden im Labor hydraulisch vermessen, um Wasserretentionskurven und van Genuchten Parameter zu bestimmen.

Das Ziel der Studie besteht hauptsächlich darin, die van Genuchten Parameter θ_s (gesättigter Wassergehalt) und α (van Genuchten Formparameter) zwischen nicht befahrenen und befahrenen Situationen zu vergleichen, und dies in Bezug auf die verwendeten Fahrzeuge, die Bodentiefe und die Position im Feld.

Die Ergebnisse zeigen, dass es in den Fahrspuren zu Bodenverdichtungen durch den Fahrzeugverkehr kommt, was sich in überwiegend verringerten θ_s -Werten widerspiegelt. In den meisten Fällen ist der van Genuchten Parameter α nach Verkehrsbelastung signifikant reduziert, was deutlich zeigt, dass sich der mittlere und vorher dominante Porengrößenbereich hin zu feineren Poren verschoben hat.

Hierarchical preferential flow pathways in a sandy beech forest soil

Marc-Oliver Göbel; Hanna Böhme; Susanne K. Woche; Jörg Bachmann

Leibniz Universität Hannover, Institut für Bodenkunde

Preferential flow phenomena, where soil water moves along specific flow paths, bypassing large areas of the matrix, influence a wide range of soil processes. The reduction in reactive soil volume and the short contact time between soil matrix and dissolved or suspended substances can lead to accelerated mass transport to deeper soil horizons and into groundwater. In addition to macropore structures like shrinkage cracks, root canals and wormholes as well as capillary barriers caused by texture discontinuities, preferential flow can be caused or supported by soil water repellency. In situ studies in a sandy beech forest soil revealed the existence of long-term stable preferential flow pathways at the profile scale (Leinemann et al., 2016). Laboratory experiments on undisturbed soil samples showed that preferential flow paths also form at the small-scale (cm-scale; Krueger et al., 2018), suggesting a system of hierarchically organized preferential flow pathways. Here, we aim to address the question of how preferential flow paths on different spatial scales are connected to each other and whether the observed small-scale heterogeneity of water flow is due to inherent factors or caused by processes taking place in the topsoil. On the basis of a field tracer experiment using brilliant blue, undisturbed soil samples were taken in (1) preferential flow zones, (2) non-flow zones, and (3) transition zones. We used image analysis to identify preferential flow paths and texture discontinuities on the vertically oriented surfaces and measured contact angles to characterize the wetting properties on the small scale. The measurements show a heterogeneously distributed wide range of wettability. Preferential flow paths and wettability or small-scale structures are found to be largely uncorrelated, suggesting that the flow pathways identified in the color tracer experiment were initiated rather by processes in the overlying horizons than by small-scale variation in wettability or texture discontinuities in deeper layers. Laboratory percolation experiments with undisturbed soil from the different zones will show whether the flow structures identified in the tracer test are persistent or whether new structures form, for instance, as a function of percolation rate.

References: Krueger et al., 2018. *Ecohydrology* 11:e2024; Leinemann et al., 2016. *Biogeochemistry* 131, 1-15.

Die Bodenzustandserhebung im Wald: Ergebnisse von Begleitstudien zur Harmonisierung von Feld- und Labormethoden

Erik Grüneberg; Nicole Wellbrock

Thünen-Institut für Waldökosysteme

Waldböden sind Grundlage für produktive und widerstandsfähige Wälder. Mit der Bodenzustandserhebung (BZE) im Wald lassen sich repräsentativ und vergleichbar Zustand und Veränderungen von Waldböden erfassen. Sie basiert auf einem landesweit systematischen Raster von 8 x 8 km mit ca. 1.900 Standorten. Während aktuell die BZE III läuft, erfolgten die vorhergehenden Erhebungen von 1987-1992 bzw. von 2006-2008. Beprobte werden 8 Satelliten konzentrisch um ein Bodenprofil im Standortmittelpunkt angeordnet, indem Humushorizonte und Tiefenstufen von Mineralböden als Mischprobe entnommen werden. Inventuren sind mit Unsicherheiten verbunden, da Bodeneigenschaften räumlich variieren und Methoden über die Zeit kaum konstant bleiben. Weiterhin sind Laboranalysen mit Messfehlern behaftet oder es kommt zu Änderungen in der Analysetechnik. Vor und während der Inventuren müssen Vorschriften zur Qualitätssicherung und Harmonisierung der Methoden für Feldarbeiten und Laboranalysen erarbeitet und umgesetzt werden. Hierfür erfolgten Vergleichsuntersuchungen von verschiedenen (i) Bodenparametern zwischen und innerhalb unterschiedlicher Labore, (ii) Trennverfahren (Probenteiler, Löffelteilung) auf die Repräsentativität von Bodenproben und (iii) Methoden der Probenahme und deren Auswirkungen auf die Variabilität von Bodeneigenschaften. Während die Variation sowohl innerhalb als auch zwischen den meisten Laboren und Parametern $\pm 10\%$ beträgt, ist lediglich bei Kalium im Königswasser-Extrakt die Vergleichbarkeit nicht gegeben. Außerdem sind die entwickelten Umrechnungsfaktoren für die Methoden der BZE I und II i.d.R. vergleichbar. Die Analyseergebnisse der durch die Teilungsverfahren gewonnenen Proben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander. Der Probenteiler führt teilweise zu einer geringeren Variation und bei bindigeren Substraten zu höheren Werten als die Teilung mit einem Laborlöffel. Die Vergleichbarkeit unterschiedlicher Probennehmer unter konstanten Bedingungen ergab, dass die Variabilität der Parameter geringer zwischen als innerhalb der Gruppen war. Hinsichtlich der verwendeten Geräte gab es Unterschiede. Ebenso blieb die Trennung der Humusaufgabe vom Mineralboden unsicher. Letztendlich ist für Durchführung einer qualitativ abgesicherten Inventur eine ausreichende Anzahl von Wiederholungen und die Vor- und Aufbereitung der Proben essentiell, v.a. um durch Messfehler im Gelände und Labor hervorgerufenen Unsicherheiten quantifizieren zu können.

Effects of mucilage on rhizosphere gas diffusion

Adrian Haupenthal¹; Patrick Duddek²; Pascal Benard²; Mathilde Knott³; Andrea Carminati²; Hermann Jungkunst³; Eva Kröner; Nicolas Brüggemann¹

¹ Forschungszentrum Juelich; ² ETH Zurich; ³ iES Landau, RPTU Kaiserslautern-Landau

Gas exchange in the soil is determined by the size of air-filled pores and their connectivity. Root mucilage, which has the properties of a hydrogel, can partially reduce air-filled pore connectivity and thus reduce gas diffusivity. However, it remains unclear to what extent mucilage affects soil pore tortuosity. The aim of this study is to gain a better understanding of gas diffusion processes in the rhizosphere by explaining the geometric alterations of the soil pore space induced by mucilage drying.

We quantified oxygen diffusion through a soil-mucilage mixture at different water contents during a wetting-drying cycle using a diffusion chamber experiment. For this purpose, we mixed soil of varying particle sizes with various amounts of mucilage. Soils were initially saturated and gas diffusion was measured at progressive drying stages. Subsequently, measurements were repeated during soil rewetting. In addition, we used X-ray CT imaging to visualize the distribution of air in the pore space and used scanning electron microscopy to visualize mucilage bridges in the dry soil samples.

Mucilage decreased the gas diffusion coefficient depending on soil texture and mucilage concentration. Electron microscopy showed that during drying mucilage forms filaments and interconnected structures throughout the pore space. We conclude that exudation of mucilage modifies gas diffusion across the rhizosphere.

Pedotransfer functions for the PDI model of soil hydraulic properties

Tobias Hohenbrink; Wolfgang Durner; Anne-Kathrin Schneider; Andre Peters

TU Braunschweig, Institut für Geoökologie

The simulation of water, solute and energy transport in the vadose zone requires suitable models to describe the hydraulic properties of the soil (SHP), especially water retention and hydraulic conductivity of unsaturated soils. The hydraulic functions are usually derived by fitting suitable SHP models to measured data. If no measured data are available, the SHP can be approximated by pedotransfer functions (PTF) based on other available soil properties. This is particularly important for distributed modelling on large scales, such as hydrological catchment modelling or meteorological land surface modelling.

In the past decades, many PTFs have been derived for such purposes. However, the PTFs developed so far neglect essential features of hydraulic properties, such as water conductivity in films, and therefore lead to systematic errors in SHP prediction. Today, consistent hydraulic models such as the PDI system have been developed that take into account non-capillary water prevailing in the medium to dry moisture range.

We acquired an extensive data collection of 572 data sets with measured water retention and water conductivity curves (saturated and unsaturated) as well as the basic soil properties soil texture, bulk density and organic carbon content. We then trained an artificial neural network that predicts PDI parameter sets from the basic soil properties. The resulting pedotransfer function provides physically consistent SHP for most naturally occurring soils. Moreover, it is able to account for the effects of continuous changes in soil texture and bulk density on the predicted SHP.

Reconstructing pseudo-sands to improve our understanding of tropical soil biogeochemistry

Simone Kilian Salas¹; Paul A. Schroeder²; Hermann F. Jungkunst¹

¹ iES Landau, RPTU Kaiserslautern-Landau; ² University of Georgia

For the sake of standardization, comparison and reproducibility, the destruction of soil aggregation is imperative. By doing so, we obtain single grain size distribution defined as soil texture. As soil scientists, we derive fundamental soil functioning from that “destroyed” soil and hardly question it anymore. All our predictive tools, such as biogeochemical models to forecast or close data gaps of water balances, nutrient recycling, or greenhouse gas emissions are based on different parameters, almost always including soil texture. This approach works for temperate regions, where models are constantly calibrated and validated. For the tropics, however, these models fail more pronouncedly. Water-stable aggregates could be the missing hint to disentangle our understanding of tropical biogeochemical cycles. The so-called pseudo-sands are a well-known phenomenon in the tropics, never accounted for in standard lab procedures, but have been acknowledged for some time already in hydrological studies.

We analyzed the mineralogical composition of the water-stable aggregates before and after dithionite treatment using thin-sectioning and X-ray diffraction. Our results show that iron (hydro-)oxides play a significant role in binding kaolin and gibbsite to quartz grains to form water-stable pseudo-sands. The relative amount of kaolin and gibbsite in relation to quartz decreases with increasing aggregate grain size.

Neue Einteilung des Texturdreiecks als Grundlage für die Wasserhaushaltsmodellierung

Andrea Lange; Tobias L. Hohenbrink; Andre Peters; Wolfgang Durner

TU Braunschweig, Institut für Geoökologie

Die Klassifizierung von Böden anhand ihrer Korngrößenanteile ist gängige Praxis. Dabei unterscheiden sich die internationalen Einteilungen der einzelnen Bodenarten voneinander. Bodenhydrologische Modellierstudien wie z.B. Wasserhaushaltssimulationen werden häufig systematisch für jede Texturklasse eines Klassifikationssystems durchgeführt. Diese Einteilungen sind jedoch hierfür in der Regel nicht optimal, da die Abgrenzungen der allgemein definierten Texturklassen nicht auf bodenhydrologisch relevanten Kriterien basieren. Das Ziel unserer Studie ist eine Neueinteilung des Texturdreiecks in bodenhydrologisch relevante Texturklassen.

In einem ersten Schritt haben wir ein enges Raster über das Texturdreieck gelegt und mit einer selbst entwickelten Pedotransferfunktion für das Peters-Durner-Iden Modell bodenhydraulische Eigenschaften an jedem Rasterpunkt vorhergesagt. Für jede dieser Texturkombinationen haben wir anschließend mit HYDRUS 1D Zeitreihen der volumetrischen Wassergehalte, Grundwasserneubildung und Evapotranspiration für ein klimatisches Szenario simuliert, das sowohl trockene als auch feuchte Systemzustände beinhaltet. Die simulierten Zeitreihen haben wir danach mit dem k-Means-Algorithmus geclustert. Durch die Clusteranalysen konnten Bereiche des Texturdreiecks ausgewiesen werden, die ähnlich reagieren, aber auch solche Bereiche, bei denen es bei geringer Veränderung der Textur zu großen Änderungen im bodenhydrologischen Verhalten kommt. Dieses Vorgehen erlaubt eine neue Einteilung des Texturdreiecks in bodenhydrologisch relevante Klassen.

Ethylen im Fokus – Vorstellung eines passiven Probenahmesystems

Eva Lippold; Felix Brauweiler; Bernd Apelt; Maxime Phalempin; Steffen Schlüter; Doris Vetterlein

Helmholtz - Zentrum für Umweltforschung - UFZ

Ethylen als gasförmiges Pflanzenhormon mit der Wirkung eines endogenen Wachstumsregulators rückt immer mehr in den Fokus der Rhizosphärenforschung. Zum Teil aufgrund mangelnder technischer Möglichkeiten wurde lange angenommen, dass Ethylenkonzentrationen höher als $1 \mu\text{L L}^{-1}$ erforderlich sind, um Ethylen-beeinflusste physiologische Reaktionen auszulösen.

Wir stellen hier ein System vor mit welchem die Ethylenkonzentration direkt in der Gasphase des Bodens mit passiven Diffusionssammlern gemessen werden kann. Der laserbasierte photoakustische Ethylen-detektor ETD-300 (Sensor Sense B.V., Nijmegen, Niederlande) ermöglicht die Quantifizierung von Ethylenkonzentrationen von $0,3 \text{ nL L}^{-1}$ in Echtzeit. Die Auswirkung des Kanüledurchmessers auf das Diffusionsgleichgewicht zwischen Bodengasphase und Probengefäß im Hinblick auf die zeitliche Auflösung der Messung wird aufgezeigt. Außerdem werden Wechselwirkungen zwischen Kanüledurchmesser und Septum dargestellt sowie Effekte des gewählten Septums auf die Gasphase im Probengefäß durch Lagerung der Proben. Mit Hilfe unseres Systems können in Laborexperimenten mit Maispflanzen Ethylenkonzentrationen im Bereich von 30 bis 150 ppb mit einer zeitlichen Auflösung von 7 Tagen gemessen werden. Mittels Verschneidung mit Röntgentomographieaufnahmen kann außerdem das Alter sowie die Entfernung einer Wurzel zum passiven Probenehmer ermittelt werden.

Wieviel Wasser verbraucht der Wald? Neue Ansätze für das forstliche Umweltmonitoring

Martin Maier¹; Andreas Hartmann²; Stephan Raspe³; Thomas Fichtner²; Stephan Rimmele³; Stefan Seeger¹

¹ Universität Göttingen; ² Technische Universität Dresden; ³ Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft

Die häufigeren und stärkeren Trockenheitsperioden der letzten Jahre stellen für Wälder in Deutschland eine große Herausforderung dar. Gleichzeitig ist die Grundwasserspende aus Waldgebieten ein wichtiger Ursprung von Trinkwasser und von entscheidender Wichtigkeit für den Landschaftswasserhaushalt.

Das forstliche Umweltmonitoring erfasst und überwacht langfristige und aktuelle Veränderungen in Prozessen und Stoffflüssen an Intensiv-Monitoringflächen (Level II). Hierbei kommen Bilanzen und Reaktionen auf Umwelteinflüsse besondere Wichtigkeit zu. Während die Bodenfeuchte im Oberboden gut messtechnisch erfasst werden kann, lässt sich der gesamte dem Einzelbaum zur Verfügung stehende Wurzelraum und Wasserspeicher sehr schwer erfassen. Die Aufteilung des Niederschlags in Transpiration, Evaporation und Grundwasserneubildung erfolgt bisher mittels Wasserhaushaltsmodellierung die teilweise auf Messwerten und teilweise auf nicht überprüfbaren Modellannahmen beruht. Die Messung der Transpirationsraten durch Sap-Flow Systeme wurde in den letzten Jahrzehnten entwickelt und immer weiter verbessert, und in einer Vielzahl von Projekten angewandt. Ebenso zeigten Projektstudien das Potential neuer datengetriebene Ansätze zur verbesserten Schätzung der Grundwasserneubildungsraten, und damit auch die des Anteils an Bodenwasser, das für die Transpiration zur Verfügung steht.

Wir präsentieren ein Konzept und erste Ergebnisse eines Verbundprojekts in welchem wir ein Modellsystem für das forstliche Umweltmonitoring (a) zur Messung der Transpiration mit moderner State-of-the-Art Technik und (b) zur verbesserten Schätzung der Sickerwasserraten entwickeln. Im Projekt wollen wir mittels dieser Modellsysteme die Nutzung der Bodenwasserressource untersuchen, um so im Rahmen des forstlichen Umweltmonitorings langfristig das Zusammenspiel verschiedener Baumarten hinsichtlich der Trockenstressanfälligkeit und Resilienz zu untersuchen zu können.

Ökohydrologische Untersuchungen an Solitärbuchen in Kiefern-mischbeständen

Karin Potthast; Alexander Tischer; Kerstin Nähte; Paula Kies; Kim Wagner; Beate Michalzik

Friedrich-Schiller-Universität Jena

Die Rotbuche spielt für den Aufbau der Wälder in Deutschland und die Funktionen dieser im Wasser- und Stoffhaushalt eine wichtige Rolle. Eigenschaften wie steile Astwinkel, geringe Rindenrauigkeit und die vertikal geschichtete Blattmassenverteilung sind von entscheidender Bedeutung für die Wasserverteilung im Kronenraum und die räumliche Verteilung des Unterkrone-niederschlags. Fokussierten bisherige ökohydrologische Untersuchungen auf Buchenreinbestände, ist der Kenntnisstand zu den Wirkungen von einzelbaumweise eingemischten Buchen in Kiefern-wäldern gering. Aufgrund der geringen Konkurrenz-kraft der Kiefer bilden die Solitäre weniger steile Astwinkel und blattmassereichere Seitenäste mit höheren Bedeckungsgraden epiphytischer Moose aus. Diese Unterschiede lassen Abweichungen in den wasser-gebundenen Stoffflüssen der Solitärbuchen als ein Element der Mischwaldgesellschaften vermuten.

Im Rahmen des SFB 1079 AquaDiva wurden 2022 nach einer Vorinventur an 14 Solitärbuchen im Einzugsgebiet des Würzbachgrundes (Saale-Sandsteinplatte, Thüringen) 2 repräsentative Individuen herausgesucht und diese mit 2 Reinbestandsbuchen verglichen. Je Baum wurden 32 Niederschlagssammler ($D=0.12\text{m}$) entlang von 8 Transekten (2m Abstand, stammnah bis Kronenrand) aufgestellt. Es wurden der Bestandesniederschlag, die Konzentrationen von partikulärem und gelöstem organischen C und Gesamt-N sowie pH und elektr. Leitfähigkeit über 8 Kampagnen zwischen April–Dezember ermittelt. Zusätzlich wurden kleinräumige Streufall- und LAI-Messungen sowie hemisphärische Aufnahmen durchgeführt.

Die betrachteten Niederschlagsereignisse decken eine breite Spanne zwischen $< 10 - 50\text{ mm}$ ab. Auf Basis von Durchschnittswerten ergeben sich keine deutlichen Unterschiede in den Unterkrone-niederschlägen. Allerdings zeigen die Reinbestandsbuchen bei einem sehr starken Ereignis doppelt so hohe Wasserflüsse. Häufig sind sie unter Solitärbuchen deutlich variabler mit überproportional hohem Wasserfluss in Stammnähe. Bei der niederschlagreichsten Kampagne nehmen die Wasserflussmengen zum Kronenrand hin zu, was bei den Solitärbuchen stärker ausgeprägt ist. Im Kontrast dazu nehmen die gelösten org. C-Flüsse zum Kronenrand ab. Die N-Flüsse sind von diesem räumlichen Muster entkoppelt. Die pH-Werte sind für die Solitärbuchen regelmäßig niedriger. Die Ergebnisse werden in Beziehung zu ausgewählten Baumeigenschaften gesetzt und die ökohydrologischen Wirkungen der Solitärbuchen im Vergleich zu Reinbestandsbuchen diskutiert.

Uncertainty assessment in modeling soil erosion under spatially heterogeneous field conditions

Ahsan Raza; Murilo dos Santos Vianna; Seyed Hamid Ahmadi; Muhammad Habib-ur-Rahman; Thomas Gaiser

University of Bonn, crop production, INRES, Germany

The coupling of soil water erosion models and the dynamics of crop growth and soil water balance in the agricultural landscape has been studied over several decades. To date, however, the accuracy of soil erosion models in agroecosystems with heterogeneous field conditions remains a topic of debate. Numerous questions remain to be addressed, especially related to the uncertainties caused by the approaches to model coupled processes, such as soil water fluxes, crop growth, and soil erosion. In this study, we investigate two widely used methods (Freebairn and Rose) to represent soil erosion and coupled them with a process-based crop model within the SIMPLACE framework. Well-distributed spatiotemporal measurements of the soil and plant dynamics were taken in a heterogeneous field to calibrate and evaluate such model solutions. The accuracy of these coupled models was also compared to a statistical model developed for the same field. Besides model accuracy, soil erosion process representation, data, and calibration requirements were also studied. The simulations of water erosion with dynamic Freebairn and Rose models were influenced by the performance of runoff and crop growth models. However, a pronounced difference was found between modeled and measured soil erosion when these predictions were made with an uncalibrated runoff model. Hence, our results highlighted that large uncertainties in soil erosion modeling were associated with improper performance of the runoff model. Among selected models in the validation phase, the Freebairn model had the highest accuracy of sediment yield predictions ($NSE = 0.71$, $RMSE = 0.69 \text{ t ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$) than Rose model ($RMSE=0.83 \text{ t ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$) providing insight into the selection of parameter values and calibration for these models. These findings give considerable confidence in the model structure. Therefore, it can be concluded that both Freebairn and Rose models can be used as tools to predict sediment yield within the SIMPLACE framework. However, further improvements of soil erosion models should focus on enhancing the data quality for model applications and improving the representation of these models in terms of their scales and objectives.

Digital Volume Correlation to study root-soil interaction during maize root growth of two contrasting genotypes in a loam and a sand

Ulla Roskopf¹; Daniel Uteau²; Stephan Peth¹

¹ Leibniz University Hannover; ² University Kassel

Digital Volume Correlation (DVC) visualizes deformation processes and has a broad range of applications. Recently, it has been applied in soil science to analyse 3D-strain and deformation of soil particles resulting from mechanical stress. So far, no systematic study of deformation patterns occurring during root growth taking into account the factors substrate and genotype has been conducted. In this study, which is part of the DFG priority program 2089 on rhizosphere spatiotemporal organisation, we examined deformation patterns during root growth in an initially homogenous substrate. As the resulting deformation patterns depend on soil substrate and plant genotype, we compared two contrasting substrates (a loam and a sand) and two maize (*Zea mays* L.) genotypes (a wild type with root hairs and a mutant (*rth3*) without developed root hairs). The plants were allowed to grow into acrylic glass columns packed with one of the substrates sieved to below 1 mm and packed at defined bulk densities of 1.26 g cm⁻³ for loam and 1.47 g cm⁻³ for sand. The volumetric water content was adjusted to 22% in loam and 18% in sand and kept at this level throughout the experiment. The columns were placed in a climate chamber under defined growth conditions. The original three-dimensional structure before seed planting was used as a reference state and compared to the structure which developed during 6 days of root growth. Both were measured non-invasively using Xray-CT (XRadia Versa 520) with a resolution of 45 µm. Using state-of-the-art software DaVis (LaVision, Göttingen, Germany), DVC was calculated comparing the original states to the ones after the time lapse, resulting in specific displacement patterns according to substrate and maize genotype.

Vergleich von Verfahren zur Ermittlung der Verdunstung von Graslandstandorten

Holger Rupp; Ralph Meißner

Helmholtz Centre for Environmental Research - UFZ

Die Quantifizierung der Wasserhaushaltsgröße Verdunstung stellt nach wie vor eine Herausforderung dar, da sie experimentell nur mit hohem Aufwand gemessen werden kann. Auch die üblichen Berechnungsverfahren, die auf der Messung von meteorologischen Standardparametern basieren, ermöglichen vor allem eine näherungsweise Abschätzung der Evapotranspiration. Unter dem Eindruck der durch hohe Temperaturen in Kombination mit lang anhaltenden niederschlagsfreien Perioden geprägten Jahre 2018 - 2020 und des vielerorts auch in den Folgejahren beobachteten Rückgangs der Bodenwassergehalte gewinnen belastbare Aussagen zum Parameter Verdunstung zunehmend an Bedeutung.

Unter den klimatischen Bedingungen des nordostdeutschen Tieflands wurde für die Jahre 2019 – 2022 die Verdunstung mit Hilfe von 5 verschiedenen Berechnungs- und Messverfahren für den Standort Falkenberg (Altmärkische Wische) abgeschätzt. Die potentielle Evapotranspiration wurde dabei nach den Berechnungsansätzen der FAO (Grasreferenzverdunstung) und von Hargraves (1985) kalkuliert. Die so gewonnenen Berechnungsergebnisse konnten Messungen der aktuellen Evapotranspiration an zwei verschiedenen wägbaren Lysimetertypen gegenüber gestellt werden. Parallel durchgeführte Messungen an einem Landverdunstungskessel (Evaporimeter) eröffneten weitere Vergleichsmöglichkeiten.

Die mit Hilfe der unterschiedlichen Verfahren ermittelten Verdunstungswerte wiesen im Allgemeinen ein vergleichbares Niveau auf. Jedoch überstiegen die Messwerte der aktuellen Evapotranspiration die potenzielle Evapotranspiration bei extremen Witterungssituationen (niederschlagsarme Perioden mit hohen Lufttemperaturen). Die mit Hilfe des Evaporimeters bestimmte Verdunstung einer freien Wasserfläche wies im Vergleich zu den mit Gras bewachsenen Lysimetern ein geringeres Niveau auf, das vergleichbar mit den Ergebnissen der Berechnungsverfahren war. Die Ursachen für differenzierte Ergebnisse der Verdunstungsmenge bei den untersuchten Messverfahren werden dargestellt und diskutiert.

SwiPF – a pedotransfer function for soil hydraulic properties of Swiss forest soils

Julian Schoch¹; Lorenz Walthert²; Madlene Nussbaum³; Andrea Carminati¹; Peter Lehmann¹

¹ Department of Environmental Systems Science, ETH Zurich; ² WSL Swiss Federal Research Institute; ³ Bern University of Applied Sciences BFH/HAFL

Soil hydraulic properties (SHPs) are required to quantify water availability for water uptake by roots and to assess soil-tree-water relations in forests during prolonged dry periods due to climate change. The measurement of SHPs is time consuming and requires complex instrumentation. An often-used alternative to measurements is the application of pedotransfer functions (PTFs) for estimating SHPs. PTFs are mathematical rules linking more easily obtainable soil information (e.g., soil texture, organic carbon content) with SHPs. Many of the available PTFs (for example, 'Rosetta', Schaap et al. 2001) were trained mainly on samples collected for arable land and therefore miss the effects of forest-specific soil formation processes (perennial vegetation, deep root systems, and high litter input impact the SHPs). These shortcomings can be avoided by building a PTF including soil samples from forests (Wessolek et al. 2009, Tóth et al. 2015) or training it exclusively with forest soil samples as was done for southern Germany (Puhlmann and von Wilpert 2011). However, none of the tested PTFs could satisfactorily predict the water retention and hydraulic conductivity curve of Swiss forest soils that were described in Richard and Lüscher (1978, 1981, 1983, 1987). Consequently, we built a new PTF for Swiss forest soils (SwiPF) using two statistical methods: (1) lasso – a linear regression method – and (2) random forest. SwiPF was independently validated using forest soil samples collected in another study (Walthert et al. 2021). The new PTF will be applied to estimate transpiration rates of forest trees in an ongoing research project on the adaptation of trees to specific soil properties and climate change.

Drought effects on rhizosheath soil structure and soil carbon allocation under field conditions and its link with maize yield drought resistance

Franziska Steiner¹; Shu-Yin Tung²; Tina Köhler³; Nicolas Tyborski⁴; Andreas J. Wild⁵; Andrea Carminati³; Tillmann Lüders⁴; Johanna Pausch⁵; Sebastian Wolfrum²; Carsten W. Mueller⁶; Alix Vidal⁷

¹ Soil Science, TUM School of Life Sciences, Technical University of Munich, Freising, Germany; ² Institute for Agroecology and Organic Farming, Bavarian State Research Center for Agriculture, Freising, Germany; ³ Physics of Soils and Terrestrial Ecosyst

The formation of a stable rhizosheath and the establishment of a distinct soil structure around the root are hypothesised to be beneficial for plants to cope with water scarcity, contribute to improved drought resistance of crop yields and increase soil organic carbon sequestration. However, to date, most results were derived from pot experiments, which are restricted to early plant developmental stages, and therefore impede linking rhizosheath soil properties to crop yield drought resistance or extrapolating results to the field scale.

We conducted a field experiment with 12 maize varieties grown at two sites with contrasting soil textures (sandy vs. loamy soil). Half of the experimental plots received ambient precipitation, while the second half was exposed to water-reduced conditions by the installation of rainout shelter. For each replicate, we sampled the rhizosheath soil and measured its aggregate size distribution as well as soil carbon (C) and nitrogen (N) distribution. At the final harvest, we determined grain dry weight and total above-ground biomass as indicators of maize yield performance.

The preliminary results indicate that the amount of root-adhering soil and the stability of soil aggregates in the rhizosheath were lower under water-reduced conditions. In addition, the contents of N and C were higher in the rhizosheath of plants grown under water limitation. Further, larger amounts of both elements were stored in the microaggregate fractions when the water contents were reduced. The above-ground plant biomass under water scarcity appeared to be largely independent of the assessed rhizosheath soil properties. In contrast, higher grain yields under water-reduced conditions were observed in plants that promoted increased macroaggregation in the sandy soil or had lower contents of N and C in the rhizosheath in the loamy soil.

With the completed dataset, we will deepen the understanding of drought effects on rhizosheath soil properties under field conditions and gather experimental evidence for the potential link between rhizosheath soil properties and crop yield drought resistance.

Mikromechanische Eigenschaften von Böden in Abhängigkeit von Mucigelkonzentration und Alterung sowie mehrmaligen Quellungs- und Schrumpfungszyklen

Nina Stoppe-Struck; Máté Katona; Ulla Rosskopf; Stephan Peth

Leibniz Universität Hannover

Die bodenkundliche Rheometrie gibt Aufschlüsse über dynamische mikromechanische Prozesse, wie sie beispw. in der Rhizosphäre beeinflusst durch Wurzelexsudate („Mucigel“) auftreten. Viele rheologische Analysen hinsichtlich des Einflusses von Mucigel auf die mikromechanischen Eigenschaften wurden an Pasten durchgeführt, die einen relativ hohen Wassergehalt aufwiesen, so dass der visko-elastische Charakter der mit Mucigel präparierten Bodenproben nur teilweise und bei Wassergehalten, die in der ungesättigten Bodenzone selten anzutreffen sind, charakterisiert werden konnte.

Daher untersuchen wir den Effekt von verschiedenen Mucigelkonzentrationen auf die mikromechanischen Eigenschaften eines Sand- und eines Lehmbodens unter definierten dynamischen Deformationsbedingungen mittels Amplitudentests (Platte-Platte-Messsystem) im quasi-gesättigten Zustand und bei einem Matrixpotenzial von -3 kPa. Das Mucigel wird aus Chiasamen gewonnen, das ein häufig genutztes und leicht extrahierbares Exsudatanalogon darstellt. Das Bodenmaterial wird luftgetrocknet, auf < 2 mm gesiebt und mit 0, 0,2, 2,0, 4,0 mg Mucigel/ g trockenem Boden gemischt, um daraus Messproben (ρ_t : 1,2 g/cm³) herzustellen, welche anschließend auf das entsprechende Matrixpotenzial gebracht und daran verschiedene rheologische Kenngrößen (G' , LVE etc.) bestimmt werden.

Wir nehmen an, dass eine höhere Mucigelkonzentration zu einer Stabilisierung der Bodenmikrostruktur und zu einer Verbesserung der Elastizität führen. Dabei erwarten wir im quasi-gesättigten Zustand bei niedrigen Konzentrationen aufgrund der geringeren spezifischen Oberfläche einen ausgeprägteren Effekt im Sandboden und einen größeren Einfluss hoher Mucigelkonzentrationen im Lehmboden bei -3 kPa, da für den Sandboden dann von einer spröden Mikrostruktur ausgegangen werden kann.

Ein weiteres Set Messproben durchläuft fünf Be- und Entwässerungszyklen, um den Effekt der Mucigelalterung und gleichzeitigen Aggregation durch mehrmalige Quellungs- und Schrumpfungszyklen rheologisch zu charakterisieren.

Wir vermuten, dass das Mucigel während der Zyklen teilweise abgebaut wird, so dass im Sandboden, ohne nennenswerte Aggregation und Mucignachlieferung, keine langfristige Stabilisierung der Mikrostruktur zu verzeichnen ist. Im Lehmboden hingegen, nehmen wir, trotz des Abbaus von für Mikroorganismen zugänglichem Mucigel, eine zusätzliche Stabilisierung der Mikrostruktur durch Aggregierungsprozesse und Okkludierung von Mucigel in Mikroaggregaten an.

Redoxtrons – an experimental system to study redox processes within the capillary fringe

Daniel Uteau¹; Kristof Dorau²; Stephan Peth³; Tim Mansfeldt⁴; Markus Maisch⁵; Andreas Kappler⁵

¹ Universität Kassel, Faculty of Organic Agricultural Sciences; ² Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR); ³ Institut für Bodenkunde, Leibniz Universität Hannover; ⁴ Universität Köln; ⁵ Eberhard Karls University Tübingen

Spatiotemporal characterisation of the soil redox status within the capillary fringe (CF) is a challenging task. Air-filled porosities (ϵ), oxygen concentration (O_2), and redox potential (EH) are interrelated soil variables within active biogeochemical domains such as the CF. We investigated the impact of water table (WT) rise and drainage in an undisturbed topsoil and subsoil sample taken from a Calcaric Gleysol for a period of 46 days. We merged 1D (EH and matric potential) and 2D (O_2) systems to monitor at high spatiotemporal resolution redox dynamics within self-constructed redoxtron housings and complemented the data set by a 3D pore network characterization using X-ray microtomography (μ CT). Depletion of O_2 was faster in the organic matter- and clay-rich aggregated topsoil and the CF extended > 10 cm above the artificial WT. The homogeneous and less-aggregated subsoil constituted a CF of 4 cm as indicated by ϵ – O_2 –EH data during saturation. After drainage, 2D O_2 imaging revealed a fast aeration towards the lower depths of the topsoil, which agrees with the connected ϵ derived by μ CT imaging (ϵ CT_conn) of 14.9% of the total porosity. However, small-scaled anoxic domains with O_2 saturation < 5% were apparent even 23 days after lowering the WT (down to 0.25 cm² in size). These domains remained a nucleus for reducing soil conditions (EH < –100 mV) and rendered a characterization of the soil redox status in the CF challenging. In contrast, the subsoil aeration reached O_2 saturation after 8 days for the complete soil volume. The absence of ϵ CT_conn for the subsoil highlighted that soil aeration was independent of this parameter suggesting that other variables as microbial activity must be considered for the application of pedotransfer functions when predicting the soil redox status. The use of redoxtrons in combination with localized redox-measurements and image based pore space analysis resulted in a better 2D/3D characterization of the pore system. This benefits our understanding of spatiotemporal variable redox dynamics in temporarily water saturated soil environments.

Neglecting non-capillarity in Soil Hydraulic Property Characterization in Soil-Vegetation Models Causes Biased Root Water Uptake

T.K.D. Weber¹, E. Diamantopoulos²

¹ Department of Soil Science, University of Kassel, ² Chair of Soil Physics, University of Bayreuth

The neglect of non-capillary storage and conductivity in the soil hydraulic property leads to biased root water uptake (RWU) simulations. This study was based on comparing two different schemes to parameterize the Richards/Richardson equation (RRE) to simulate transient variable water fluxes in soils. First, we used the van Genuchten-Mualem model. This is an oversimplification, particularly in modelling water fluxes in the dry moisture range. This oversimplification can be addressed by adopting the Brunswick SHP model framework. This model system comprehensively accounts for water retention and hydraulic conductivity characteristics over the full pressure head range. In the presented study, we investigated the effect of the two parameterizations of the RRE on simulated root water uptake (RWU). We modelled root water uptake using a microscopic approach, namely a single root and radially symmetric soil water flow to the root. Thereby, the effect of the unsaturated hydraulic conductivity becomes an important control governing the RWU. In a synthetic case study, simulations of winter wheat root water uptake, modelled on the 12 US soil texture classes reveal pronounced differences in transpiration. In all cases, transpiration is markedly higher when using the Brunswick SHP model. This finding was corroborated by results from a laboratory soil column experiment with maize and by simulation results of a cropped lysimeters. In both cases, transpiration rates were simulated realistically with the Brunswick SHP. In the case of the lysimeters, this also led to more realistic yield predictions, reducing the mean absolute error by up to 20% due to reducing water stress. We expect this finding to have considerable implications for earth system modelling and land surface modelling in particular with regard to the partitioning of evaporation and transpiration at the land surface, and model based assessment of the water use efficiency.

Predicting Water Retention Curves for Binary Mixtures - Concept and Application for Constructed Technosols

Moreen Willaredt¹; Andre Peters²; Thomas Nehls¹

¹ Technische Universität Berlin; ² Technische Universität Braunschweig

Constructed Technosols are important means to substitute natural soil material such as peat and geogenic material to be used in urban green infrastructure. One of the most important features of such soils is related to the water cycle and can be described by the soil water retention curve (WRC). The WRC depends on the composition of the constructed Technosols e.g. their components and their mixing ratio. The diversity of possible components and the infinite number of mixing ratios practically prohibit the experimental identification of the optimal composition regarding the targeted soil functions. In this study we propose a compositional model for predicting the WRC of any binary mixture based on the measured WRCs of its two pure components only (basic scheme) or with one additional mixture (extended scheme). The model is developed from existing methods for estimating the porosity in binary mixtures. The compositional model approach was tested for four data sets of measured WRCs for different binary mixtures taken from the literature. To assess the suitability of these mixtures for typical urban applications, the distribution of water and air in 50 cm high containers filled with the mixtures was predicted under hydrostatic conditions. The difference between the maxima of the pore-size distributions ΔPSD_{max} of the components indicates the applicability of the compositional approach. For binary mixtures with small ΔPSD_{max} , the water content deviations between the predicted and the measured WRCs range from 0.004 to 0.039 $m^3 m^{-3}$. For mixtures with a large ΔPSD_{max} , the compositional model is not applicable. The knowledge of the WRC of any mixing ratio enables the quick choice of a composition, which suits the targeted application.

Does the invasive plant *Impatiens glandulifera* have an influence on the mobility of copper in riparian soil?

Johanna Maria Zenner; Jellian Jamin PhD; Katherine Muñoz; Hermann F. Jungkunst

Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern-Landau

Soil have varying abilities to retain heavy metals from entering adjacent systems. Riparian soils, as link between terrestrial and aquatic systems should have a particular strong ability to inhibit the mobility of pollutants. Invasive plants like *Impatiens glandulifera* ROYLE invade riparian zone primarily since rivers foster seeds etc. distributions. Copper used as fungicide easily enters riparian zones via water or land. In traces, copper is essential to plants and microorganisms, but is toxic in higher contents. Actually, toxicity is highly determined by the bioavailability. The mobility of copper in the soil is governed by physico-chemical soil properties and soil organic matter due to complexation behavior of copper. Invasive plant species due impact biogeochemical processes including the carbon cycle and therefore might impact the heavy metal mobility in soils due to altered SOM dynamics.

Consequently, we investigated the impact of the invasive plant *Impatiens glandulifera* on copper mobility in riparian soil. Two soils with similar texture but two different vegetation covers were sampled in two depths (0 – 10 and 10 – 20 cm). One soil was mainly colonized by the invasive plant while the other soil was densely overgrew by *Urtica dioica* L., a common native riparian plant. A flooding event with contaminated water with two different copper concentrations was performed to simulate this potential entry pathway. This flooding experiment was performed in leaching columns according to OECD guidelines. After one week of flooding, a sequential extraction with four fractions (water extractable, mobile (NH_4NO_3), bound to organic matter (EDTA) & residual (Aqua regia)) was conducted on soil to assess the bioavailability of copper. Preliminary results exhibited higher amounts of mobile copper are in soil influenced by *Urtica dioica*. Simultaneously, more copper was organically bound in soil colonized by *Impatiens glandulifera*. This implies an influence of invasive plants on the bioavailability and migration potential of copper in soil.

Keywords: Copper mobility, invasive plant species, flooding event, riparian soil

Soil Moisture Dynamics and Subsurface Interflow – Hydropedological Studies in Saprolite Dominated Landscapes: A Case Study from the Bavarian Forest, Germany

Yuan Zhuang; Sarah Putzhammer; Anna Holmer; Sigrid van Grinsven; Jörg Völkel

Chair of Geomorphology and Soil Science, Technical University of Munich

In the low and mid-mountain ranges of Central Europe, such as the vast Bavarian Forest, slopes are dominated by quaternary stratified Periglacial Slope Deposits (PSD), often underlain by saprolite. Previous research already pointed out that layered PSDs and saprolite significantly impact the slope water movement and storage. In this study, in addition to interflow, baseflow, and soil moisture dynamics in PSDs and saprolite, we investigate the transition of slope water into the morphological floodplain and the stream itself. Another focus is on the role of saprolite and loess as different substrates for soil formation and their respective contribution and influence on the field capacity of these soils. Our aim is to understand the spatiotemporal patterns of the slope and soil water dynamics, characterizing the subsurface flow and temporary buffer of a saprolite-dominated cultural landscape.

The study area 20 km North of the City of Regensburg encompasses two catenae. Each consists of an upper slope planted with forest, a middle and toe slope covered with grassland, transitioning into a river floodplain that is also grass covered. Sediment and soil genesis and their physicochemical as well as mineralogical properties are characterized by common parameters. Using volume-based and undisturbed samples, we capture the water retention functions of varying layers. We permanently instrumented soil moisture probes at different locations along each catena, at 3 depths per location. These are placed based on the position of particular layers like PSDs and saprolite, to highlight their differentiation and role in terms of interflow and water storage. In addition, the profiles were fitted with suction cups at the same depths, to be able to also assess biogeochemical parameters. Finally, the tensiometers are utilized to assess the water transport mechanisms at the boundary between toe slope and the floodplain, as well as between the floodplain and the stream. To characterize the seasonal wetting and drying of the shallow subsurface with different horizons, layers, saprolite in situ, and the granitic bedrock, we create a resistivity model using two-dimensional (2D) electrical resistivity tomography (ERT) along each catena. The geophysical prospection is added by Ground Penetrating Radar (GPR) and Shallow Seismic Refraction (SSR) in order to cross-check ERT measurements and identify hydrological boundaries.

Jahrestagung der
Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft
DBG 2023

Kommission II

Bodenchemie

Räumliche Muster von Baumarteneffekten auf Eigenschaften des Auflagehumus – Untersuchungen entlang von bestandesübergreifenden Transekten zwischen Rotbuche und Fichte/Kiefer in bodensauren Forsten Mitteldeutschlands

Florian Achilles; Alexander Tischer; Beate Michalzik

Friedrich-Schiller-Universität Jena

Als Reaktion auf die weiträumig degradierten Waldgebiete Mitteldeutschlands wurden im frühen 20. Jh. gezielt Buchengruppen ($\varnothing < 20$ m; $< 0,5$ ha) innerhalb von bodensauren Fichten- und Kiefernbeständen zur Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit angepflanzt. Die heute etwa 85 Jahre alten Gruppen, aufgrund ihrer Form traditionell Grüne Augen genannt, bieten die seltene Möglichkeit langfristige Auswirkungen des Waldumbaus auf bodenökologische Eigenschaften des Auflagehumus räumlich und zeitlich zu untersuchen.

Ein klimatisch-geologischer Gradient zwischen den untersuchten Regionen (Ostthüringer Buntsandstein-Hügelland, Thüringer Vogtland, Mittelerzgebirge), ermöglichte die Einbeziehung der Wirkung von Geologie und Klima. Innerhalb einer Region erlaubte die 3-fache Wiederholung von Buche-Nadelforst-Paaren unter vergleichbaren lokalen Standortbedingungen eine Analyse der räumlichen Auswirkung der Baumarteneffekte (z.B. Streueintrag). An jedem Standort wurden mit Hilfe eines Transekt-Designs jeweils auf 40 m Länge aller 2 m ($n = 41$) in 5 Tiefenstufen (L-Hz. - 10 cm Mineralbodentiefe) in SO-NO-Ausrichtung u.a. der pH-Wert (u.a. in KCl), die Abbaudynamik organischen Materials und die Größe von Nährstoffvorräten (C, N, Ca, Mg, K) untersucht und mittels linear gemischter Modelle analysiert.

Der Kernbereich der Grünen Augen (6-8 m um Gruppenzentrum) unterscheidet sich hinsichtlich der Humuseigenschaften deutlich vom umgebenden Nadelforst. So sind die pH-Werte um bis zu 20 % und die Umsatzraten des organischen Materials um 43 % erhöht. Der positive Effekt der Grünen Augen auf die Humusqualität reicht bis zu 8 m über die Kronenraumbedeckung der Rotbuche hinaus, schwächt sich jedoch ab 4 m deutlich ab. Der Effekt scheint vor allem Streufall-geleitet zu sein und erstreckt sich in Bereichen mit durch den Wind fahnenartig verwehter Buchenstreu ausgedehnter in den Nadelforst. Die Ergebnisse der Transekt-Untersuchungen legen nahe, dass die Grünen Augen in erster Buchengeneration inselartig ein feuchteres und weniger saures Mikrohabitat für pH-sensitive Destruenten im Auflagehumus schaffen. Am deutlichsten ist dies in der niederschlagsärmsten, wärmsten und magersten Region. Die biologische Aktivierung des oberen Waldbodens innerhalb des Wirkungsbereiches der Grünen Augen kann zu höheren C-Transportraten in den Mineralboden führen. In Hinblick auf den Klimawandel mit einem größeren Waldbrand-Risiko kann dies zu einer stabileren Kohlenstoffspeicherung im Waldboden beitragen.

Anthropogenic sources enhance soil organic matter (SOM) contents but not SOM stability in tropical urban arable soils

Stephen Boahen Asabere¹; Moritz Jung¹; Axel Don²; Daniela Sauer¹

¹ Georg-August Universität Göttingen - Institute of Geography; ² Thuenen Institute of Climate-Smart Agriculture

Urban soils commonly contain anthropogenic calcareous and charred materials. The effects of such compounds on SOM stability in tropical urban arable soils are largely unknown. The aim of this study was to examine how anthropogenic charred organic matter (ChOM), affects SOM pools in urban arable soils of Kumasi, Ghana (West Africa). Because of the widespread burning of household waste and the use of charcoal for cooking, we hypothesized that an increasingly urban influence on arable soils leads to increasing contents of anthropogenic materials in topsoils, including ChOM, which in turn contribute to SOM stability.

A grid-based approach was used to determine 650 topsoil (0 – 10 cm) sampling points along a gradient of urban intensity (UI), distinguishing; (i) low UI (> 400 m away from any primary road and being urban for < 30 years); (ii) mid-low UI (≤ 400 m from a primary road and being urban for < 30 years); (iii) mid-high UI (> 400 m from any primary road and being urban for ≥ 30 years); (iv) high UI (within ≤ 400 m from a primary road and being urban for ≥ 30 years). We visually examined the coarse fraction of the samples for anthropogenic materials. Then, the fine earth was subjected to SOM fractionation by size, whereby the sand-sized fraction (0.063 – 2 mm) was regarded as particulate organic matter (POM) and the clay- and silt-sized fraction (< 0.063 mm) as mineral-associated organic matter (MAOM). Both POM - C and MAOM - C were analyzed using a temperature-ramp C analyzer, applying a temperature threshold of 600 °C to separate organic from inorganic C. ChOM - C was quantified in POM and MAOM after wet oxidation treatment.

Consistent with our hypothesis, the proportions of anthropogenic materials such as plastics, concrete and shells increased with UI, > 80 % of all samples contained macro-charcoal. The share of POM - C in bulk soil organic carbon increased from 51 % in low UI topsoils to 64% in high UI topsoils, while that of MAOM-C decreased from 31 % to 25 % . ChOM contributed only a minor portion (< 0.1 %) to both POM and MAOM. Yet, this portion significantly increased with UI. Mean ChOM - C contents of the MAOM - C (0.023 g / kg) markedly exceeded those of the POM - C (0.0006 g / kg). These results suggest that the proportions of ChOM have increased with urbanization, but this increase has not enhanced SOM stability. Thus, appropriate management is important to support SOM stability in these soils.

Physicochemical weathering of various microplastics in soil and it's effects on soil chemistry

Mirza Becevic; Eva Lehnendorff; Tillmann Lüders; Ryan Bartnick

Universität Bayreuth

The synergistic effect of biotic and abiotic weathering processes of microplastics (MPs) and how they affect soil chemistry needs further investigation. In the absence of light, hydrolysis is expected to play a major role in MPs weathering overall, while chemical weathering by organic acids (citrate, malate, oxalate etc.) is expected in the rhizosphere where the accumulation of MPs also occurs.

To address how weathering processes alter microplastic and modify soil properties, 6 types of conventional and biodegradable MPs (PA, PE, PET, PS, PBAT, and PLA), ~200 µm in size, either as (1) virgin and weathered by (2) UV radiation & ozonation, pre-treated (3) hydrolytically and (4) enzymatically or (5) composted plastic, will be mixed in a 1:1 ratio with soil, with or without vegetation. The recovery of weathered MPS will be ensured by a system of buried, stainless-steel mesh bags (0.5 mm mesh), allowing for the free movement of water, nutrients, microorganisms and the development of the rhizosphere for up to 2 years. Triplicates of each plastic type under a given treatment will be sampled at 4 timepoints over the 2 years, 360 samples in total. The plastic weathering will be evaluated by measuring zeta-potentials (Zeta-Sizer) and surface changes (AFM). Soil properties such as pH value, sorption properties and nutrient storage capacity on these surfaces will be monitored to determine to which extent the MPs type and their subsequent weathering influences the soil chemistry. I will present the characterization of pristine, pre-weathered plastics, and the results of their 3-month long incubation with and without rhizosphere at the Uni Bayreuth Botanical Garden, using the above-mentioned methods.

Historic anthropogenic landforms significantly increase known soil organic- and pyrogenic carbon stocks in Connecticut, USA

Alexander Bonhage¹; Thomas Raab; Anna Schneider; Alexandra Raab; William Ouimet

¹ BTU Cottbus - Senftenberg

The remains of historic charcoal production from pre- and early industrial times, mostly referred to as relict charcoal hearths (RCHs), are subject to growing and multidisciplinary interest in Environmental Sciences. RCH landforms are relatively small (average diameters of 11 m) and circular microrelief features found in many forests of the North-Eastern USA and Central Europe. Soils on RCHs are special in that they are significantly enriched in organic- and pyrogenic carbon, caused by the admixture of charcoal. Many studies have shown that this results in changed soil chemical and physical properties, making RCHs unique soil microhabitats. However, questions about their impact on soil carbon storage of larger areas have hardly been studied so far; an aspect that could become more relevant with growing RCH site location databases. Here we show that RCHs can substantially add to a landscape's soil organic- and pyrogenic carbon storage. This effect however is scale dependent, i.e. a larger scale of observation (1:20,000) will result in significant additions for areas with high site densities, contrary to smaller (>1:20,000) scales of observation where the effect is diminished. While RCH soils are increasingly recognized as unique soil microhabitats, they should be discussed in terms of their carbon storage function in soil landscapes and how to take them in account for local soil surveys. This study is the first-time combination of extensive field surveys regarding RCH morphology, stratigraphy and soil chemical properties with a deep learning based automated mapping of RCHs in the entire state of Connecticut, USA. This approach can be used as a template for assessing the effect of RCHs on state- and nation-wide inventories of soil organic carbon.

Anwendung von Heuextrakten in der biologischen Landwirtschaft – Eine Silicium-Quelle auf Mangelböden?

Julia König; Frederick Büks; Hannah Sachße; Martin Kaupenjohann

Technische Universität Berlin

Seit einigen Jahren werden in der regenerativen Landwirtschaft Kaltwasseraufgüsse aus ökologisch angebautem Heu mit dem Ziel der Pflanzenstärkung und Ertragssteigerung eingesetzt. Diesen foliar oder rhizosphärisch aufgegebenen Extrakten wird von Anwender:innen eine positive Wirkung auf Pflanzengesundheit, Photosyntheseleistung und als „Regulator der Flächenrotte“ nachgesagt, doch wurden sie bisher nicht auf ihren Wirkmechanismus hin untersucht. Ein Wirkfaktor könnte im Heutee gelöst vorliegendes Si sein. Süßgräser (Poaceae) weisen eine starke Anreicherung von Si im Pflanzengewebe auf, die zu einer Erhöhung der mechanischen Blattstabilität und damit der Widerstandsfähigkeit gegenüber Fraßinsekten und Pilzinfektionen führt.

Im vorliegenden Versuch haben wir die Hypothese geprüft, dass im Heutee enthaltene Kieselsäure $\text{Si}(\text{OH})_4$ auf einem Si-Mangelstandort (5,15 mg Si/L in der Gleichgewichtsbodenlösung) zu einer Aufhebung des Mangels führt, das Pflanzengewebe stärkt und den Wuchs verbessert. Hierzu wurde Sommerweizen (*Triticum aestivum*) acht Wochen im Topfversuch (n=27, je 5 Samen) mit drei verschiedenen Heutees (0,002, 0,56 und 22,15 mg Si/L) und einer Si-freien Kontrolllösung bewässert. Anschließend wurden Wuchsparemeter sowie, Si-Konzentration in der Bodenlösung und die mechanische Stabilität der Blätter (N/mm^2) mittels Zugtest bestimmt.

Während sich in keiner der Varianten Effekte auf Wuchshöhe, Blattanzahl, Blatt- und Stilllänge zeigten, trat bei der höchstkonzentrierten Variante eine signifikante Erhöhung der Si-Konzentration in der Bodenlösung auf. Diese ging einher mit einem tendenziellen Anstieg der oberirdischen und unterirdischen Pflanzenbiomasse und einem signifikanten Anstieg der Zugfestigkeit der Blätter. Weitere Untersuchungen am Si-Gehalt der Blätter werden eine abschließende Einordnung von Si als Wirkfaktor erlauben.

Earthworms as double-edged swords for organic matter turnover from forest floor to mineral soil – a mesocosm experiment with labeled beech litter

Philipp de Jong; Patrick Schleppi; Frank Hagedorn

Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (WSL)

Earthworms may act as double-edged swords for soil organic matter (SOM). While they can enhance organic matter (OM) mineralization via increased microbial activity they can also elevate OM stabilization in aggregates as particulate or mineral-associated OM. In this study, we will test this potentially opposing impact in beech (*Fagus sylvatica* L.) forests on limestone, a forest ecosystem with particularly high earthworm activity. A specific focus will be on OM transformation along the continuum from the forest floor (O horizons) to mineral soil (A horizons). The forest floor can represent a substantial OM-pool which is an important source for SOM formation via bioturbation or leaching but can be vulnerable to alterations due to climate change. In an extended lab mesocosm experiment, we will incubate local earthworm species in soil columns consisting of O and A horizons from four beech forest sites along an elevation gradient from 550 to 1250 m in the Swiss Jura Mountain range. Along this gradient, the dominating forest floor type is mull with its thickness increasing with altitude. We will establish the following three treatments (1) control with soil and unlabeled litter, (2) with soil and labeled litter and (3) with soil, labeled litter, and earthworms. For this setup, the OI horizon will be replaced with beech litter highly enriched with ^{13}C , ^{15}N , and ^2H . Soil respiration (CO_2) and leaching (C, N, and H in dissolved OM) will be repeatedly measured. Our setup will allow for a separation of fluxes from the O horizons and the A Horizon. After approximately 4, 7, and 10 months each, a subset of mesocosms will be harvested to investigate isotope enrichment in earthworm biomass, earthworm casts, physical soil fractions, PLFAs, and microbial necromass. This will allow us to establish a mass balance of beech litter turnover as affected by earthworms for a time scale representative of one vegetation period. Fluxes of unlabeled OM will inform on the fate of inherent SOM. We expect that (1) following an initial colonization phase, earthworms will stimulate labeled litter mineralization and enhance litter transfer to aggregate fractions while not affecting the total SOM stock. (2) In the long term, less of the labeled material will be mineralized and more SOM stabilized in aggregate fractions will be recycled.

Reversibility of physical mucilage properties upon changes in pH, calcium and surfactant content

Dörte Diehl; Gabriele E. Schaumann; Mathilde Knott

iES Landau, RPTU Kaiserslautern-Landau

As shown in an earlier study, ethanol precipitation generally increased the pH and reduced the total cation content with mucilage type specific effects on the supramolecular interactions of the polymers that explained the resulting specific changes in the physical properties viscosity, water entrapment, surface tension and wettability. Our general hypothesis is that the supramolecular structure of mucilage underlies self-assembling mechanisms under changing environmental conditions like cation content, pH and the content of surface active substances. Thus, we tested the reversibility of changes exerted by ethanol precipitation for two seed and two root mucilage types by restoring increasing amounts of calcium or of the surfactant lecithin or by the addition of combinations of NaCl, NaOH and HCl resulting in the same ionic strength but different pH values. From the original, purified and manipulated mucilage samples we determined viscosity with a rotational rheometer, surface tension by the pendant drop method, wettability by the sessile drop method and the restriction or entrapment of water in the polymer network using the ^1H NMR transverse relaxation time T_2 .

Preliminary evaluations suggest that both, reversible as well as irreversible changes of the physical properties occurred upon purification by ethanol precipitation. The result will be discussed with respect to changes in different intermolecular polymer interactions together with their relevance for functions and processes in the rhizosphere.

Auswirkungen auf den Humushaushalt in Sachsen – Szenarien zur Strohabfuhr vom Feld

Julius Diel¹; René Dechow²

¹ Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ; ² Johann Heinrich von Thünen-Institut

Wie viel Humus könnten wir durch vorhandenes Stroh aufbauen? Wie viel verlören wir bei einer vollständigen Abfuhr? Könnte es an anderer Stelle nachhaltiger eingesetzt werden?

Mittels eines Ensembles aus fünf erprobten Bodenkohlenstoffmodellen und verschiedenen Allokationsfunktionen wollen wir das Humuspotential verschiedenen Stroh-Managements für den Zeitraum 1990-2018 betrachten sowie dessen Unsicherheit in den einzelnen Agrarstrukturgebieten beleuchten. Dazu wird auf einem Datensatz aufgebaut, der in Zusammenarbeit mit dem Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Sachsen erstellt wurde.

Vulnerable and neglected: Potential SOC mobilisation through thawing permafrost in peripheral regions

Oliver Donnerhack; Patrick Liebmann; Georg Guggenberger

Leibniz University Hannover, Institute of Soil Science

Permafrost soils account for 16% of the global soil area but contain up to about 50% of the global soil organic carbon (SOC) pool. Climate change is particularly strong in boreal regions. As a direct effect, the permafrost in these areas thaws, mobilising parts of its SOC. There are many research activities, investigating into the extent to which this pool can be mobilized with degrading permafrost. While various studies have focused on the large contiguous permafrost areas of Eurasia and North America, the peripheral areas are often neglected, despite being among those most rapidly affected by the thaw. One of these vulnerable areas is the Mongolian permafrost, on the southern edge of Siberian PF, where until the end of the century a reduction of 27% to 87% of the permafrost area is expected. However, it is unknown, how much C could be lost in the course of PF thaw in this vulnerable region.

We employed a machine learning approach based on the intersection of satellite and laboratory data to elucidate this question on the potential amount of mobilised SOC according to the predicted thaw pattern. Using data from the Copernicus Sentinel programme, we applied a Random Forest classification to interpolate soil data into the spatial distribution of permafrost. Literature and field data on soil properties and potential permafrost extent were first combined with surface shape calculated from satellite radar data to identify potential permafrost areas and calculate the potential SOC stock. We then determined the impacts of the climate scenarios (RCP 2.5 & 8.5) using a metadata analysis of potential changes in the carbon pool in thawing permafrost to obtain an estimate of the change in carbon stocks in Mongolian permafrost in the decadal interval to the end of the century. Our analyses show that the main SOC mobilisation will take place in the first half of the century. We attribute this to the fact that lowland areas have the largest share of permafrost in terms of expansion, thickness, C supply and vulnerability to temperature rise, and are therefore more likely to thaw sooner and potentially lose a more of SOC. In contrast, high altitude mountain areas with their general lower temperatures and discontinuous permafrost will lose less organic carbon, due to smaller area underlain by permafrost and overall smaller organic carbon storage in these soils. In conclusion, our model reveals a rapid carbon mobilisation in the neglected area of Mongolian permafrost thaw.

Kationen-induzierte Bandenverschiebung in FTIR Spektren der organischen Bodensubstanz und Korrekturansatz nach Lambert-Beer

Ruth, H. Ellerbrock; Horst, H. Gerke

ZALF - Leibniz-Centre for Agricultural Landscape Research

Die Zusammensetzung der organischen Bodensubstanz (OBS) lässt sich mit spektroskopischen Verfahren erfassen. In Böden reagieren organische Substanzen (z.B. Wurzelexsudate) häufig mit Kationen wie z.B. Ca^{2+} was zu Änderungen in den Bindungen der funktionellen Gruppen in der OBS führt. Diese Änderungen führen in FTIR Spektren zu Verschiebungen und Intensitätsänderungen der OBS-typischen Absorptionsbanden (Keton, Carbonsäure, Carboxylat) und schränken eine routinemäßig durchgeführte FTIR Auswertung ein. Da sich die OBS Bindungsverhältnisse im Extinktionskoeffizienten des Lambert-Beer'schen Gesetzes widerspiegeln wird angenommen, dass dieses Gesetz in Kombination mit den oft gleichzeitig bekannten Kationen-Gehalten genutzt werden kann, um veränderte spektrale Daten zu erklären. Ziel ist ein Korrekturverfahren zu entwickeln und an zunächst relativ einfachen Mischungen (Polygalacturonsäure (PGA) und Ca^{2+}) zu testen. Um empirische Beziehungen zwischen Bandenmaxima in FTIR-Spektren der Mischungen und deren Kationenkonzentrationen zu finden, wurde das FTIR-Spektrum von PGA mit Spektren von PGA-Ca Mischungen verglichen. Die Korrektur der Absorptionsbanden im FTIR erfolgt hier in Relation auf die Bandenhöhen einer PGA-Ca Mischung mit einer Referenz Ca^{2+} Konzentration. In einem zweiten Ansatz wurde das Verhältnis der Lambert-Beer'schen Extinktionskoeffizienten einer PGA-Ca Mischung mit einer Mischung mit Referenz Ca^{2+} Konzentration genutzt, um die Bandenverschiebung zu quantifizieren.

Die FTIR Spektren (mittleres Infrarot; KBr Technik) wurden in Bezug auf die am stärksten durch den Kationengehalt beeinflussten COO- Bande ausgewertet. Die Intensität der COO- Banden in den FTIR Spektren von PGA-Ca Mischungen nahm mit dem Ca Gehalt zu, während das Maximum zu niedrigeren WN verschoben wurde. Eine nahezu lineare Beziehung zwischen Verschiebung der COO-Bande mit zunehmender Ca Konzentration war Voraussetzung für den empirischen Korrekturansatz.

Als Test konnte die Bandenintensität für reines PGA aus den spektralen Daten der PGA-Ca-Mischungen geschätzt werden. Die auf dem Lambert Beer'schen Gesetz beruhende Wichtung erlaubt eine Abschätzung der Bandenintensität sowie eine Korrektur der Bandenverschiebung. Das Verfahren erfordert eine Kalibrierung der Korrekturfaktoren anhand spektraler Daten einer Mischung mit einer Referenz Ca^{2+} Konzentration. Es könnte helfen, Fehlinterpretation in den FTIR-Spektren von OBS aufgrund von Bandenverschiebungen zu vermeiden.

Vertical distribution of $\delta^{13}\text{C}$ values in soils to predict N mineralization rates in a native tropical dry forest ecosystem in southwest Ecuador

Tobias Fabian¹; Andre Velescu¹; Carlos Iván Espinosa²; Wolfgang Wilcke¹

¹ Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Geographie und Geoökologie; ² Universidad Técnica Particular de Loja, Departamento de Ciencias Biológicas

Understanding the dynamics of N mineralization and nitrification during seasonally highly variable conditions is not only important for the understanding of the nutrient supply of the native dry forest in Ecuador, but also necessary to predict the responses of dry forests to environmental change, like climate and land-use change that might influence the seasonality.

To determine the role of climate substituted by elevation for N mineralization in the mineral topsoil, we will conduct 31-days field incubations with the help of soil-filled PVC cylinders in soils of a dry forest ecosystem at 600 and 1200 m a.s.l. We will use a threefold replicated design at both elevations. The incubation cylinders will be closed both at the bottom and the top and therefore only permit horizontal water and element fluxes through lateral slits. We will determine start and end concentrations of NH_4^+ and NO_3^- in 1 M KCl extracts to calculate net ammonification and nitrification rates. The experiment will be conducted during the high rainy season between April and June, when we expect an increased and more constant mineralization rate because of increased water supply to the mineral soil.

We hypothesize that organic matter mineralization is higher at 600 m than at 1200 m a.s.l. because organic matter turnover rate and N mineralization are expected to reflect the temperature gradient. N availability is expected to be higher at 1200 m a.s.l. because of the denser vegetation cover, increased soil moisture and lower temperature which favor organic matter accumulation and a slower N release. Moreover, we expect that N mineralization rates are generally lower in the dry forest than in the tropical montane forest on the Amazon-exposed slope of the same Andean cordillera, which we studied earlier.

Because soil incubation experiments are labor- and time-intensive and can be influenced by seasonal fluctuations we will additionally explore the slope of the regression line of the $\delta^{13}\text{C}$ values on soil organic C concentrations in 10-cm soil layers down to 0.5 m as a proxy for N mineralization rates. Following the concept of Garten et al. (Can. J. For. Sci, 2006), we expect that the change in $\delta^{13}\text{C}$ values with increasing depth of the soil profile is related to C turnover and may thus serve as predictor of decomposition, because $\delta^{13}\text{C}$ values integrate the C isotope fractionation by microbial activity of longer time periods and should thus be related with N mineralization rates.

Effect of flooding and inorganic fungicide on dissolved organic carbon quality

Aira Sacha Ferrer¹; Clara Mendoza-Lera²; Dörte Diehl¹

¹ Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern-Landau, Institut für Umweltwissenschaften, AG Umwelt- und Bodenchemie; ² Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern-Landau, Institut für Umweltwissenschaften, AG Umweltphysik

The research training group Systemlink investigates the propagation of anthropogenic stressors from fluvial to terrestrial ecosystems mediated by bottom-up or top-down effects. Copper sulfate is an inorganic fungicide widely used in organic farming, especially in viticulture. As such, these locations can serve as non-point sources for fluvial systems, which can redistribute the copper by floods to floodplains and riparian zones. In the present study we want to explore how repeated flooding and exposure to copper sulfate affect the microbial carbon cycle in riparian soils. We hypothesize that changes in the microbial community composition and activity due to copper exposure result in changes in the dissolved organic carbon (DOC) quality. The quality of DOC however has further implications for a number of soil properties as wettability after drying or the mobility of heavy metals. To test these hypotheses, columns packed with riparian soil will be repeatedly flooded with copper sulfate dissolved in artificial stream water. To assess the potential effect of both flooding and copper sulfate, four hydrological schemes (fully dry, fully flooded, 3/4, 7/7 flooded/dry cycle) and four concentrations (0, 90, 270, 810 mg/L) will be used. Samples will be taken at the end of the flooded period, as well as the end of the dry period. The dissolved carbon quality will be characterized by measuring optical properties (via UV-Vis, Fluorescence, FT-IR) and by PLFA analysis the microbial biomass and community composition will be determined. Furthermore, the community-level physiological profile will be assessed using MicroResp assay and by enzyme activity. Preliminary results will be presented and discussed.

Nitrogen, Potassium and Calcium nutrition of Maize (*Zea mays* L.) from different depths as affected by winter cover crop mixtures

Henrik Füllgrabe¹; Tobias Stürzebecher¹; Sandra Spielvogel²; Iris Zimmermann²; Yijie Shi²; Katja Holzhauser³; Debjyoti Ghosh⁴; Callum C. Banfield⁵; Michaela A. Dippold⁵

¹ Biogeochemistry of Agroecosystems, Georg-August-University Göttingen, Göttingen, Germany; ² Soil Science, Christian-Albrechts-University Kiel, Kiel, Germany; ³ Institute of Crop Science and Plant Breeding, Christian-Albrechts-University Kiel, Germany; ⁴

In intensive farming systems, most of the nutrient uptake by plants occurs from the topsoil. If the topsoil dries out due to more variable rainfall events and more frequent droughts as consequence of climate change, subsoil nutrient resources may be essential for future plant nutrition. In the RootWayS project, cover crop mixtures from deep rooting species together with shallow rooting partners from three different functional plant groups (clover, grass and brassica) were tested to enhance the root growth of maize into the subsoil, via re-use of root channels. The field experiment was located on a loamy Luvisol in Northern Germany. The aim of this study is to determine the amount of nutrient uptake of maize from the topsoil (0 – 30 cm), upper subsoil (30 – 60 cm) and lower subsoil (60 – 90 cm). Therefore, a pipe-in-tube injection system for nutrient tracers (¹⁵N-NH₄⁺/¹⁵N-NO₃⁻, Sr, Rb and Cs) was used. The total maize-uptake of N was 14% to 33% of the applied N tracer, with the lowest amount in the control, and the highest amount after the grass/brassica mixture. This suggests that winter cover crops generally enhance the efficiency of mineral N uptake in the following maize cropping season. Moreover, we observed a significant larger nutrient tracer uptake from the subsoil (30-90 cm depth) for maize grown after mixture 1 (red clover, white clover, tall fescue, ryegrass) and mixture 3 (oil radish, summer rapeseed, tall fescue, ryegrass) compared to maize grown on the control plots. In relation to the total tracer uptake from all three depths, maize grown after the clover/grass mixture (22% for N, 43% for K and 45% for Ca, respectively) and maize grown after the grass/brassica mixture (31% for N, 45% for K and 44% for Ca) achieved the highest uptake percentages from 30 – 90 cm depth. We conclude that the efficient soil exploration by roots of cover crop mixtures supports maize roots in reaching the subsoil and thus promotes the subsoil nutrient uptake of the main crop maize. Particularly, cover crop mixtures containing Poaceae seem to have a beneficial effect on subsoil nutrient uptake. We conclude that the observed better subsoil nutrient access of maize after cover crop mixtures containing Poaceae is either an effect of root channel re-use by primary and seminal maize roots, or an indirect effect arising from Poaceae root exudates and degradation intermediates diffusing into the soil and increasing subsoil nutrient availability.

The role of mosses on water retention, soil stability and carbon storage in temperate forest soils

Corinna Gall¹; Steffen Seitz¹; Maik Veste²

¹ Universität Tübingen; ² CEBra – Centrum für Energietechnologie Brandenburg e.V.

Due to climate change, extreme events have increased in recent years, making droughts and heat waves ubiquitous and drought stress one of the most severe impacts on forest ecosystems. The forest soil and its interaction with vegetation is a key component in facing these future challenges. In temperate forests, the soil is often covered with mosses, which fulfill important ecological functions. Mosses are known for their large water storage capacity, which can have a positive effect in the forest soil as a moisture reserve during dry periods or a negative effect as an infiltration barrier, depending on species and growth form. Additionally, mosses contribute importantly to the global carbon cycle, being responsible, e.g., for one-fifth of the net carbon uptake in temperate and boreal forests. Higher soil organic carbon in turn supports the formation of soil aggregates, which increases the soil's resistance to erosion. However, these processes and interactions have been poorly studied and understood, especially in quantitative terms.

In the FNR-funded project “AnKliMoos”, we investigate how and to what extent mosses in temperate forests influence ecohydrological processes, carbon cycle, and soil structure at two research sites. For this purpose, continuous field measurements including microclimatic, soil and hydrological monitoring systems are carried out in the Nature Park Schönbuch in Baden-Württemberg (760 mm precipitation per year) and in Linde, Havelland in Brandenburg (539 mm precipitation per year). Wetness of mosses and their spatial variability are determined with specific Biocrust Wetness Probes (BWP) in relation to microclimatic boundary conditions. While hydrological influences of the mosses are measured directly, the annual carbon fluxes are calculated from empirically modelled carbon fluxes combined with recorded microclimatic parameters. To study individual species effects, infiltration boxes will be fitted with soil monoliths without and with moss cover of different species, each with four BWPs. A series of ecohydrological tests will then be conducted in a climate-controlled greenhouse to investigate water absorption, storage, and evaporation within moss covers, as well as infiltration into the underlying soil. The project will provide new insights in the importance of soil mosses in temperate forests and obtain quantitative data on influences of different moss species on soil water balance, carbon storage and soil structure.

Kurzfristige Auswirkungen von Störungsflächen auf die Struktur von Waldböden, Humusaufgabe und Nährstoffverteilung: Eine Fallstudie aus Mitteldeutschland

Simon George¹; Philipp Koal¹; Brigitta Putzenlechner²; Dirk Landgraf³

¹ FFK Gotha/ ThüringenForst; ² Georg-August-Universität Göttingen; ³ Fachhochschule Erfurt

Eine „geregelt“ Forstwirtschaft ist immer seltener umsetzbar, da die Geschwindigkeit klimabedingter Veränderungen das Reaktionsvermögen vieler Waldökosysteme übersteigt. Der Einfluss von Wetterextremen (Trockenperioden und Stürme) wirkt sich besonders auf strukturarme Fichtenforste fern ihrer natürlichen Standorte aus. Borkenkäfermassenvermehrungen und großflächige Störungsflächen sind die Folge und stellen Waldbewirtschaftende vor extreme Herausforderungen. Wenn es die forstsanitären Situation, Aspekte der Gefahrenabsicherung und der aktuelle ökonomische Rahmen der Betriebe zulassen, stellen alternative Managementmaßnahmen weitere Möglichkeiten zur flächigen Räumung dar. Es soll geklärt werden, welche kurz- und mittelfristigen Auswirkungen die unterschiedlichen Maßnahmen auf strukturelle und bodenchemische Kennwerte der Humusaufgabe und des Oberbodens haben.

Die Untersuchungen wurden auf großflächigen Fichten-Störungsflächen im südlichen Harz durchgeführt. Hier wurden verschiedene Managementvarianten – angefangen bei vollständig belassenem stehendem Totholz, über „Hochstubben“, bis zu gemulchten und geräumten Freiflächen – mit einem vitalen Fichtenwald verglichen. Die untersuchten Kompartimente sind die Auflagehorizonte sowie der obere Mineralboden in mehreren Tiefenstufen bis 60 cm Tiefe, welche über einen Zeitraum von 24 Monaten regelmäßig beprobt und analysiert wurden.

Die Studie zeigt, dass sich bereits innerhalb von 3-6 Monaten Auswirkungen auf die Bodenstruktur der geräumten Störungsflächen nachweisen lassen, indem Makroaggregate abgebaut werden, die Größenfraktion der Mikroaggregate ansteigt sowie sich die Aggregatstabilität insgesamt verringert. Weiterhin führte der Abbau der Aggregate zu einer erhöhten Nährstoffverfügbarkeit (um 3-10 % bei N, K, Mg, S). Mit einem sich verengendem C/N-Verhältnis im Mineralboden bei zunehmender Auflichtung auf den Parzellen sowie Intensität des Managements, wurden mittelfristig (>6 Monate) Verluste beim pflanzenverfügbaren und Gesamt-Phosphorgehalt (P_{cit} und P_t) in der organischen Auflage und dem oberen Mineralboden festgestellt. Während das Mulchen zu einer Erhöhung der organischen Bodensubstanz (OBS) in der Auflage führte, ist bei den sonstigen Varianten über die Zeit ein nennenswerter Verlust an OBS im Vergleich mit dem vitalen Fichtenwald ermittelt worden. Ein verlängertes Monitoring ist erforderlich um zu verifizieren, ob die Ergebnisse nur kurzfristige Effekte auf dem Weg zu einem neuen Gleichgewicht sind.

Soil microstructure and micromineralogy along a soil age gradient on the Galápagos Islands

Martin Gerzabek¹; Georges Stoops²; Franz Ottner¹; Shan-Li Wang³; Liang-Sin Huang³; Franz Zehetner¹

¹ Universität für Bodenkultur Wien; ² University Ghent; ³ National Taiwan University

The islands of the Galápagos archipelago are of different ages due to the combination of a geostationary volcanic hotspot and the eastward movement of the Nazca tectonic plate. Taking advantage of this, a soil chronosequence (1.5 – 1,070 ka) has recently been established covering four of the islands. In a recent publication it was shown that the soils exhibited andic properties only on the young parent materials, clay translocation at intermediate ages, and pronounced sesquioxide accumulations at the oldest sites. The macroscopically visible soil profile differentiation increased from the young to the intermediate-aged sites, but decreased again with advanced pedogenesis; the oldest and most highly weathered soil showed a rather uniform, deep profile (Candra et al.; 2021). Here we investigated the temporal development of soil microstructure and micromineralogy using micromorphological methods in combination with synchrotron-based mineralogical and geochemical microanalyses. Along the chronosequence, the microstructure changed from intergrain microaggregates in the young soils to angular blocky microaggregates in the older soils. In the young soils, a high amount of vitric scoria and weatherable minerals occur, but they quickly disappear with age, and micromass increased fast. The micromorphological studies as well as micro-XRD and micro-XRF revealed increasing heterogeneity of soil microstructure and micromineralogy due to weathering and pedogenic processes until intermediate soil age. In the oldest soils, the microstructure became more uniform again, de-mixing pedofeatures like clay coatings have completely disappeared, and kaolinite, hematite and gibbsite dominate the mineralogical composition. Our study shows that the development of soil microstructure mirrors macroscopic soil profile development showing increasing differentiation until intermediate developmental stages and receding heterogeneity in highly weathered soils.

Candra, I.N., Gerzabek, M.H., Ottner, F., Wriessnig, K., Tintner, J., Schmidt, G., Rechberger, M.V., Rampazo, N., Zehetner, F. 2021. Soil development and mineral transformations along a one-million-year chronosequence on the Galápagos Islands. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 85, 2077–2099.

Micronutrient supply in German arable top- and subsoils

Martina I. Gocke¹; Axel Don²; Arne Heidkamp²; Florian Schneider²; Sara Bauke¹; Wulf Amelung¹

¹ Institute of Crop Science and Resource Conservation (INRES), University of Bonn; ² Thünen Institut für Agrarklimaschutz

Micronutrients fulfill several important functions in crop performance. Hence, if not adequately replaced by fertilization and if availability in soil is low, optimum crop growth can be impaired.

We therefore aimed to quantify micronutrients including zinc (Zn), copper (Cu), nickel (Ni), manganese (Mn), molybdenum (Mo) and magnesium (Mg) in German arable soil, using samples of the German Agricultural Soil Inventory. We investigated whole soil profiles down to one meter depth, and evaluated micronutrient stocks in relation to soil type, soil texture and soil parent material.

The data have been evaluated for Cu so far. The content of Cu in German arable topsoil (0 – 0.3 m) is, on average, 16 mg kg⁻¹, which is very high. One quarter of all sites showed topsoil Cu contents of more than 20 mg kg⁻¹, meaning that those soils support particular crops such as maize or potato.

The Cu stocks in the upper one meter of soil vary between 5 and 1,360 kg Cu ha⁻¹, with approximately 70% of the Cu stocks being in the subsoil (0.3 – 1 m), 50% of them even in the deep subsoil (0.5 – 1 m). Terrestrial soils showed with 200 kg Cu ha⁻¹ larger Cu stocks than semi-terrestrial soils with 140 kg Cu ha⁻¹. Both the total Cu stocks in the uppermost one meter and the relative percentage thereof in the subsoil are especially large at clayey sites, whereas at sandy sites the total Cu stocks (73 kg Cu ha⁻¹) and the percentage in the subsoil (57%) are clearly below average. Soils developed on hard rock stored only 40% of Cu below 0.5 m, whereas soils developed on Quaternary sediments stored more than 50% of Cu below 0.5 m.

Our findings clearly show that subsoil can contribute considerable portions to micronutrient stocks. Even if the data evaluation for other micronutrients is still pending, arable management techniques offering access to these resources are clearly important for future crop production.

Untersuchungen der Anneliden-Fauna (Regenwürmer und Kleinringelwürmer) von Feuchthumusformen im Münsterland

Ulfert Graefe¹; Tina Frank²; Anneke Beylich¹; Hans-Jörg Brauckmann²; Gabriele Broll²

¹ IFAB Institut für Angewandte Bodenbiologie GmbH; ² Universität Osnabrück

In den Feuchtwäldern des Kernmünsterlandes sind Feuchthumusformen (Aerohydromorphe Humusformen) weit verbreitet. Infolge des Klimawandels sind diese von zunehmender Trockenheit betroffen. Dadurch verschlechtern sich die Lebensbedingungen vor allem für feuchthäutige Bodenorganismen (Regenwürmer und Kleinringelwürmer), die an der Ausbildung der Humusform wesentlichen Anteil haben. Sie werden im Rahmen des Projekts BioFeuchtHumus als Indikatoren für den Zustand der Bodenlebensgemeinschaft (Zersetzer-gesellschaft) untersucht.

Das noch laufende Projekt umfasst Bestandsaufnahmen der Regenwürmer und Kleinringelwürmer in den Revieren Inkmannsholz und Wolbecker Tiergarten einmalig an 56 Mikrostandorten und in zeitlicher Wiederholung an 8 Intensivstandorten. Die Erfassung der Kleinringelwürmer erfolgt durch Extraktion aus Bodenproben mit der Wassertauchmethode. Mit einem Stechzylinder wird eine Bodensäule bis maximal 18 cm Tiefe entnommen und zur Extraktion in 4 bis 5 Tiefenstufen aufgeteilt. Parallel dazu wird die Abfolge und Mächtigkeit der Humushorizonte protokolliert. Die Regenwürmer werden mit einer Kombination aus Senf-Extraktion und Handauslese erfasst und im Labor näher bestimmt und gezählt.

Dargestellt werden Ergebnisse aus dem ersten Untersuchungsjahr 2022. Typisch für Feuchthumusformen ist die Zerteilung des Profils in einen oberen Bereich mit aeromorphen und einem unteren mit hydromorphen Merkmalen. Entsprechend dominierten bei den Kleinringelwürmern Frischezeiger im oberen Teil des Profils, während die Dominanz der Feuchte- und Nässezeiger mit zunehmender Tiefe anstieg. Dies war sowohl bei Moder- als auch bei Mullhumusprofilen der Fall. Die vertikale Verteilung der Kleinringelwürmer spiegelt somit den Gradienten des Staunäseeinflusses in der organischen Auflage und im oberen Mineralboden wider. Der Vergleich mit den morphologischen Humusprofilen zeigt auch Beispiele von Disharmonien, die auf eine schnellere Veränderungsdynamik des biologischen Bodenzustands zurückzuführen sind.

Conventional fruitstickers - changes of surface and structure during industrial composting

Max Groß¹; Matthias Mail²; Olivia Wrigley¹; Torsten Scherer³; Wulf Amelung¹; Melanie Braun¹

¹ University of Bonn, Institute of Crop Science and Resource Conservation (INRES), Soil Science and Soil Ecology; ² Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Institute of Nanotechnology (INT) ; ³ Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Institute of Nanot

In the past, large amounts of plastic particles have been found in compost, which is an entry pathway for plastics into soil. These particles often originate from the improper disposal of plastics in organic waste. A so far little-noticed input pathway of plastic in compost are product stickers made of conventional plastic. These fruit or vegetable stickers remain in the organic material despite sorting processes in the composting plant. However, little is known about the effects of industrial composting processes on the surface, structure, and microbial colonisation of these stickers.

The aim of this study was i) to investigate whether an industrial composting process leads to surface and structural changes of stickers, ii) to see after what time changes as well as microbial colonisation occur, and iii) to check whether smaller plastic pieces form and detach from the stickers during composting.

For this purpose, fruit stickers made of polypropylene were placed on banana peels in an industrial composting plant. The stickers were sampled after pre-rotting (11 days) and main rotting (25 days) and compared with non-composted stickers (control). After a preparation, which ensured the preservation of the microbial structure on the surface, the stickers were analysed by scanning electron microscopy (SEM), environmental scanning electron microscopy (ESEM), micro- and nano-computed tomography (CT).

After industrial composting, all stickers showed signs of surface changes and degradation in the form of cracks, irregularities, and microbial colonisation on both the front and the back. Microbial growth was visible from day 11. Structural changes were observed from day 25, with large adhesions penetrating the surface of the sticker. In addition, some stickers showed signs of delamination after 25 days of composting, indicating the formation of smaller plastic particles.

Based on this study, future research is needed to assess the role of microorganisms in the decomposition of fruit stickers and to quantify the formation and release of smaller plastic pieces from different fruit stickers under different composting conditions.

Vorkommen von Feucht- und Nasshumusformen in der Westfälischen Bucht und im Niederrheinischen Tiefland

Johanna Haberer¹; Carsten Schilli¹; Tina Frank²; Gabriele Broll²; Nadine Eickenscheidt³

¹ Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen – Landesbetrieb (GD NRW); ² Universität Osnabrück - Institut für Geographie; ³ Landesamt fuer Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW

Das Vorkommen von Feucht- und Nasshumusformen sowie deren mögliche Veränderung im Klimawandel kann dazu beitragen, bodenökologische Parameter in Feuchtwäldern zu bewerten. Im Rahmen einer Masterarbeit im Projekt „BioFeuchtHumus“ der Universität Osnabrück in Kooperation mit dem Geologischen Dienst Nordrhein-Westfalen (GD NRW) werden in Teilen Nordrhein-Westfalens Humusformen kartiert, an denen in der Vergangenheit Feucht- und Nasshumusformen aufgenommen werden konnten oder anhand vorliegender Informationen vermutet werden. Bei den Standorten handelt es sich um Standorte der ersten Bodenzustandserhebung (BZE I) im Wald die in den Jahren 1989-1991 erstmalig bodenkundlich aufgenommen und beprobt wurden. Im Rahmen der dritten Bodenzustandserhebung (BZE III) werden einige dieser Standorte in 2022 – 2024 erneut beprobt. Auf Grundlage des Entwurfs der sechsten Auflage der Bodenkundlichen Kartieranleitung wurden Kriterien bestimmt, bei denen eine Ausbildung von Feucht- und Nasshumusformen zu erwarten ist und der BZE-Datensatz abgefragt. Zu den Kriterien gehören zum Beispiel hoch anstehendes Grundwasser, starke Staunässe und die Ausprägung von hydromorphen Boden(sub-)typen. Das Ergebnis der Abfrage sind ca. 20 Standorte, an denen ein oder mehrere Kriterien für eine mögliche Ausprägung von Feucht- und Nasshumusformen im Untersuchungsgebiet, der Westfälischen Bucht und dem Niederrheinischen Tiefland, erfüllt sind. Durch die vorliegenden Daten der BZE I, BZE II (2006-2008) und BZE III ist es möglich, Veränderungen in der Ausprägung der Humusformen festzustellen sowie den Einfluss verschiedener Standorteigenschaften auf die Humusformen kenntlich zu machen. Außerdem wird so auf die Beziehung zwischen Standorteigenschaften und dem daraus resultierenden Bodensubtyp und den Humusformen geschlossen. Zudem soll die Morphologie der Feucht- und Nasshumusformen weiter beschrieben und vertieft werden. Diese Ergebnisse können vor allem eine Prognose auf die Entwicklung der Humusformen im Klimawandel sowie auch für den weiteren Umgang mit diesen und dem jeweiligen Standort im Allgemeinen sein.

Vortrag: Feuchthumusformen und der Bodenwasserhaushalt von Waldökosystemen im Münsterland

Weiterführende Poster:

1. Untersuchungen der Anneliden-Fauna (Regenwürmer und Kleinringelwürmer) von Feuchthumusformen im Münsterland
2. Feuchthumusformen und Bodenvegetation in Waldökosystemen im Münsterland

Fotogrammetrisch-mikrotopografische Analyse der Volumendynamik der organischen Auflage in einem Mischwald

Jonas Hahn¹; Marc Tiefel; Helmer Schack-Kirchner; Friederike Lang

¹ Universität Freiburg, Lehrstuhl für Bodenökologie

Die Humusaufgabe ist ein Schlüssel für die Funktionalität des Waldbodens und zudem ein bodenökologisches Merkmal, welches durch den Anteil der organische Bodensubstanz (SOM) Waldböden von Acker- und Grünlandböden unterscheidet. Die unterschiedlichen Prozesse und Einflüsse auf die Mikrotopografie des Waldbodens sowie der Speicherung von organischem Kohlenstoff sind forschungsrelevant, jedoch selten quantifiziert. Für die Quantifizierung von Oberflächen- und Volumendynamiken der Bodenoberfläche wurde in dieser Arbeit fotogrammetrisch über die Methode Structure from Motion (SfM) eine mikrotopografische Analyse der Humusaufgaben in einem buchendominanten Mischwald des Freiburger Stadtwaldes „Grubenwald“, innerhalb der Gemarkung Horben für ein ganzes Jahr durchgeführt. Durch SfM konnten hochaufgelöste Punktwolken von natürlichen Waldstrukturen produziert werden, welche daraufhin nach Totholz, Vegetation und Waldboden klassifiziert wurden.

An 10 vermarkten Fixpunkten wurden 14-tägig bis monatlich die Punktwolken auf einer Fläche von 40 x 40 cm erfasst und zu 2.5D Höhenmodellen zur Erfassung der Volumendynamik interpoliert. An weiteren 10 Punkten wurden durch lagenweise Entnahmen der organischen Bodensubstanz Volumina und morphologische Parameter (Dicke, TRD und Lückigkeit) in Verbindung zum Kohlenstoffgehalt analysiert.

Die Ergebnisse zeigen, dass es in Bezug auf die Oberflächendynamik des OL-Horizontes einen signifikanten Effekt von Temperatur, Niederschlag und Frost auf die mittlere Oberflächenhöhe gibt. Durch die invasiven Aufnahmeplots konnte ein vollständiges Bild der Humusaufgaben und der bestehenden Humusform durch Begrenzungsflächenmodelle (3D-Modell) im Zusammenhang mit morphologischen Bodenparametern erstellt werden. Die praktikable, einfach umsetzbare und kosteneffiziente fotogrammetrische Untersuchungsmethode ist geeignet, um exakte Daten der Humusaufgabe zu gewinnen.

Zeitliche Dynamik von organischem Bodenkohlenstoff in landwirtschaftlichen Böden Deutschlands – Ein Vergleich zweier Inventuren

Stefan Heilek; Christopher Poeplau; Roland Prietz

Thünen Institut für Agrarklimaschutz

Um verschiedene Bodenparameter (z.B. organischer und anorganischer Kohlenstoff, pH, Textur) und deren Dynamiken über die Zeit zu erfassen, wurden in den letzten Jahrzehnten verschiedene nationale und internationale Bodeninventuren ins Leben gerufen und durchgeführt. Vor allem der organische Bodenkohlenstoff (Corg) und dessen Vorratsentwicklungen steht aufgrund seiner Relevanz für Klima und Bodenfruchtbarkeit im Fokus. Die europäische Kommission führte eine europaweite Bodenbeprobung erstmals 2009 mit der Land Use/Land Cover Area Frame Survey (LUCAS) durch. In 23 Mitgliedstaaten der europäischen Union wurden ca. 20 000 Oberböden (0 - 20 cm) beprobt und auf verschiedene Bodenparameter chemisch und physikalisch analysiert. In den Jahren 2015 und 2018 wurden die Standorte zum Großteil wieder beprobt. Die erste bundesweite Bodeninventur für landwirtschaftlich genutzte Flächen in Deutschland wurde zwischen 2011 und 2018 vom Thünen-Institut für Agrarklimaschutz durchgeführt. Die Bodenzustandserhebung Landwirtschaft (BZE-LW) orientierte sich an einem Raster von 8 X 8 km, wobei an insgesamt 3104 Standorten Bodenprofile gegraben und angesprochen wurden. In den Tiefenstufen 0 – 10 cm, 10 – 30 cm, 30 - 50 und 50 - 100 cm wurden chemische und physikalische Bodenproben entnommen und analysiert. Seit Ende 2022 wird die Wiederholungsinventur der BZE-LW durchgeführt, wobei man sich auf eine Beprobungstiefe von 50 cm beschränkt und organische Böden ausschließt. Durch die Wiederbeprobung der Standorte können Veränderungen der Corg-Vorräte bestimmt und deren Ursachen ermittelt werden. In diesem Tagungsbeitrag werden die ersten Ergebnisse der Wiederholungsinventur (ca. 100 Standorte) den Trends der LUCAS-Inventur gegenübergestellt, um Unterschiede und Gemeinsamkeiten an Corg-Vorratsänderungen auszuweisen. Mit Hilfe dieses Vergleichs erhoffen wir unter Anderem, zusätzliche Erkenntnisse zur methodischen Herangehensweise bei Wiederbeprobungen gewinnen zu können.

Embedding of microplastics in soil aggregates detected by machine learning algorithms: project idea and first results

Rene Heyse¹; Marie Burger¹; Vera Schlierenkanmp¹; Johannes Leonhardt²; Thomas Pütz³; Ribana Roscher²; Melanie Braun¹; Wulf Amelung¹

¹ University of Bonn, Institute of Crop Science and Resource Conservation (INRES), Soil Science and Soil Ecology; ² Universität Bonn, Institute of Geodesy and Geoinformation; ³ Forschungszentrum Jülich, Institut für Bio- und Geowissenschaften

Microplastic (MP) contamination of the environment has been a topic of increasing interest by the public, policy-makers and the scientific community alike. Yet little is known about the fate of MPs in agricultural soil, like their immobilization in soil by embedding in soil aggregates. Such knowledge gaps are mainly caused by methodological challenges when it comes to the extraction and detection of MPs in organic-rich material, such as soil, which is very time-consuming.

Therefore, our work aims to develop a time-efficient method for MP identification in soil by i) optimizing the extraction of MPs from soil and soil aggregates, and ii) detection of these MPs using optical microscopy in combination with machine learning methods. Using this method, we aim to iii) elucidate the portion of MPs which are embedded in soil aggregates.

To do so we collected topsoil samples (0-10 cm) from three central field trials of the PAPILLONS project (Plastic in Agricultural Production: Impacts, Lifecycles and LONG-term Sustainability), located in Finland, Germany and SPAIN. In these field trials with identical design, small MP items, inducing LD-PE and PBAT, were applied to soil. Analyzing these samples using our optimized extraction protocol and the trained machine learning algorithm, we will be able to determine how many MPs are embedded in soil aggregates and how this might be influenced by different climatic conditions.

Ist Mangan ein wichtiger Regulator beim Blattstreuabbau und eine Wirkungsvariable in der Beurteilung des CO₂-Minderungspotenzials von deutschen Waldböden?

Katharina Huesmann¹; Tim Mansfeldt¹; Martin Greve²; Stefanie Staß¹

¹ Universität zu Köln; ² Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz

Die organische Auflage von Waldböden spielt eine wichtige Rolle im Kohlenstoffkreislauf von Wäldern. Die Bilanz zwischen Streueintrag und Streuabbau entscheidet über die Kohlen-stoffspeicherung in der organischen Auflage. Somit übt das Ausmaß des Blattstreuabbaus eine zentrale Rolle im CO₂-Minderungspotenzial von Waldökosystemen aus. Insbesondere Mangan (Mn) könnte den Streuabbau im lignindominierten (späten) Stadium beschleunigen. Korrelationen zwischen der Mn-Konzentration und der Zerfallsrate der Streu wurden bereits bestätigt und durch die Rolle von Mn beim Ligninabbau als Cofaktor des Enzyms Manganper-oxidase erklärt. Ausgehend von den neuen Erkenntnissen möchten wir mit diesem Projekt klären, ob die Mangangehalte in der Blattstreu und deren Entwicklung im Laufe der Zerset-zung eine wichtige Wirkungsvariable für die Rate des Humusaufbaus und der Kohlen-stoffspeicherung in deutschen Wäldern darstellen. Um dieses Ziel zu erreichen, werden Streuabbauversuche mit Blatt- und Nadelstreu von fünf verschiedenen Baumarten (Buche, Eiche, Fichte, Kiefer, Douglasie), die zum Teil mit Mn angereichert wurden, mit der Netzbeutel-methode („litterbags“) über einen Zeitraum von 42 Monaten an 18 repräsentativen Wald-standorten in sechs Bundesländern in situ durchgeführt. Die Standorte unterscheiden sich im Bewuchs und den unterschiedlichen Standortfaktoren, speziell der Manganversorgung und der zurückliegenden Bodenschutzkalkung mit karbonatischem Material. Um den Einfluss der abio-tischen Standortfaktoren herauszuarbeiten, wurde auf allen Standorten zusätzlich Rooibostee ausgebracht und inkubiert. Die bisherigen Ergebnisse belegen einen kontinuierlichen Streu-abbau innerhalb der ersten 6 Monate. Die Streuproben haben im ersten halben Jahr durch-schnittlich 17,1 % an Masse verloren, die Rooibostee-Proben 32,3 %, wobei es jeweils große Unterschiede zwischen den Standorten gibt. Ein Einfluss der Mangan-Zugabe und der Kal-kung auf den Streuabbau konnte in diesem Zeitraum nicht nachgewiesen werden. Anhand der Ergebnisse sollen baumart- und standortspezifische `limit values` des Streuabbaus sowie de-ren Abhängigkeit von der Manganversorgung identifiziert werden.

Stichworte: Streuabbau, Waldökosystem, Litterbag, Mangan-Peroxidase, Lignin

Harvest residues: the forgotten term in the carbon balance of croplands

Joachim Ingwersen

University of Hohenheim

Over the past two decades, huge efforts have been spent to quantify to which extent and under which conditions croplands are sources or sinks for carbon. For this purpose, the net biome productivity (NBP), which is defined as the net carbon stock change of the entire ecosystem, is typically quantified from net CO₂ fluxes monitored with an eddy covariance or chamber system, measured C import by organic fertilizer and C export by harvest. NBP is basically the sum of the stock change of plant carbon (DPC) and soil organic carbon (DSOC). At a cropland site the bulk of plant biomass is typically removed at harvest. Therefore, in the traditional approach it is assumed that DPC can be neglected. In that case, DSOC equals NBP. In the paper we show that this assumption is problematic, particularly if the carbon budget is determined over a single cropping period. We define a cropping period as follows: it starts one day after harvest of the pre-crop and ends at the day of harvest of the main crop. If we balance over such a period, DPC is the difference of carbon stored in harvest residues (HR) at the end of the cropping period and carbon stored in HR at the beginning of the cropping period. In our paper we extend the concept of NBP for HR, and we show that the error due to ignoring HR equals $1/N \cdot (HR-1 - HRN)$, where HR-1 are the HR of the pre-crop at the beginning of the first cropping period and HRN are the HR on site at the end of the N-th cropping period. In a case study over a maize - winter wheat - winter wheat rotation, we investigated the effect of HR on NBP and DSOC at a cropland site in Southwest Germany. While the mean NBP and DSOC over the three cropping periods were similar (1199 kg C ha⁻¹ and 1456 kg C ha⁻¹), in two of the three cropping periods the sign of NBP was the opposite than that of DSOC. What means that in these two cases the use of the traditional approach would lead to the opposite result. Over the second cropping period, for example, the traditional NBP approach indicates that the soil lost 2020 kg C ha⁻¹. Considering the HR turns the soil into a significant carbon sink (-885 kg C ha⁻¹). These findings clearly demonstrate that for croplands the quantification of HR is imperative for setting up an accurate and meaningful carbon balance, particularly if the balances are set up over single cropping periods.

Effect of microplastics on root-associated microbial communities in maize and strawberry plants

Aileen Jakobs¹; Ryan Bartnick²; Eva Lehndorff²; Tillmann Lueders¹

¹ Ecological Microbiology, Bayreuth Center of Ecology and Environmental Research (BayCEER), University of Bayreuth, Bayreuth, Germany; ² Soil Ecology, Bayreuth Center of Ecology and Environmental Research (BayCEER), University of Bayreuth, Bayreuth, Germany

Microplastics (MP) are serious contaminants of arable soils, mostly introduced by agricultural practices or unintentional dispersal. The impacts of MP on physical, chemical, and microbial processes in soils are central to derive potential consequences on crop production and still require in-depth examination. Root-associated microorganisms are essential for providing nutrients to plants and maintaining crop health. In this study, we aim to investigate the effects of different MP types on the rhizosphere microbial communities of two agriculturally relevant crops. In a controlled greenhouse pot experiment, maize (*Zea mays*) and strawberries (*Fragaria × ananassa*) were cultivated in MP-contaminated soils over a three-month period. These plants were exposed to conventional petroleum-based (low-density polyethylene, LDPE; polyethylene terephthalate, PET; polystyrene, PS) and biodegradable (poly(butylene adipate-co-terephthalate), PBAT) MP at an environmentally relevant concentration (1% w/w). At the end of the incubation period, plant growth and soil fertility parameters were determined. In our ongoing work, impacts of MP amendment on microbial community composition are elucidated by state-of-the-art 16S rRNA and ITS metabarcoding. Further, as a proxy for soil health, the activity of selected extracellular enzymes is assessed with fluorometric 4-methylumbelliferyl (MUF)-based enzyme assays to detect changes in nutrient cycling. This study will help to better understand the behavior of MP in the rhizosphere of crop plants and the potential implications for agroecosystems.

Vergleich von Elutionsverfahren für die Untersuchung von PFAS im Boden

Ute Kalbe¹; Christian Piechotta²; Nicole Bandow³

¹ Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM); ² Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung; ³ Umweltbundesamt (UBA)

Elutionsversuche sind ein grundlegendes Instrument zur Beurteilung der Grundwassergefährdung durch kontaminierte Böden über den Wirkungspfad Boden-Grundwasser. Sie können zur Bestimmung des kurz- und langfristigen Elutionsverhaltens sowie für die Ermittlung des Quellterms von kontaminierten Böden im Rahmen einer Sickerwasserprognose eingesetzt werden.

Mit den beiden genormten Verfahren – dem Säulenperkolationsverfahren DIN 19528 und dem Schüttelverfahren DIN 19529 – wurden in den letzten Jahren viele Erfahrungen auch hinsichtlich ihrer Vergleichbarkeit gesammelt. Auch gibt es auf europäischer Ebene Entwicklungen zur Untersuchung von Ersatzbaustoffen mit einer neuen Säulenversuchsnorm. Beide Verfahren befinden sich daher derzeit in Überarbeitung und werden voraussichtlich 2023 veröffentlicht. Validierungsdaten für häufig vorkommende organische Schadstoffe stehen dann für beide Verfahren zur Verfügung. Eine Validierung für die Untersuchung von PFAS steht jedoch noch aus.

Grundlage für die Risikobewertung ist ein Flüssigkeits-Feststoff-Verhältnis (L/S) von 2 L/kg (BBodSchV, EBV). Die Gleichwertigkeit der Testergebnisse beider Verfahren für dasselbe zu untersuchende Material wurde für eine Vielzahl von Schadstoffen in Böden untersucht und kann als zufriedenstellend betrachtet werden. Für PFAS gibt es in dieser Hinsicht nur wenige Untersuchungen und auch erst aus den letzten Jahren. Auf Grund der Vielzahl von PFAS-kontaminierten Standorten, ist eine Bewertung der Gleichwertigkeit der Verfahren aber von großer Bedeutung.

In dieser Studie wurde vier Böden mit zwei verschiedenen Kontaminationsquellen (komposthaltiger Papierschlamm und Feuerlöschschaum) untersucht und in Beziehung zum Feststoffgehalt sowie zu den Eigenschaften der Einzelverbindungen gesetzt. Die Vorbehandlung des Eluates vor der Analyse für Schütteltests (Flüssig/Fest-Trennung) wurde als Einflussfaktor mitberücksichtigt.

Earthworm mucus polymers affect soil-water interactions in worm casts

Marie Kaspar; Christian Buchmann; Gabriele Schaumann; Mathilde Knott

Rheinland-Pfälzische Technische Universität

As ecosystem engineers, earthworms form the macro- and microstructure of soil with their burrowing, feeding, and casting activities. Earthworm casts, as a mixed mixture of mineral particles, organic matter and intestinal mucus, have changed chemico-physical properties in contrast to bulk soil, for example a higher stability after drying. Although few previous results hint on a higher moisture content of the casts, changes of soil-water interactions and processes leading to these changes remain unclear.

The goal of our study was to determine the role of earthworm mucus in the change of soil-water interactions in cast aggregates compared to bulk soil. We hypothesize that, additionally to their gluing role, polymeric substances in the excreted mucus form an interparticle matrix and affect the water bonding properties in earthworm casts leading to a higher water content and an enhanced water holding capacity depending on their state of degradation, aging (drying/rewetting) and the soil type.

Therefore, casts of the endogeic earthworm species "*Aporrectodea tuberculata*" were collected from an agricultural loamy sand soil and a loamy soil in a laboratory experiment. We analyzed the amount and mass of mucus polymers in earthworm casts with size exclusion chromatography using refractive index detection and the chemical composition of mucus with gas chromatography-mass spectrometry, liquid chromatography using an ultraviolet detector and infrared spectroscopy. Water entrapment and pore size distribution of earthworm casts were determined by ¹H-NMR relaxometry and differential scanning microscopy. Our first results clearly indicate that the polymers in earthworm mucus contribute to improve soil-water interactions in the casts, although depending on the soil type, as sandy soil was stronger affected than loamy soil. There is still lack of knowledge about the composition and amount of the excreted earthworm mucus and how the processes related to the mucus affect the properties of earthworm casts related to the state of aging, the soil type, or the water content of the soil.

The fate of urease inhibitors in two agricultural soils

Sondra Klitzke¹; Sophia Schmalhorst²; Sandra Kühn³; Martin Kaupenjohann³

¹ Umweltbundesamt; ² Umweltbundesamt/Technische Universität Berlin; ³ Technische Universität Berlin

Urease inhibitors (UI) are organic trace substances, which are applied along with urea fertilizers to reduce NH_3 emissions from agricultural fields. Due to the recent amendment to the German fertilizer act (DüngeG) which now dictates the use of UI, increasing amounts of these substances will be applied to arable soils. So far, little is known about the fate of UI in soils and there is only few data on the leaching of UI from soil to groundwater, especially with respect to field data. Therefore, the aim of this study was to investigate how long two UI, i.e. N-(2-Nitrophenyl) phosphoric acid triamide (2-NPT) and N-(n-Butyl)thio-phosphoric triamide (NBPT) remain in the topsoil in two agricultural soils. Beforehand, a method to extract the substances from the study soils had to be developed.

On two agriculturally used fields with sandy soils, which differ in their topsoil total carbon concentration (Berge 0.96 %, Ribbeck 1.39 %) and pH (Berge 5.9, Ribbeck 7.6), 2-NPT (as urea prills) and NBPT (as a mixture with urea solution) were applied along with urea. Soil samples were taken from the topsoil (0-5 cm depth) of 4 different plots each prior to the application of the substances and 1, 3, 6, 8, 10, 12, 14 and 21 days after the application.

For substance extraction from the soils, different solvents were tested on previously spiked, field-moist soil from the study sites: i) H_2O and ii) 50 vol% acetonitrile/50 vol% H_2O for 2-NPT and NBPT, iii) 0.1 M KCl solution for NBPT only. 50 vol% acetonitrile/50 vol% H_2O (for 2-NPT) and 0.1 M KCl solution (for NBPT) showed the highest recoveries (91 ± 12 % and 76 ± 10 %, respectively) and were selected as extracting solvents. Hence, 20 ml solvent were added to 10 g field-moist soil (sieved to 2 mm) and shaken on a horizontal shaker. Samples were centrifuged and filtered prior to HPLC-MS analysis.

The concentration on day 1 after application of 2-NPT in the Berge topsoil amounted to 353 ± 151 $\mu\text{g}/\text{kg}$ and in the Ribbeck topsoil to 302 ± 148 $\mu\text{g}/\text{kg}$. NBPT was not found in any of the two soils. Whilst 2-NPT was no longer detectable in the Ribbeck topsoil after 10 days, 2-NPT decreased much slower in the Berge topsoil, reaching concentrations of 15.4 ± 15.7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ after 21 days. Results will be discussed in the context of the site-specific soil parameters.

Einfluss des Managements von Störungsflächen auf das standortsgebundene Mikroklima: Langzeit-Monitoring der Oberflächentemperatur, Bodentemperatur und Bodenfeuchte

Philipp Koal¹; Simon George¹; Lajos Blume²; Birgitta Putzenlechner²

¹ FFK Gotha, ThüringenForst; ² Georg-August-Universität Göttingen, Geographisches Institut

Die Geschwindigkeit klimabedingter Veränderungen (Wetterextreme) übersteigt das Reaktionsvermögen vieler Waldökosysteme und führte in den letzten Jahren zu großflächigen Störungen. Die Entwicklung geeigneter Wiederbewaldungsstrategien zur Wiederherstellung eines Waldklimas auf diesen Störungsflächen ist zu priorisieren, um schwerwiegende Auswirkungen auf die Bodenstruktur, den Verlust von organischer Bodensubstanz und Bodennährstoffen zu vermindern sowie Waldfunktionen zu erhalten. Durch Erfassung und langfristiges Monitoring von Veränderungen des Mikroklimas im Oberboden und Bodennähe lassen sich Rückschlüsse auf eine standortsgerechte Auswahl von geeigneten Managementoptionen der Störungsflächen ziehen.

Dazu wurden auf großflächigen Fichten-Störungsflächen Untersuchungen in drei Mittelgebirgsregionen in Thüringen durchgeführt. Es wurden vier unterschiedliche Managementvarianten (belassenes stehendes Totholz, „Hochstubben“, gemulchte und geräumte Freiflächen) mit einem vitalen Fichtenwald verglichen. Neben grundlegenden bodenchemischen und physikalischen Größen wurden die Bodenfeuchte und Bodentemperatur des Oberbodens sowie die Oberflächentemperatur über 30 Monate kontinuierlich über TDR-Logger erfasst. Zusätzlich wurden an Tagen mit extremen Wetterlagen Handmessungen und Drohnenbefliegungen im thermalen Spektralbereich durchgeführt.

Durch die Untersuchung konnten signifikante Unterschiede in der Oberflächen- und Bodentemperatur zwischen den Varianten nachgewiesen werden. Die Kahlflächen zeigten während der Vegetationszeit höhere Bodentemperaturen sowie eine höhere Variabilität auf. Das stehende Totholz vermochte die Temperatur im Mittel zu senken und insbesondere hohe Temperaturspitzen abzumildern. Die Bodenfeuchte zeigte zeitliche Veränderungen in Abhängigkeit des Zerfallszustand der Fichtenwälder. Sowohl Bodentemperatur und -feuchte wiesen auf den Schattseiten der „Hochstubben“ im Tagesverlauf ausgeglichene Werte auf, was sich positiv auf das Wachstum potenzieller Stockachselempflanzungen auswirkte. Allgemein wurde festgestellt, dass die Aggregatstabilität und Nährstoffverfügbarkeit des Bodens sich schneller verringerte je intensiver der Managementeingriff und desto stärker sich das Mikroklima vom Waldklima entfernte. Die Studie zeigt auf, dass das Mikroklima – insbesondere in Bezug auf den Boden – für nachhaltiges Waldmanagement von Störflächen mehr bedacht werden und zusätzlich einen Beitrag bei (über-)regionalen Klima-Prognosen einbringen kann.

Carbon sequestration -Illusion oder Wirklichkeit

Martin Körschens

Förderverband Humus e. V. , Goethestadt Bad Lauchstädt

Unabhängig davon, ob ein signifikanter Einfluss der CO₂- Konzentration in der Atmosphäre von 0,01 % auf die Klimaänderung hinreichend erwiesen bzw. quantifiziert ist, werden, nicht nur von Laien, mögliche C-Anreicherungen im Boden in Größenordnungen genannt, die jeder fachlichen Erkenntnis widersprechen. Nur ein Beispiel:

„Ein weltweiter Humusaufbau von nur einem Prozentpunk könnte 500 Gigatonnen CO₂ aus der Atmosphäre holen, das brächte den heutigen CO₂-Gehalt der Luft auf ein weitgehend ungefährliches Maß“ (Scheub/Schwarzer, 2018). Das sind bei 5 Mrd. ha LN weltweit 27 t Corg /ha !

Das eigentliche Problem ist, dass es keine Richtwerte für den Humusgehalt und auch keine praxisorientierte Humusforschung gibt. So galt im 20. Jahrhundert die Auffassung:„... dass man versuchen sollte, das höchstmögliche Humusniveau im Boden zu erhalten“(Sauerbeck, 1992). Heute gilt: Das Überschreiten einer oberen Grenze für den Corg - Gehalt bringt keine Ertragsvorteile und führt zu Umweltbelastungen.

Gegenwärtig dient fast alle OPS (Organische PrimärSubstanz), die nicht für Nahrung, Energie, Rohstoff u. a. benötigt wird, bei Eignung und Schadstofffreiheit dem Humusersatz. Carbon sequestration erfordert also zusätzlich gewachsene Pflanzenbiomasse, d. h. drastische Ertragserhöhungen.

Verzicht auf Mineraldüngung (Öko) halbiert die Erträge und reduziert die „Humusbildung“.

Die Vorstellungen, mit Terra Preta das Humusproblem zu lösen, haben sich als völlig unreal erwiesen (s. www.agrafakten.de).

Es ist hinreichend erforscht, dass weniger als 10 % der OPS im Boden akkumuliert werden (Einige Autoren rechnen mit nur 5 % !).

Die 4-Promille Initiative zielt auf „ additional 1.2 billion tonnes of carbon every year“.

Selbst wenn man diese 1,2 Milliarden nicht nur auf 1,4 Mrd. Ackerland, sondern auf nahezu 50 % der weltweit ausgewiesenen LN ansetzt, was praktisch ausgeschlossen werden kann, so wären jährlich rd. 500 kg/ha Corg zu akkumulieren. Bei 10 % Akkumulation und 40 % C in der Pflanzentrockenmasse entspricht dies einer Ertragserhöhung von 12,5 t/ha TM jährlich!

Theoretisch ist diese Zielstellung (vorübergehend) erreichbar, wenn man auf die Ernährung von 8 Mrd. Menschen verzichtet. Ein Nach

Synthese und Charakterisierung von Polystyrol-Nanopartikeln mit Silber-Nanopartikel-Kern für die Untersuchung des Verbleibs von Nanoplastik im Boden

Jan Köser; Martin Hoppe; Georg Scheeder

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

In den letzten Jahren hat sich die Forschung zum Vorkommen und den Effekten von Plastik in der Umwelt verstärkt. Im Boden ist aufgrund eines hohen organischen Hintergrunds die erforderliche Analytik zu diesem Thema mit vielen Schwierigkeiten verbunden. Um die Mobilität von Nanoplastik im Boden abzuschätzen, müssen daher Modellpartikel eingesetzt werden. Die Analytik dieser Partikel im Boden und Porenwasser wird durch eine Dotierung mit Metallen vereinfacht. Hierfür eignen sich im Boden selten vorkommende Elemente wie Palladium (Pd) oder Silber (Ag). Wir folgten Mitrano et al.(1) und synthetisierten Polystyrol-Partikel (PS-P) im Größenbereich bis 300 nm mit Ag-Nanopartikel-Kern als Tracer. Die Synthese nutzt das gründlich charakterisierte Referenz-Ag-Nanomaterial NM-300K(2) als Ausgangsstoff. Braconnot et al.(3) folgend wurde das NM-300K mit Polystyrol beschichtet, um die Freisetzung von Ag zu verhindern und zudem sicherzustellen, dass die Oberflächeneigenschaften dem Grundstoff Polystyrol entsprechen. Dies ist zwingend notwendig, um Mobilität und Wirkung von PS-P in der Umwelt zu untersuchen. Für die Synthese vermeiden wir alle unnötigen Komponenten, die bei den Untersuchungen des Verbleibs im Boden stören könnten. Es wurden daher ausschließlich NM-300K, gereinigtes Styrol und Divinylbenzol, sowie K₂S₂O₈ verwendet, um Effekte durch Additive, Stabilisatoren oder Reste von Reduktionsmitteln auszuschließen. Die Ag-dotierten PS-Partikel wurden dialysiert und anschließend charakterisiert (DLS & ELS), sowie elektronenmikroskopisch untersucht (REM & EDX). Der Ag-Gehalt der Partikel, sowie die Freisetzung von Ag wurden mit ICP-OES und ICP-MS nach Königswasser-Aufschluss bestimmt. Als zusätzliche Methode zur Bestimmung des Polystyrol-Gehalts wurde Pyro-GC-MS eingesetzt. Das Ag-Nanomaterial (Durchmesser 15 nm) wurde erfolgreich mit einer symmetrischen Polystyrol-Schicht mit ca. 120 nm Dicke beschichtet. Die Partikel zeigen eine ausgezeichnete kolloidale Stabilität mit einem Zetapotential von -40 mV und einem stabilen

hydrodynamischen Durchmesser von 260 nm. Bei leicht sauren Bedingungen (pH 4.8) wurde eine nur sehr geringe Freisetzung von Ag beobachtet. Dies lässt auf eine gute Anwendbarkeit der synthetisierten Ag-dotierten PS-Partikel für Untersuchungen des Verbleibs in der Umwelt schließen.

(1) Mitrano et al. 2019, Nature Nanotechnology 14, 362.

(2) Köser et al. 2017, Environ. Sci.: Nano 4, 1470.

(3) Braconnot et al. 2013, Colloid. Polym. Sci. 291, 193.

Visualization of the transport of fluorescent microplastics in soil columns

Hannes Laermanns; Markus Rolf MSc.; Kleine Cosima BSc.; Henri Ketges BSc.; Christina Bogner

Universität zu Köln

Microplastic particles are ubiquitous in soils, and can be found from the topsoil down to the subsoil. However, their vertical transport and distribution patterns are not fully understood. In particular, precipitation intensity, preferential flow and bioturbation are considered to play an important role for their vertical translocation. Time-consuming microplastic analyses and the lack of standard protocols to quantify microplastic particles are current challenges to the community, especially when working with environmental samples.

To gain a better understanding of the vertical translocation via leaching, we irrigated soil columns in a laboratory experiment. In the upper 2 cm of the column, fluorescent microplastics were added. After the irrigation experiment, the soil columns were frozen and subsequently cut in 2 cm slices. After preparing an unaffected surface of each soil slice, we took picture under UV-lights with different filters and wavelengths. Subsequently, we processed these images with the MP-VAT software for microplastic detection to analyse the vertical transport of the MP particles through the soil column. This approach was applied to columns with different soils and sediments, polymers and irrigation rates to test the reliability of the method and decipher the transport mechanisms. Due to possible autofluorescence of soil organic matter, which complicates the detection of fluorescent microplastic particles, the approach proved most accurate with disturbed soils with low organic contents.

Quaternary Ammonium Disinfectants in Suspended Particulate Matter of German Rivers – a Potential Contamination Source of Alluvial Soils?

Sophie Lennartz¹; Bernd Göckener²; Jan Koschorreck³; Jan Siemens¹; Ines Mulder¹

¹ Justus-Liebig University Giessen; ² Fraunhofer Institute for Molecular Biology and Applied Ecology IME; ³ German Environment Agency (UBA)

Quaternary ammonium compounds (QACs) comprise a heterogeneous group of cationic and surface-active disinfectants. Their wide-spread occurrence in the environment is concerning as QACs cause ecotoxicological effects and show potential to induce resistance adaptations in microorganisms, including co- or cross-resistance against therapeutic antibiotics. A recent screening study of Hessian soils found very high QAC concentrations in alluvial soils (Σ QACs up to 5.5 mg/kg), which raises questions about the potential entry routes. As QACs enter the environment mainly via sewage treatment plants or industrial discharge and have a strong tendency to adsorb to negatively charged surfaces, they may be present at high concentrations in suspended particulate matter (SPM) of rivers. The aims of this study were therefore the following: Firstly, to investigate spatiotemporal trends in QAC concentrations in SPM of German rivers potentially affected by wastewater content, seasonal variation and the unprecedented high-emission scenario during the SARS-CoV-2-pandemic. Secondly, to determine if deposition of QACs via SPM may be a contamination source of alluvial soils.

To this end, SPM samples from the rivers Mulde, Saar and Rhine collected by the German Environmental Specimen Bank were analyzed for QAC residues. The sampling set included pooled annual samples from 2006, 2013, 2016–2021 and monthly samples from 2019–2021. Combining an established shaking-ultrasonic extraction method with a targeted multi-residue HPLC-MS/MS analysis, 22 different QACs could be quantified including alkyltrimethyl, benzylalkyl and dialkyldimethyl ammonium compounds of different chain lengths.

QACs were found in all annual samples with total concentrations ranging from 0.5–17 mg/kg. Surprisingly, the pandemic only had a small effect on the concentrations. More evident were spatial differences between the rivers: The highest concentrations were observed in SPM from the Saar (~11–17 mg/kg) and the lowest in SPM from the Mulde (~0.5–0.7 mg/kg). This may be attributable to differences in the proportion of wastewater – both of municipal and industrial origin – in the different rivers and potentially to the number of stormwater overflow events in the river basins. The current findings highlight SPM as important vectors of QAC transport and deposition into alluvial soils.

Changes in SOC storage under wet and dry conditions following permafrost thaw in Interior Alaska

Patrick Liebmann¹; Cordula Vogel²; Jiri Barta³; Tim Urich⁴; Ole Mewes¹; Alexander Kholodov⁵; Georg Guggenberger¹

¹ Leibniz Universität Hannover, Institute of Soil Science; ² Technische Universität Dresden, Institute of Soil Science and Site Ecology; ³ University of South Bohemia, Department of Ecosystem Biology; ⁴ Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Institute

Permafrost (PF) soils in the northern hemisphere are known to harbor large amounts of soil organic matter (SOM) within their frozen layers. Global climate warming endanger this stable soil organic carbon (SOC) pool by triggering PF thaw, deepening the active layer and soil development. But depending e.g. on ice content or drainage, conditions in the degraded PF can range from water-saturated/anoxic to dry/oxic, with concomitant shifts in SOM stabilizing mechanisms. Based on that the lingering questions are how much SOC is lost during PF degradation and does preferential SOC stabilization evolve under either wet or dry conditions? Our field study in the vicinity of Fairbanks, Alaska, covered 3 research sites, an intact PF site and both degradation extremes, a wet and a dry scenario. Soil OC storage was assessed for soil profiles down to 100 cm and additionally for SOC stabilization by sequential aggregate and density fractionation of defined top- and subsoils. C measurements of all fractions were complemented by analysis of pedogenic minerals. The findings revealed a 75 % smaller OC storage in the upper 100 cm of degraded PF soils as compared to the intact one, while differences between wet and dry degradation were minor. Soil fractionation highlighted that PF thaw promoted macroaggregate formation, amplified by incorporation of particulate organic matter (POM) in the topsoil of both degradation scenarios. Remarkably, no C-losses were detected in the topsoil of the dry scenario compared to the intact PF and even a slight C increase in the wet scenario topsoil. While topsoils benefitted from the PF retreat, subsoils experienced major C losses in all fractions of both degradation scenarios compared to the intact PF. Considering that subsoils are covering several times the thickness of topsoils, our results support the current understanding that PF thaw is accompanied by substantial SOC losses. However, our data provide evidence that parts of the soil profile may benefit from the progressing soil development and that soil depth- and degradation scenario-oriented investigations of arctic permafrost thaw will help to assess future changes in this sensitive ecosystem.

Feuchthumusformen und Bodenvegetation in Waldökosystemen im Münsterland

Britta Linnemann; Lea Santora; Jens Wöllecke; Tina Frank; Gabriele Broll; Max Fornfeist; Michael Elmer

Das Projekt „BioFeuchtHumus“ hat die Klassifizierung von Feuchthumusformen zum Ziel. Diese sind in der bisherigen Humusformen-Klassifikation zwar vorhanden, aber nicht detailliert genug ausgearbeitet, um sie als Indikator zur Zustandsbewertung von Feuchtwäldern heranzuziehen. Mit der Erforschung der Indikatorfunktion von Humusformen soll dieses Projekt einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung neuer Monitoringverfahren für die Bewertung der bodenökologischen Eigenschaften feuchter bis wechselfeuchter Wälder leisten.

Die Entwicklung der Humusformen steht dabei in direktem Zusammenhang mit der Vegetation der Krautschicht, da deren Abbauprodukte über ihre chemische Zusammensetzung die Humifizierungsprozesse beeinflussen können. Zudem kommt der Vegetation eine Indikatorfunktion zu, u. a. über die Feuchte, die Acidität oder den Nährstoffgehalt im Boden. Bednorz et al. (2000), Anschlag et al. (2017) und Hellwig et al. (2019) konnten bereits zeigen, dass die Variabilität von Humusformen auf lokaler Ebene auf Unterschiede im Mikorelief und in der Vegetation zurückführbar ist. Die Korrelierung der im Projekt erhobenen Bodenparameter (insbesondere Bodenfeuchte und Humusform) mit den an gleicher Stelle erfassten Vegetationsdaten soll Aufschlüsse darüber geben, welche Zusammenhänge im Detail zwischen Feuchthumusform und Vegetation bestehen und inwieweit sich aus der Vegetation Aussagen über die Humusform ableiten lassen. Alle Untersuchungen finden in zwei, durch höhere Bodenfeuchte geprägte Waldgebiete im Münsterland statt. Die Vegetation wird sowohl auf 56 Standorten, auf denen neben der Kartierung der Humusform auch bodenbiologische Analysen durchgeführt werden, als auch auf acht Intensivstandorten, die zusätzlich mit Sonden zur Erfassung der Bodenfeuchte und -temperatur versehen sind, erfasst. Die Vegetationskartierung erfolgt in Anlehnung an Braun-Blanquet, jedoch wurde die Aufnahmefläche aufgrund der kleinräumigen Variabilität der Humusformen auf 25 m² (5x5 m) reduziert.

Die Ergebnisse könnten zur Vereinfachung eines großflächigen (Boden-) Monitorings von Feuchtwäldern beitragen, da der zeitliche Aufwand einer Vegetationserfassung geringer ist als der einer Humusformkartierung, insbesondere in Hinblick auf die Anwendbarkeit für in der Forstpraxis tätige Personen.

Anschlag, K., Tatti, D., Hellwig, N., Sartori, G., Gobat, J.-M., Broll, G. (2017): Vegetation-based bioindication of humus forms in coniferous mountain forests. *Journal of Mountain Science* 14(4), 662-673.

Using fluorescence lifetime imaging to disentangle microbes from the heterogeneous soil matrix

Sebastian Loeppmann¹; Jan Tegtmeier¹; Yijie Shi¹; Alberto Andrino de la Fuente²; Jens Boy²; Georg Guggenberger²; Andreas Fulterer³; Martin Fritsch³; Sandra Spielvogel¹

¹ CAU Kiel; ² Leibnitz University Hannover; ³ Leica Microsystems

Microbial communities are involved in most biogeochemical processes creating hotspots for nutrient cycling in soil and sediments. The spatial visualization of such soil hotspots via microscopic techniques is still challenging due to the intrinsic fluorescence and opacity of the soil. One possibility to differentiate microbial cells from the heterogeneous soil matrix is a fluorescence lifetime-based technique (FLIM) with subsequent phasor plot separation. It separates and visualizes the distinctly different photon arrival times of all photons per pixel and delivers additional independent information behind intensity-based image processing and image analysis. Intensity-based image processing is often hampered by e.g. autofluorescence, resolution issues, and photobleaching artefacts caused by the prevailing minerals and organic substances. FLIM with subsequent phasor plot separation technique allows to overcome such artefacts for an improved visualization of microorganisms in the heterogeneous soil matrix. We determined characteristic fluorescence lifetime profiles of BacLight™ Green for *Rhodotorula mucilaginosa* and *Bacillus subtilis* in phosphate-buffered saline (PBS) solution, water as well as in natural, autoclaved, glucose-activated soil, and soil mineral particles by FLIM measurements via confocal laser scanning fluorescence microscopy. *Rhodotorula mucilaginosa* and *Bacillus subtilis* from pure cultures measured in water and PBS accounted for a fluorescence lifetime of 1.20 (± 0.2) ns and 1.3 (± 0.1) ns respectively. The lifetime profile within the cells was rather homogeneous for both microbial species tested, suggesting stable photon arrival times for microbial strains with minor effects of matrix components as tested in PBS and water. We identified a clear difference in fluorescence lifetime profiles between microorganisms (around 1 ns) and the surrounding soil matrix (0.2 to 0.7 ns, > 3.6 ns) via phasor plot separation. The latter may reflect the different phases of the soil matrix. The results presented raise the feasibility to extend the applicability of FLIM to other soils and their accompanying microbiota.

Die Lauchstädter Dauerversuche - Vorstellung der Experimente und Einladung zur Nutzung

Ines Merbach

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ

Dauerversuche sind unerlässlich für Untersuchungen zur Kohlenstoff- und Stickstoffdynamik im Boden. Die Veränderungen der Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte verlaufen sehr langsam und sind aufgrund starker Schwankungen durch die große räumliche und zeitliche Variabilität der Merkmale sowie durch unterschiedliche Labors und Methoden nur über lange Zeiträume nachweisbar.

In der Versuchsstation Bad Lauchstädt befinden sich Dauerversuche, die zwischen 1902 und 1988 angelegt wurden, also zwischen 34 und 121 Jahre alt sind:

Durch langjährige gleichbleibende organisch-mineralische Düngung und/oder Bewirtschaftung haben sich in diesen Versuchen extreme Kohlenstoffgehalte eingestellt: im Statischen Düngungsversuch V120 (angelegt 1902 von Schneidewind und Gröbler) variieren sie zwischen 1,46 und 2,58 % Ct, im Erweiterten Statischen Düngungsversuch V120a (verändert 1978 durch Körschens) zwischen 1,56 und 2,48 % Ct, im Stallungsteigerungsversuch V494 (angelegt 1983 durch Körschens) zwischen 1,71 und 5,92 % Ct. Im Bracheversuch V505a (angelegt 1988 durch Merbach) betragen die Kohlenstoffgehalte ohne jegliche Düngung 1,56 % Ct auf der mechanischen Brache, 1,60 % Ct auf der Herbizidbrache, 1,50 % Ct auf der kombinierten mechanischen Herbizidbrache und 2,84 % Ct auf der Selbstbegrünungsbrache. Wir verfügen also in diesen Lauchstädter Dauerversuchen über Böden mit Kohlenstoffgehalten zwischen 1,46 und 5,92 % Ct, die sich entweder nicht mehr verändern, zunehmen oder abnehmen, mit oder ohne Pflanzenbestand. Damit sind ideale Bedingungen gegeben, um Prozesse der Kohlenstoff- und Stickstoffdynamik im System Boden-Pflanze-Atmosphäre-Wasser zu untersuchen und zu modellieren.

Darüber hinaus haben sich entsprechend den Ct-Gehalten auch die Nt-Gehalte im Boden verändert (0,11-0,23 % Nt). Durch die unterschiedlichen Düngungsvarianten weisen auch die Gehalte an P und K sowie die pH-Werte extreme Spannweiten auf. Hier haben sich über viele Jahrzehnte auf einer Fläche von 4 ha Zustände im Boden manifestiert, die weltweit einmalig sind. Dadurch erlangen die Versuche eine weit über die Agrarforschung hinausgehende Bedeutung für die Grundlagenforschung, die Kalibrierung wissenschaftlicher Großgeräte und die Untersuchung völlig neuer Fragestellungen.

Für den Erhalt der Dauerversuche ist es unerlässlich, dass wir sie gemeinsam intensiv nutzen.

Einfluss von Trockenheit und Borkenkäferbefall auf die Lösungsdynamik von C und N in Fichtenbeständen auf Buntsandstein in Thüringen

Kerstin Nätke; Karin Potthast; Alexander Tischer; Beate Michalzik

Friedrich-Schiller-Universität Jena

Wiederkehrende Trockenphasen können zu Trockenstress in Waldökosystemen führen, wie besonders die letzten Jahre seit 2018 gezeigt haben. Gestresste Fichtenbestände, v.a. Reinbestände in Höhenlagen unterhalb 800 m ü NN, sind anfälliger für den Befall durch Borkenkäfer und sind folglich Schwerpunkt des Störungsgeschehens. Im Zuge des Befalls kommt es durch den Nadelverlust zu Veränderungen in der Kronenstruktur und zu einem erhöhten Eintrag an organischer Substanz (OS), der sich auch auf die wasserbezogenen Elementflüsse auswirkt. So führte die extreme Trockenheit 2018/19 auf Fichtenstandorten über lössführendem Muschelkalk im Hainich zu jährlichen Austrägen von 119 kg N ha⁻¹.

Weitere aktuelle Untersuchungen zur Stoffdynamik im Rahmen des DFG-Sonderforschungsbereichs „AquaDiva“ zeigten für 2022 in einem Fichtenreinbestand auf mittleren Buntsandstein im Saale-Holzland-Kreis ähnliche Effekte. Das biogeochemische Monitoring umfasst wie auf den Muschelkalkflächen im Hainich die Bestimmung der 14-tägigen gelösten Stoffflüsse (u.a. DOC und DN) mit dem Freiland- und Bestandesniederschlag, Stammabfluss, und den Bodenlösungen unterhalb der organischen Auflage und in 30 cm Bodentiefe. Zusätzlich wurde der Streufall alle ein bis zwei Wochen beprobt.

Nach der Trockenheit mit Borkenkäferbefall stiegen die DN-Flüsse in den Bodenlösungen unterhalb der organischen Auflage und in 30 cm Bodentiefe signifikant an. Der 2-fach höhere Eintrag grüner Nadelstreu stellte eine zusätzliche N-Quelle dar, v.a. in diesen N-ärmeren und versauerungsempfindlichen Standorten. Mit dem Einsetzen des Niederschlags wurde vermutlich ein Großteil des Stickstoffs aus der Nadelstreu ausgewaschen und in die Bodenlösungen unterhalb der organischen Auflage und in 30 cm Bodentiefe verlagert. Die elektrische Leitfähigkeit zeigte ebenfalls eine starke Zunahme, und die DOC und DN Flüsse sind entkoppelt. Diese Befunde deuten darauf hin, dass im Wesentlichen anorganischer N (Nitrat) verlagert worden ist. Diese Muster heben sich deutlich von einem noch intakten Fichtenbestand im gleichen Untersuchungsgebiet ab. Die DN Flüsse im Bestandesniederschlag und Stammabfluss zeigten dagegen keine signifikanten Unterschiede.

Im Vergleich zu den Muschelkalk-dominierten und basischen Fichtenstandorten im Hainich konnte gezeigt werden, dass die DN Flüsse unter Fichte auf Buntsandstein nach solch einer Störung auf ähnlich hohem Niveau liegen. Konsequenzen für den Stoffhaushalt der Ökosysteme werden im Beitrag diskutiert.

Development of a Weighing Forest Floor Grid-Lysimeter with Continuous Measurement of DOC

Heinke Paulsen; Markus Weiler

Universität Freiburg, Professur für Hydrologie

The Forest Floor (FF) is hydrologically highly relevant but remains only partly explored. Especially in the O-Layer water repellency can be strong and seasonal highly variable. This variability influences infiltration patterns and may enhance bypass flow. Additionally, the leaching of dissolved organic matter (DOM) from the FF is essential to quantify its carbon balance. Since direct observations of water and DOM fluxes are missing, we developed a weighing Forest Floor Grid-Lysimeter (FFGM) with continuous measurement of dissolved organic carbon (DOC) to study the spatial and temporal patterns of water fluxes and link them to the variability of DOC fluxes.

We built a lysimeter pan from stainless steel with four separate grids and individual drains. The pan is filled with the O-Layer of the FF and some centimeters of the upper mineral topsoil. Four load cells are mounted at the corners of the pan below the lysimeter. A steel frame holds the load cells and the measurement units (MU) under each of the four drains including a tipping bucket. The MU consists of a 3D-printed cuvette with two mountings for the light emitting LED and one for the optical fiber connected to a spectrometer. They are placed at a 90-degree angle, to allow for fluorescence spectroscopy. The used spectrometer is a Micro-Spectrometer C12880MA from Hamamatsu Photonics. The tipping buckets are made of 3D-printed parts, reed switches, and magnets. An Arduino microcontroller controls the system and allows for the data processing.

We tested the Lysimeter in the lab and in the field under a beech forest. With this setup, we examined a continuous measurement of water storage variation and discharge from the FF with an accuracy of 0.1 mm and a temporal resolution of 5 minutes. The effective range for the DOC measurement is between 0 and 100 mg C/l.

We could show that our FFGM allows for detailed quantification of water fluxes of the Forest Floor as well as DOC fluxes with a high resolution in a low-cost setup.

Effect of Erosion State on Carbon Allocation by a Crop Soil SOC Continuum – An integrated and experimental assessment of C pools

Ayten Pehlivan; Julian Ruggaber; Rainer Remus; Juergen Augustin; Steffen Kolb

Leibniz Center for Agricultural Landscape Research (ZALF)

Dynamic replacement is a crucial mechanism associated with soil erosion which results in the changes in the cropland C dynamics, especially the CO₂ source or sink function. Soil erosion results in the removal of C and nutrient rich topsoil horizon leading to a thinned topsoil. In croplands, when this soil is ploughed as part of agricultural practices, subsoil such as Bt horizon, containing unsaturated clay is brought to the surface and is mixed with the topsoil. Consequently, the nutrients in the resulting mixture are diluted and the plants growing in these nutrient limited conditions should have a higher root biomass in order to access sufficient amount of nutrients (H1). In addition, unsaturated clay should also have an effect in the dynamic replacement where we hypothesise that, with increasing amount of clay, we expect more root derived C in a fraction of the soil, which protects C and potentially, acts as a CO₂ sink (H2).

We conducted a pot experiment with three admixture levels by mixing 24% Bt, 12% Bt and 0% Bt (control) into Ap soil material. The investigated soil was sampled from the Ap and Bt horizon of a Nudiargic Luvisol located on the slope position of the CarboZALF-D site in Dedelow, Germany. Spring rapeseed plants (*Brassica napus* L.) were grown in pots under controlled conditions in climate chambers. The plants were pulse-labelled with ¹⁴CO₂ at the growth stage, stem elongation. The distribution of assimilated ¹⁴C content was determined in different C pools of the plant-soil-atmosphere-continuum after 21 days, i.e. shoot, root, belowground respiration, dissolved organic carbon (DOC), sand and fine soil.

With increasing admixture of Bt materials into Ap soil, the amount of nutrients and C in the soil, such as phosphorous (P) and potassium (K) decreased and the plants grown in the soil with the highest admixture level had the highest root biomass in response to this effect. With increasing admixture level, the transferred amount of fresh, plant derived C into the bulk soil and the fine soil was more intense.

Our results suggest that root growth and the formation of a temporary C sink depends on the share of Bt admixture into Ap soil. However, to fully understand the quantitative effect of the impact of erosion on the C allocation in the plant-soil-continuum, data from the relative distribution of ¹⁴C as well as absolute C contents of further growth stages are required.

Chemical soil properties after forest fires at two sites in Brandenburg, Germany

Katharina Pötter Krouse; Jens Hannemann

Landesbetrieb Forst Brandenburg

In 2022, 507 forest fires burnt a total area of 1.411 ha in the state of Brandenburg. There were seven larger fires ranging from 30 to 422 ha. Warmer and drier summers will increase the risk of forest fires in Brandenburg and all over Germany. Despite this challenge, there is a lack of expertise for dealing with this risk in the forestry and hazard control community. The research collaboration ErWiN (Enhancement of the ecological, silvicultural and technical expertise concerning forest fires) aims to produce an important foundation for a knowledge-based handling of forest fires in the areas of silviculture and firefighting. The work package presented here has the goal of analyzing forest fire induced changes in soil characteristics.

The research site in Treuenbrietzen (large forest fire of 334 ha in August 2018) was set up in 2021 along the burn severity gradient starting from the most severely burnt area and ending at the unharmed forest stand (control). The second site in Groß Eichholz (very small forest fire of 0,25 ha in May 2022) was set up immediately after the fire with three plots in the burnt area and one control plot in the unburnt forest. At regular intervals, soil and soil solution samples are collected from both research sites in order to quantify the changing soil properties. In addition, data monitoring includes the soil temperature, soil moisture and meteorology.

Numerous research efforts from different countries indicate that forest fires can have long-lasting effects on the chemical properties of soils. The preliminary results from Treuenbrietzen are in accordance with this observation but data from Groß Eichholz is not available yet. However, the prospect of capturing the soil dynamics directly after a forest fire can be expected at this site. Nevertheless, it is impossible to know whether the current soil state is a result of the forest fire because soil data from before the fire is not available. This raises the question of whether controlled burns of different severities are more adequate alternatives for understanding how soils change after a forest fire.

Biodegradable microplastic increases CO₂ emission and alters microbial biomass and bacterial community composition in different soil types

Adina Rauscher; Nele Meyer; Aileen Jakobs; Ryan Bartnick; Tillmann Lüders; Eva Lehndorff

University of Bayreuth

Plastic input to the terrestrial environment is of global concern and the still increasing production and release worldwide reinforces this problem. It has been shown that microplastics (MPs) can affect soil structure and soil organisms, possibly leading to an increase in soil carbon turnover, microbial activity and resulting CO₂ emissions. Yet, the response of soil CO₂ emissions to various types, quantities, and sizes of microplastic is not well understood. The aim of this work was to investigate the effect of conventional and biodegradable microplastics on soil microbial biomass, bacterial community composition and CO₂ development. Two types of plastics, LDPE (low-density polyethylene) and PBAT (polybutylene adipate-co-terephthalate), at low (0.1 %) and high (1 %) concentrations and in three different size ranges (50–200 µm, 200–500 µm, and 0.63–1.2 mm) were amended to a sandy loam and a loamy soil and CO₂ emissions were measured over four weeks. Afterwards, microbial biomass and growth were estimated, and prokaryotic community shifts were inferred by amplicon sequencing. No effect of LDPE on soil CO₂ emissions could be detected, but higher CO₂ emissions (13–57 %), microbial biomass (1–7 %), and a shift in community composition was induced by addition of the biodegradable PBAT when added at high concentration. Soil CO₂ emissions were 10–13 % greater when small PBAT particles were added compared to large ones. PBAT addition at low concentration had no significant effect independent of its size. Overall, the effect of PBAT addition on soil CO₂ emissions was larger in sandy loam than in loam. Several bacterial lineages known to degrade polyesters and other biodegradable MPs, such as members of the Caulobacteraceae and Comamonadaceae were found enriched after PBAT amendment, but effects were soil specific. We conclude that direct impacts of plastic on soil properties are not the main reason for increased soil CO₂ emissions, but rather relate to the different recalcitrance of polymer types. Soils contaminated with biodegradable plastic may emit larger amounts of CO₂, which needs to be considered in predictions of global impacts of plastic pollution and its mitigation.

Addition of fermented plant extracts increases rhizosheath mass of *Sinapis alba* in sandy but not in loamy soils

Hannah Sachße; Frederick Büks; Martin Kaupenjohann

TU Berlin, Inst. f. Ökologie

The soil microbiome plays an important role in the formation of soil structure, nutrient cycling and root-soil interaction. Fermented plant extracts are frequently used in regenerative agriculture to act as a booster for microbial activity in the soil. In this study, we hypothesize that the amendment of soils with fermented plant extracts increases the soil microbial activity and biomass leading to promoted association of roots with soil aggregates and increased number of water stable aggregates.

In a two-week pot experiment with *Sinapis alba*, five treatments, (1) fresh (2) autoclaved and (3) sterile filtered plant ferment, (4) glucose and (5) distilled water were tested against each other in a sandy and a loamy soil (n=20). In addition, soil respiration, microbial C and percentage of water stable aggregates were measured in samples that received the same five treatments (n=5). Our results show that all fermented plant extracts improved rhizosheath formation compared to the control treatments in the sandy soil. The loamy soil showed no difference between the treatments. Respiration and microbial biomass increased with the fermentation treatment in sand, while they remained unchanged in loam. In conclusion, the boosting effect on soil structure and root-soil association was shown for a soil with low aggregate stability, but further research is needed to fully understand the mechanisms behind these effects.

Effect of biochar, compost and co-composted biochar on the leaching of nutrients and heavy metals as well as on biomass yield – a lysimeter study

René Schatten; Robert Wagner; Dmitri Drabkin; Konstantin Terytze

Freie Universität Berlin, FB Geowissenschaften, AG Geoökologie

To investigate the effect of biochar (BC), compost and co-composted BC on water retention and the retention potential of nutrients and heavy metals in soils under field conditions, a lysimeter study was set up in the spring of 2019 at the Zoological Garden Berlin-Friedrichsfelde. The objective of this study was to determine the effects of BC on leachate amount and discharge of nutrients, heavy metals and carbon as well as on biomass yield.

Of the 1 m³ volume lysimeters, the upper 30 cm were filled with 5 different variants à 3 replicates: soil (control); soil+compost; soil+BC; soil+compost+BC; soil+co-composted BC. The soil is sandy, low in humus and nutrients with typical urban construction residues. The composts with/without BC were obtained from the Botanic Garden Berlin, as well as BC produced from woody biomass by carbonization. The lysimeters were planted with a turf standard mix (RSM 2.3; seed rate: 25 g/m²). The leachate was sampled continuously in response to precipitation events. Sampling of the soil layer as well as the biomass was done at least twice a year and is still ongoing.

Regarding soil parameters, the application of biochar as well as compost led to a significant decrease in bulk density, increase in WHC, pH and electrical conductivity. Furthermore, as expected, the organic matter and the total C and N content increased significantly.

The application of compost and BC, ideally co-composted BC, significantly reduced leachate amounts by 66-83% compared to the control without amendments. This retained water was made available to the plants which resulted in higher biomass yields. The reduced leachate amounts led to reduced loads of leachable nutrients and heavy metals. For example, without BC almost all nitrate (55-94 %) was rapidly leached out (without being available to plants!). With co-composted BC only 5-18 % was lost with the leachate. Comparable results can also be observed for calcium, copper, potassium, magnesium, sodium, zinc, chloride and sulfate.

Hence, the application of carbon-rich and stable BC leads to a significant increase in water retention and biomass yield as well as to a reduction in leachate amounts and, consequently, to a reduced discharge of nutrients, heavy metals and carbon. In addition to numerous effects regarding the improvement of soil and substrate quality, an important contribution to the reduction of demand for water and fertilizers as well as to the protection of groundwater can be achieved.

Nutrient availability in the forest floor-mineral soil continuum along temperature and phosphorus gradients in European beech forests

Lexie Schilling¹; Nicolas Philippy¹; Gilles Kayser¹; Lars Vesterdal²; Jörg Prietzel³; Helmer Schack-Kirchner¹; Friederike Lang¹

¹ Chair of Soil Ecology, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Freiburg; ² Department of Geosciences and Natural Resource Management, University of Copenhagen, Copenhagen; ³ Chair of Soil Science, Technische Universität München, Freising

Slow turnover of the forest floor (FF) is often assumed to be related to immobilization of nutrients within the organic matter. However, the FF is also assumed to be an important nutrient source at sites with low nutrient concentrations of the mineral soil. Yet, little is known about the availability of nutrients present in the FF and how it is related to FF turnover.

Within the DFG-funded Research Unit FOREST FLOOR we aim to identify processes that control the relevance of the FF for tree nutrition as compared to the mineral topsoil in European beech forests. We quantify resin extractable macronutrients at lab conditions in the FF and the mineral topsoil along three elevation-related temperature gradients of different P status of the mineral soil. We hypothesize that nutrient availability in the FF at high mean annual temperature (MAT) sites is lower compared to low MAT sites due to temperature-enhanced immobilization of the nutrients by the microbial biomass and leaching into the mineral soil. Consequently, we expect an increased nutrient availability in the mineral soil at high MAT compared to low MAT sites due to faster nutrient mineralization of the litter. Furthermore, we argue that temperature dependency of nutrient immobilization depends on the P status of the mineral soil.

Preliminary analyses on P poor sites (< 300 g P/m²) in the Black Forest showed that higher temperatures decrease not only the stock of available P (Pres) of the FF but also the P stock of the upper 10 cm of mineral soil (Kandel, MAT 5 °C, 100 kg Pres /ha; Waldkirch, MAT 9 °C, 80 kg Pres/ha). These first results support the crucial role of the FF for beech forest nutrition and its vulnerability under climate change. At the conference we will introduce the results of the running analyses.

Black goes green: Langzeitversuch zur Untersuchung der Auswirkungen von Pflanzenkohle auf die Bodenqualität und agronomische Parameter

Samuel Schlichenmaier¹; Markus Steffens²; Hans-Martin Krause²; Bernhard Koch³; Adrien Mestrot⁴

¹ Research Institute of Organic Agriculture (FiBL); ² FiBL Schweiz ; ³ Grün Stadt Zürich; ⁴ Geographisches Institut Universität Bern

Der Einsatz von Pflanzenkohle in landwirtschaftlich genutzten Böden wird derzeit weltweit erforscht. Bisherige Forschungsergebnisse sprechen der Pflanzenkohle eine positive Wirkung auf die Bodenqualität (insbesondere durch verbesserte Struktur, Wasserhaltekapazität und Nährstoffsorption) sowie das Potential zur Kohlenstoffsequestrierung zu. Für die Bewertung des Nutzens der Anwendung sowie der Risikoabschätzung bedarf es der Untersuchung der Pflanzenkohle unter langjährigen Praxisbedingungen. Der Nutzen für den Boden und Ertrag variiert mit den spezifischen Klima- und Bodenbedingungen. Deshalb sind regionale Feldversuche entscheidend zur Beurteilung des Pflanzenkohleeinsatzes.

Im Projekt «Black goes green» untersucht das Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) in Kooperation mit Grünstadt Zürich und dem Geographischen Institut der Universität Bern (GIUB) den langjährigen Einsatz von Pflanzenkohle auf landwirtschaftlich genutzter Fläche im Raum Zürich. Der Versuch besteht aus 5 Schlägen (insgesamt ca.10 ha) auf welchen zur Hälfte im Frühjahr 2021 Pflanzenkohle (8 t/ha) ausgebracht wurde. Veränderungen im Boden werden bis mindestens 2025 durch ein Bodenmonitoring erfasst, bei welchem folgende Parameter jährlich erfasst werden: C (total, Karbonat C, pyrogener C), N total, pH, KAK, Aggregatstabilität, Wasserhaltekapazität (pF-Wert) und Erträge. Ergänzend werden während der Vegetationsperiode der Wassergehalt sowie der Eindringwiderstand gemessen. Ein weiteres Arbeitspaket untersucht den Effekt der Pflanzenkohle auf bodenbiologische Parameter.

Gezeigt werden sollen die Ergebnisse der ersten zwei Jahre nach Kohleausbringung mit Schwerpunkt auf Erträge, Bodenkohlenstoff und Wasserhaushalt. Die Ergebnisse sollen als Abschätzung des Nutzens und des Risikos zum Einsatz der Pflanzenkohle in der Landwirtschaft beitragen.

Wirkung langjähriger Anwendung organischer und mineralischer Dünger auf Ertrag, Rohprotein und Bodenparameter

David Schubert¹; Lorenz Heigl²; Konrad Offenberger²; Johanna Mießl²; Michael Diepolder²; Martin Wiesmeier¹

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft / Technische Universität München; ² Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Der Internationale Organische Stickstoff-Dauerdüngungsversuch (IOSDV) in Puch/Fürstenfeldbruck wurde 1984 im Rahmen einer internationalen Versuchsreihe begonnen. Er ist als zweifaktorielle Streifenanlage in drei Wiederholungen angelegt. In einer dreigliedrigen Fruchtfolge mit den Kulturen Silomais/Zuckerrüben, Winterweizen und Wintergerste werden neben einer seit Versuchsbeginn ungedüngten Versuchsvariante unterschiedliche organische Stickstoffdünger (Stallmist, Gülle, Stroh und Zwischenfrüchte) in Kombination mit verschiedenen Mengen an mineralischem Stickstoffdünger (KAS) appliziert.

Der Standort Puch befindet sich in der Landschaft der Altmoräne des Loisach-Ammergletschers mit durchschnittlichen 875 mm Jahresniederschlag und 8,8 °C Jahrestemperatur. Der Versuch wird auf einer tiefgründigen Parabraunerde (uL) mit einer Ackerzahl von 66 und einer Durchwurzelungstiefe von ca. 100 cm durchgeführt.

Im Rahmen des Versuchs werden verschiedene Untersuchungen durchgeführt. Je Parzelle wird der Frischmasseertrag, der Trockenmasseertrag sowie der Rohproteingehalt bestimmt. Die organischen Dünger werden hinsichtlich ihrer Zusammensetzung analysiert. In unregelmäßigen Abständen werden der organisch gebundene Kohlenstoff (Corg), der Gesamt-Stickstoff (Nt), der pH-Wert sowie die Aggregatstabilität als Parameter des Bodens in den unterschiedlichen Versuchsvarianten bestimmt (erste Corg-Untersuchung vor Versuchsanlage im Jahr 1983). Im Jahr 2023 ist eine gesonderte und ausführliche bodenkundliche Untersuchung des Gesamtversuchs geplant.

Ziel des Versuchs ist es, Änderungen in Ertrag und Rohprotein der Kulturpflanzen sowie Änderungen der Bodenparameter als Ergebnis einer langjährigen, organischen und mineralischen Stickstoffdüngung zu erfassen und zu bewerten.

Die Auswertung der vergangenen 39 Versuchsjahre soll die Beantwortung der folgenden Fragen zum Ziel haben:

1. Wie wirkt sich eine langanhaltende Applikation von organischen und mineralischen Düngern auf Pflanzenertrag und -qualität sowie auf Bodenparameter aus?
2. Welche Rolle spielt die Art und Menge des applizierten organischen Düngers sowie die Menge des applizierten mineralischen Düngers für Pflanzenertrag und -qualität als auch für Bodenparameter?
3. Welcher Zusammenhang besteht zwischen Pflanzenertrag, -qualität und Bodenparametern sowie der Anwendungsdauer von organischen und mineralischen Düngern?

Bodenverbesserung und C-Sequestrierung durch Kurzumtriebsplantagen: Was bleibt nach der Rodung?

Lena Mann¹; Andreas Schwarz¹; Cäcilia Fiege²; Sonja Germer³; Ralf Pecenka²; Wolf-Anno Bischoff¹

¹ Gutachterbüro TerrAquat; ² Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB); ³ Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur Brandenburg (MWFK), vormals ATB

Die Landwirtschaft gilt als ein wesentlicher Faktor für das Erreichen der Klimaziele. Für zahlreiche Kurzumtriebsplantagen (KUP) unterschiedlicher Rotationslängen wurde Kohlenstoffakkumulation im Oberboden nachgewiesen. Dagegen ist über Kohlenstoffspeicherung im Unterboden und Abbau der Wurzelmasse nach Umbruch wenig bekannt. Ebenso existieren wenige Untersuchungen über die Änderung der Bodeneigenschaften durch KUP und ihre Wirkung im nachfolgenden Ackerbau.

Daher war es ein Projektziel, die Kohlenstoffspeicherung von Pappel-KUPs und deren Veränderung nach Umbruch sowie die Wirkung einer KUP auf verschiedene Bodeneigenschaften im Vergleich zu Roggendaueranbau ohne Düngung in 4 Tiefenstufen (0-10, 10-30, 30-60, 60-100 cm) zu bewerten.

Nach 26 Jahren wurden 3 KUP-Parzellen mit Rotationslängen von 2, 4 und 16 Jahren umgebrochen (2J, 4J bzw. 16J). Es wurden für die 4 Bodentiefenstufen grobe und feine Wurzelmasse ausgesiebt. Für beide Wurzelfractionen wurden Wurzelmasse und kohlenstoffgehalt sowie deren Abbaugeschwindigkeit quantifiziert. Zudem wurden bodenphysikalische und chemische Parameter erhoben.

In den Wurzeln wurden 30 (2J), 38 (4J) bzw. 67 t C/ha (16J) gespeichert, von denen 24 % (16J) – 83 % (4J) im Oberboden gespeichert waren. Diese Vorräte entsprachen 16 – 22 % des Gesamt-C-Gehaltes im Boden. Der Anteil an grober Wurzelmasse betrug 34 (2J), 17 (4J) bzw. 50 % (16J) der Gesamtwurzelmasse. Die Abbaugeschwindigkeit der Wurzeln nahm von oben nach unten ab und war für die feine Wurzelmasse höher als für die grobe. Nach 2 Jahren waren noch 30 – 52 % der Gesamtwurzelmasse unzersetzt im Boden erhalten.

Der Kohlenstoffgehalt im Boden nahm im Vergleich zur Referenzfläche um 36 – 41 t C/ha zu, was einer CO₂-Sequestrierungsrate von über 5 t C/(ha a) entspricht.

Die Gehalte aller untersuchter Nährstoffe, pH-Wert und KAKpot wiesen direkt nach Umbruch und nach 2 Jahren für die KUPs deutlich höhere Werte auf als die Referenz. Für bodenphysikalische Kenngrößen (Lagerungsdichte, hydraulische Leitfähigkeit, Wasserspeicherfähigkeit) ergab sich ein uneinheitliches Bild.

Für die C-Sequestrierung und die Abbaugeschwindigkeit spielt die Rotationslänge eine wichtige Rolle, da bei sehr langer Rotationslänge mehr grobe Wurzeln ausgebildet werden, die v.a. im Unterboden langsamer abgebaut werden. Darüber hinaus wirkt sich eine ungedüngte KUP gegenüber einer ungedüngten Ackerreferenzfläche konservierend in Hinblick auf die bodenchemischen Kennwerte aus.

Influence of biochar and enhanced basalt weathering on carbon dynamics and soil properties of agricultural soils

Maria Seedtke; Joscha Becker; Annette Eschenbach

Universität Hamburg

The C sink potential of agricultural land can be maximized by carbon dioxide removal (CDR) technologies. While most recent studies considered isolated CDR methods, they are interlinked and should be co-applied. Complementary CDR technologies are enhanced weathering (EW) of rock powder, biochar, enhancement of soil organic carbon (SOC), and biomass carbon capture (BCC). Biochar persistence in soils depends on biomass type and pyrolysis treatment, but also on the stabilization of biochar through interaction with minerals and occlusion in aggregates. Biochar and EW of rock powder are expected to increase SOC and plant growth without additional land demand, increase soil pH, balance redox potentials, deliver nutrients, improve soil hydrology, and promote soil biodiversity, root growth, crop yields, and hence BCC. The aim of this study is to determine the influence of co-application of CDR technologies on soil properties of agricultural soils and to quantify their C sink potential.

In this study, the product of pre-pyrolytic combination of biochar and basalt powder is called PyMiCCS. Variation in biomass, basalt powder particle size, and pyrolysis treatment create different PyMiCCS products. Those, with the highest biochar recalcitrance, the best uptake of CO₂ through EW are examined. These PyMiCCS products, pure biochar, and basalt powder are incorporated into agricultural soils typical for different climate zones. These soils are varying in grain size distribution and cation exchange capacity (CEC), representing a tropical (clayey, low CEC), a temperate (sandy-loamy, high CEC), and a boreal soil (sandy, low CEC). The soils are supplemented by the amendments in laboratory (without plants), pot trials (with/without plants), and greenhouse (with plants). To quantify the CDR potentials, influence on plant growth, sequestration and stabilization of both SOC and amendments, soil properties and soil water balance are analyzed. C contents and isotopes in SOC fractions (DOC, POC, density and aggregate fractions) are quantified. The SOC fraction stability is investigated by incubation experiments. To trace incorporation and stabilization of plant derived C, selected treatments receive ¹³C pulse labelling.

This study is part of the collaborative and interdisciplinary “PyMiCCS” project (Pyrogenic carbon and carbonating minerals for enhanced plant growth and carbon capture and storage), funded by the Federal Ministry of Education and Research Germany (FKZ: 01LS2109A).

Changes in soil organic matter composition traced by molecular markers 130 years after afforestation

Tatjana Carina Speckert; Guido Lars Bruno Wiesenberg

Department of Geography, University of Zurich, Switzerland

In alpine areas of the European Alps, many of the pastures are no longer economically profitable and are converted into forests. Afforestation directly affects soil organic matter (SOM) dynamics by alteration of the quantity and quality of aboveground biomass and root litter input towards less decomposable organic matter. Therefore, it could be expected that long-term afforestation on a centennial scale may have a severe impact on SOM dynamics, an aspect that remains so far unknown as most of the earlier studies focused on successions between 30 and 50 years.

The analysis of molecular proxies in soil such as n-alkanes, free fatty acids, and phospholipid fatty acids (PLFA) allows to trace different sources and transformation of SOM once incorporated into the soil. In this study, we identify the major sources of SOM in a subalpine afforestation sequence (40-130 years) with Norway spruce (*Picea abies* L.) on a former pasture in Jaun, Switzerland, by combining plant- and microorganism-derived molecular proxies from several compound classes.

We observed a decline in soil organic carbon (SOC) stock ($9.6 \pm 1.1 \text{ kg m}^{-2}$) after 55 years and a recovering of the SOC stock 130 years ($12.7 \pm 0.9 \text{ kg m}^{-2}$) after afforestation. Overall, there is no alteration of the SOC stock in the mineral soil following afforestation of former pasture ($13.3 \pm 0.9 \text{ kg m}^{-2}$) after 130 years. But if we consider the additional SOC stock accumulated in the organic horizons (between 0.8 and 2 kg m^{-2}), the total SOC stock slightly increased, although OM in organic horizons is less stabilized than mineral-bound OM. An increase of the C:N ratio in the Oi-horizon with increasing forest age (40yr: 36.9 ± 2.6 ; 55yr: 40.9 ± 4.1 ; 130yr: 42.4 ± 6.6) reflects the alteration in litter quality towards poorly decomposable compounds in older forests. In addition, preliminary results show an increase in the abundance of Gram+ (+3%) and Gram- bacteria (+6%), especially in the young (40yr) forest. Thus, the bacterial community seems to proliferate in the early succession before the fungal-dominated community takes over. Thus, the change in SOM source and quality following afforestation may not result in considerable stock changes, but results in better stability of SOM in the mineral soil.

Nitrogen and carbon dynamics in arable soil as impacted by production intensity of mixed organic dairy farming systems

Myriam Speth; Ines Mulder; Jan Siemens

Institut für Bodenkunde und Bodenerhaltung, Universität Giessen

The separation of crop production and animal husbandry in modern agriculture has led to decoupled nutrient cycles with nitrogen surpluses, declining humus stocks, increasing greenhouse gas emissions, and lower animal welfare. Public acceptance of conventional farming practices has dwindled, and approaches of returning to traditional farming like organically managed mixed dairy systems, are beneficial for sustainability goals. However, these systems can differ in feeding, and crop rotation, and thereby productivity. Nevertheless, there is a lack of knowledge about the intensities with which mixed farming can meet the demand for organically produced food while minimizing environmental impacts.

In high-intensity farming systems, cattle are fed large amounts of maize silage. The protein-rich fodder leads to higher N concentrations in the manure. At low intensity, roughage with low N content predominates, making room for crops for human consumption. Consequently, farm manures differ in quantity and composition, which influences the C and N dynamics in the soil. During mineralization, microbiota consumes N. Therefore, it is a challenge for carbon sequestration strategies to increase the C content in soils without increasing N fertilization or risking N immobilization, which affects crop productivity. We hypothesize that sequestration improves under high-intensity farming due to the higher N content of the manure.

The project “GreenDairy” takes place in the experimental farm Gladbacher Hof (Aumenau, Hesse). The farm has been successfully managed organically since 1989. So far, its dairy farming system corresponds to the high-intensity system in GreenDairy. In the frame of the project, half of the trial area on arable land is converted to low intensity and the impact of organic milk production under low- vs. high intensity on humus and nitrate leaching will be analyzed. At the beginning and end of the 3.5-year project, soils of the arable and grassland plots are sampled by core drilling. Intermediate changes in concentration and composition of the C and N fractions are measured semi-annually via a soil sampler for the extractable and continuously for the dissolved fractions using glass suction cups. Due to the variation in manure and crop rotation, changes in C- and N-dynamic are expected. These changes are expected first to occur in the dissolved and water-extractable C- and N-fractions as well as in the particulate organic matter.

Impact of soil management on humus-build up: Comparison of conventional and ecological farming

Susanne Stadler¹; Noell Ursula¹; Florian Stange¹; Silke Mollenhauer²; Alice Woelk²; Christina Aue²

¹ Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR); ² OOWV Brake

Climate change and human activities exert pressure on soil and groundwater resources in the North Sea region, calling for the need of sound strategies for their sustainable protection. The EU Interreg North Sea Project "Blue Transition" targets at a systemic change that balances activities in urban, agricultural or natural areas, considers a transition in land-use and fosters political structures and governance. It investigates 16 pilot sites in Denmark, the Netherlands, Sweden, Belgium, France and Germany to exchange and develop transnational solutions for water boards, farmers, authorities and society.

Within the project, we investigate humus build-up under climate-induced rising temperatures and leaching from humus decomposition in arable soil in Lower Saxony, comparing conventional and ecological farming. The aim of our study is an improvement of soil management in conventional and ecological farming – especially regarding humus build-up and N loss from soil. It serves as a base for elaborating best practices in management strategies for humus-oriented farming. We show first approaches of numerical simulations of C and N balancing in the investigated soils. In addition, we discuss the potential of geophysical methods to measure seepage water under different soil management conditions.

Land use effects on extractable labile organic carbon in montane volcanic ash soils of northern Ecuador

Stefanie Staß¹; Tim Mansfeldt¹; Kristof Dorau²

¹ Universität zu Köln; ² BGR

Labile organic carbon (LOC) is a small, but important fraction of the OC pool in soils. To examine the effects of land use change on extractable LOC in montane volcanic ash soils, a soil transect was investigated in northern Ecuador. Samples were taken at two agricultural sites differing in the time of cultivation and at three sites under natural vegetation (tropical alpine grassland, páramo) from 0–30, 30–60 and 60–90 cm soil depth. Besides a general soil characterization, LOC was determined as cold and hot water extractable OC (CWEOC and HWEOC, respectively). Additionally, molar absorptivity at 254 nm as a measure for aromaticity was determined for the extracts. Total OC stocks were high (45–55 kg C m⁻²) at the páramo sites and the younger agricultural site (20 years of cultivation), but lower (27 kg C m⁻²) at the older agricultural site (100 years of cultivation); CWEOC (0.1–0.7%) and HWEOC (0.6–4.1%) represented only a small part of OC. Analysis of the LOC pool showed that both CWEOC and HWEOC as well as molar absorptivity of the respective extracts decreased with increasing soil depth. However, while CWEOC and HWEOC content decreased drastically with increasing human impact, molar absorptivity increased. Correlations of soil parameters showed an overall high impact of soil pH and oxalate soluble aluminum (Al) on the LOC content. Additionally, an increase of the dithionite soluble iron (Fe) fraction with decreasing LOC was observed indicating an increase in crystallization of Fe oxides with decreasing LOC. Aromaticity of the remaining LOC components became obvious after long-term agricultural use indicating that more stable OC compounds were slowly degraded and became soluble by cold and hot water extraction. Main influencing factors were pH and oxalate soluble Al. Further, significant changes to the crystalline composition were identified. Overall, increasing human impact in the form of agricultural use seems to cause a drastic decrease in LOC which is accompanied by a change in mineral transformation.

Key words: cold-water extractable organic carbon; hot-water extractable organic carbon; land management; páramo; soil quality; ultra-violet absorbance

Plastik unter Plastikmulch: Erhöhte Bodenverunreinigung nach drei Jahren Folienanwendung

Zacharias Steinmetz; Heike Schröder

RPTU Kaiserslautern-Landau

Landwirtschaftliche Plastikmulche ermöglichen Ertragssteigerungen und einen verminderten Pestizideinsatz. Mitunter verbleiben nach ihrer Anwendung aber Teile der Plastikfolien im Feld und tragen so zur Verunreinigung des Bodens mit Plastikpartikeln bei. Um dies zu untersuchen, wurden Bodenproben von Feldern entnommen, die zuvor über drei Jahre hinweg mit schwarzer Plastikmulchfolie bedeckt waren. Drei Felder ohne jeglichen Kunststoffeinsatz dienten als Kontrolle. Sichtbare Plastikrückstände >1 cm (Makroplastik) wurden manuell von der Bodenoberfläche abgesammelt. Mesoplastik (2 mm bis 1 cm) wurde durch Dichtefraktionierung mit gesättigter NaCl-Lösung von den Probenboden abgetrennt und mittels Fourier-Transform-Infrarotspektroskopie identifiziert. Partikel ≤ 2 mm (Mikroplastik) wurden mit einer Natriumhexametaphosphatlösung aus 50 g Boden extrahiert und gleichermaßen mit NaCl-Lösung dichtegetrennt. Das so isolierte Polyethylen (PE), Polypropylen und Polystyrol wurde per lösungsmittelbasierter Pyrolyse-Gaschromatographie/Massenspektrometrie (Py-GC/MS) quantifiziert. Mit 89–206 Fragmenten ha^{-1} befanden sich die meisten Makroplastikrückstände auf Feldern, die zuvor mit Plastikmulch bedeckt waren. 80% der gesammelten Fragmente wurden als schwarze PE-Folie identifiziert. Die Anzahl der Mesoplastikpartikel in plastikgemulchtem Boden betrug im Mittel $2,3 \text{ kg}^{-1}$, während auf den Referenzfeldern nur $1,0 \text{ Partikel kg}^{-1}$ gefunden wurden. Die Py-GC/MS-Analysen ergaben Mikroplastikgehalte von bis zu 13 mg kg^{-1} im Boden. Der PE-Gehalt war auf plastikgemulchten Feldern signifikant höher als auf Referenzfeldern. Obwohl der Grad der Plastikverschmutzung insgesamt niedriger war als in vergleichbaren Studien, deuten unsere Ergebnisse darauf hin, dass Plastikmulche als Quelle von Plastikpartikeln in landwirtschaftlichen Systemen fungieren. Aufgrund ihrer stark eingeschränkten Abbaufähigkeit ist davon auszugehen, dass sich die Plastikrückstände langfristig im Boden anreichern und in immer kleinere Bruchstücke zerfallen.

Organic matter (trans-)formation and stabilization at the molecular scale - A substrate incubation study

Konstantin Stumpf; Carsten Simon; Oliver Lechtenfeld

Helmholtz - Centre for Environmental Research - UFZ

Organic matter (OM) is an important driver of the global carbon cycle and plays a central role for the fertility, biodiversity and erosion of soils. Our understanding of soil OM is hampered by its chemical complexity and the challenge to disentangle OM sources (i.e., plant, fungal and bacterial metabolites) from molecules formed via decomposition processes. Ultimately, this limits our insight into the mechanisms of soil OM formation and stabilization. To close this gap, we set up incubations with different substrates, namely microbial necromass (*Bacillus subtilis*), fungal necromass (*Aspergillus niger*), plant necromass (*Zea mays*), and simpler substrates (glucose, chitin, cellulose). All incubations were inoculated with soil bacteria from an arable (top-)soil and run as suspensions over a year to study the long-term decomposition of the different substrates. We aimed to study the fate of the different substrates in terms of their molecular composition as assessed by ultrahigh resolution mass spectrometry (FT-ICR-MS) and obtained various complementary data (e.g., pH, redox potential, O₂ saturation, DOC and TOC concentrations, optical density and D/L-amino acid ratio). Additionally, we investigated how OM structure and OM sorption were affected by decomposition state via tandem mass spectrometry (FT-ICR-MS/MS) and laser desorption ionization (LDI-FT-ICR-MS), respectively. We will present first results from these incubation experiments and will discuss the implications of our findings for organic matter stabilization in (more) complex soil systems.

Optimizing pyrolysis conditions of biochars derived from byproducts of forest and food industry for soil amendments

Magdalena Sut-Lohmann¹; Jerzy Jonczak²; Aleksandra Chojnacka²; Nenad Grba³; Nataša Đurišić-Mladenović³; Igor Antić³; Maja Buljovčić³; Tadeusz Pęczek⁴; Vladimír Šimanský⁵; Grzegorz Sprzączka⁶; Thomas Raab¹

¹ Brandenburg University of Technology Cottbus - Senftenberg; ² Warsaw University of Life Sciences; ³ University of Novi Sad; ⁴ Foundation for Education and Social Dialogue "Pro Civis"; ⁵ Slovak university of Agriculture in Nitra; ⁶ InnEco Sp. z o.o.

Inefficient management and weak legislation, especially in developing countries, generate vast amounts of organic wastes. Its high lignocellulosic content makes it a convenient feedstock for C-rich residue production under thermal decomposition with oxygen deficit environment. In the last decade, several studies evaluated using biochar as soil amendment due to its surface rich in functional groups, high surface area, cation/anion exchange capacity and increase in recalcitrant in soil organic C pool.

For this study, forest (pine bark, wood chips and cones) and food industry (cherry stones, wheat bran and coconut copra) waste derived biochar have been obtained using low temperature (up to 450°C), slow pyrolysis (72 h) with oil extraction (LT) and high temperature (up to 650°C), fast pyrolysis (6 h) without oil extraction (HT). To explore differences in biochar properties due to various preprocessing methods and origin material diffuse reflectance infrared Fourier spectroscopy (DRIFT), electron microscopy, gas chromatography and hydraulic conductivity and sorptivity test were applied. Results revealed various elemental and ash contents, dependent on the feedstock origin and subsequent LT or HT preprocessing. The observations suggested that increased pyrolysis temperature originate in material specific changes of organic functional groups present in biochar samples, mostly due to mineral enrichment promoted by depolymerization and dehydration of lignocellulosic material. Hence, the HT preprocessing insignificantly increased water repellency for copra and bark originating biochar, most probably due to incomplete breakdown of cellulose and hemicellulose in the feedstock affected by the relatively short time of pyrolysis.

MIKROPLASTIK IN ORGANISCHEN DÜNGERN

Daniela Thomas¹; Elke Bloem²

¹ Thünen Institute of Agricultural Technology; ² Julius Kühn-Institut (JKI)

Die Plastikverschmutzung ist eine allgegenwärtige Bedrohung für Mensch und Umwelt. Aus unterschiedlichen Quellen werden Kunststoffe, beabsichtigt oder unbeabsichtigt, über zahlreiche Wege in die Umwelt freigesetzt [1]. Landwirtschaftliche Böden können als Endlager für diese Plastikverschmutzung fungieren, mit potentiell negativen Auswirkungen auf die Bodenbeschaffenheit [2]. Als Hauptquellen für den Mikroplastikeintrag in die Agrarlandschaft vermutet man die Ausbringung von Klärschlamm und Kompost sowie die Fragmentierung von Makroplastik aus z.B. Littering oder Folienanbau [3]. Um eine Verschmutzung durch Mikroplastik auf landwirtschaftlichen Feldern zu verhindern, ist es wichtig, Quellen und deren zu erwartenden Mikroplastikgehalt zu kennen. In dieser Studie haben wir den Mikroplastikgehalt von sieben verschiedenen organischen Düngemitteln (Bioabfall-Kompost, Gärrest-Schweinegülle, Klärschlamm-Kompost, Hühnertrockenkot, Grünschnitt-Kompost, gemischter Gärrest aus Schweinegülle, Hühnermist und 74% NaWaRo, Klärschlamm) und Stroh als organischer Vergleichsprobe untersucht.

Die Probennahme erfolgte nach LAGA PN 98. Die organischen Düngerproben wurden einer aufwendigen Probenbehandlung, bestehend aus Gefriertrocknung, Entfernung der organischen und anorganischen Probenmatrix in mehreren Behandlungsstufen, unterzogen. Die Identifizierung der Partikel erfolgte mittels FPA-FTIR (Lumos II, Bruker). Zudem wurden die Oberflächen der Haufwerke auf sichtbare Plastikteile abgesucht. Dabei konnte in Gärrest aus Schweinegülle und dem gemischten Gärrest keine potenziellen Plastikteile festgestellt werden. Die sichtbaren Plastikbestandteile wurden gereinigt, gewogen, vermessen und mittels ATR-FTIR (Tensor 27, Bruker) identifiziert.

Referenzen:

- [1]. Schell T., Rico A., Vighi M. (2020). Occurrence, Fate and Fluxes of Plastics and Microplastics in Terrestrial and Freshwater Ecosystems. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, Volume 250: 1-43.
- [2] Boots, B., Russell, C. W., Green, D. S. (2019). Effects of Microplastics in Soil Ecosystems: Above and Below Ground. *Environmental science & technology* 53/19, 11496–11506.
- [3] Bläsing, M., Amelung, W. (2018). Plastics in soil: Analytical methods and possible sources. *The Science of the total environment* 612, 422–435.

Impact of Legumes on soil nutrient distribution, carbon and nitrogen cycling with regard to soil restoration in the Kavango region, Namibia

Elisa Karina Toth; Joscha N. Becker; Annette Eschenbach

Universität Hamburg

Low soil fertility and crop yields are general problems in most smallholder farming systems in dry sub-Saharan Africa. Soils in the Kavango region of Namibia contain low contents of organic carbon (SOC) and nitrogen (N). To improve crop yields and retain soil fertility, cultivation of legumes and conservation agriculture (CA) are seen as promising tools. Legumes can improve soil N status, particularly in the rhizosphere. This affects soil microbial and enzymatic activities and thus SOC turnover and nutrient availability. Few studies exist on legume cultivation under CA in Namibia, and detailed understanding of legume-soil interaction are still lacking. Therefore the aim of this study is to investigate the effects of CA and legume cultivation on soil quality, SOC and nutrient availability through field trials in Namibia. We use additional laboratory experiments to analyze the spatial-temporal changes in enzyme activities and N availability during nodulation of legumes in the rhizosphere. Here we present the concept of our study approach.

To put Namibia's low fertile soils in a regional context, the QUEFTS model will be applied to predict potential crop yields under certain soil characteristics for Namibia. Two regions in northern Namibia are used as reference field sites of low fertile soils, representing loamy sand (Mashare) and sand (Ogongo). At each study site, C and N pools, CEC, pH, microbial respiration and biomass, C efflux, bulk density and soil texture are analyzed. These investigations are done on experimental and local sites in cooperation with Namibian Universities (UNAM and NUST) and local smallholder farmers. Additionally, different land-uses (CA and traditional agriculture), including the application of mulch (M) (+M and -M) and inoculation (I) with rhizobia (+I and -I), will be compared under cultivation of legumes and the effect on soil properties with a particular focus on C use efficiency. Further laboratory experiments with mixed topsoil samples originating from the study sites are conducted. Within the laboratory experiments, legumes (Cowpea) will grow under controlled conditions in a rhizobox setup to investigate spatial and temporal legume-rhizobia-soil interactions with regard to nodule development, N release and soil enzyme activity.

Fine biomass root responses to forest liming in mature German forests

Oliver van Straaten¹; Larissa Kulp¹; Dan Paul Zederer²; Ulrike Talkner¹

¹ Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt; ² Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Hundreds of thousands of hectares of forest have been limed in Germany over the past few decades to counteract soil acidification processes. Lime applications cause a cascade of biogeochemical changes in the ecosystems, affecting nutrient cycling dynamics, tree growth, and rooting dynamics. To evaluate the how forest liming effects fine root biomass (FRB) dynamics, we used a paired-plot experimental design to compare FRB in limed plots with adjacent unlimed plots. In this study we investigated liming effects on (1) the magnitude of FRB changes, (2) liming effects on FRB depth allocations, and (3) we attempted to disentangle the drivers regulating FRB response to liming. In total we sampled at 15 long-term experimental sites, down to 60-cm soil depth in both broadleaf and evergreen forests across Germany.

Irrespective of liming, FRB in the forest floor layer (in the control plots) exhibited an exponential relationship with pH, where inherently acidic sites ($\text{pH} < 4$) had exponentially higher FRB than moderately acidic sites ($\text{pH} 4 - 6$). The application of lime accordingly reduced FRB by 64% in the forest floor layer, which was predominantly driven by large FRB reductions at the acidic sites. Although the liming-induced changes in FRB were most pronounced in the forest floor layer, the same trend was also evident in the mineral soil. We suspect that these FRB reductions reflects the fact that trees regulate their fine root network size to correspond to the availability of nutrients (i.e. Ca and Mg) that limit tree growth. Specifically, this means that the application of lime will have improved soil nutrient availability, and accordingly trees did not need to invest as heavily into FRB. In contrast to other studies, we did not find evidence that Al toxicity curtailed root biomass at the very acidic sites. We also did not find evidence of root redistributions in the soil profile as a result of liming.

Lastly, at a small number of our experimental sites we also recorded slight FRB increases as a result of liming. We attribute this to liming-induced tree productivity gains, which likely reflects how over an extended period of time the more productive limed stands developed larger root systems, than the control paired plot.

Stable nitrogen isotope ratios in the litterfall and organic layer of a tropical montane forest in south Ecuador: Do they respond to increasing N deposition?

Andre Velescu¹; Tobias Fabian¹; Pablo Alvarez¹; Carlos Iván Espinosa²; Wolfgang Wilcke¹

¹ Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Geographie und Geoökologie; ² Universidad Técnica Particular de Loja, Departamento de Ciencias Biológicas

In the tropical montane rainforest on the eastern cordillera of the south Ecuadorian Andes we observed increasing atmospheric N deposition during the past 20 years, mainly because of forest fires in the Amazon Basin. At the same time, increasing NO₃-N concentrations and NO₃-N/NH₄-N concentration ratios in throughfall and in the litter leachate from the thick organic layers indicated increasing nitrification. Moreover, the N cycling became more inorganic with increasing anthropogenic release of reactive N to the environment. All these findings suggest that the N cycle in the studied forest became increasingly open.

We hypothesized that the increasingly open N cycle is reflected in increasingly heavier $\delta^{15}\text{N}$ values of the forest litterfall and the soil organic layer, because of the preferential loss of isotopically light N via leaching and volatilization. We determined the N deposition and leaching losses of N from 1998 to 2021 in a ca. 9.1 ha large catchment in a tropical montane forest at 2000 m a.s.l. in south Ecuador together with the monthly $\delta^{15}\text{N}$ values of litterfall from 1998 to 2019 and will determine the $\delta^{15}\text{N}$ values of the organic layer (Oi, Oe, Oa) horizon from several sampling campaigns during the past 20 years.

From 1998 to 2014, the $\delta^{15}\text{N}$ values of litterfall increased in line with our expectations. However, thereafter, they decreased until 2019 to a lower value than at the beginning of the observation period indicating that the plants had increasing access to isotopically light N. We are currently evaluating the drivers of the drop in the $\delta^{15}\text{N}$ values of litterfall with the help of our long-term deposition and climate data. We will test if changes in the size or composition of the deposition, or climatic effects such as reduced humidity and associated increased soil organic matter mineralization, which releases isotopically light N, contributed to this unexpected result.

Development of an Exotoxicological Testing and Evaluation Methodology for Polymeric Substances in the Aquatic and Terrestrial Environment

Marie Winter¹; Gabriele Broll²; Karsten Schlich¹

¹ Fraunhofer Institute for Molecular Biology and Applied Ecology; ² Osnabrück University - Institute of Geography

Agricultural management faces new challenges due to climate change and simultaneous population increase. The optimum crop emergence is therefore a high priority objective. By developing new innovative multifunctional seed coating systems, the Fraunhofer PREPARE project SeedPlus contributes to reaching this aim. The project corresponds to integrative plant protection management standards by ensuring an inherent and sustainable water- and plant protection management for efficient emergence even under suboptimal environmental conditions. Lately, especially (bio-)polymers are increasingly used to improve seed germination. However, (bio-)polymers are not yet considered in regulatory requirements of soil protection (e.g. Federal Soil Protection Act).

In order to address this at an early stage, an evaluation methodology of (bio-)polymers for the assessment of the impact within soils as well as the aquatic environment is being developed that considers the ecotoxicological safety of the substances. Miniaturised approaches will be established based on standardized tests to increase the screening capacity and ecotoxicological information indication. For data validation of the screening tools, the corresponding standard test information will be applied and compared to the dataset to verify the ecotoxicological risk information. The outcome of this stepwise approach will be proven in lysimeter simulations under environmental conditions indicating transferability of laboratory results to outdoor scenarios.

As terrestrial model organisms, e.g. soil microorganisms (MicroResp™), collembola (OECD 232) and earthworms (ISO 17512, OECD 222) were chosen, representing parts of the micro-, meso- and macrofauna. The impact on soil microbial functional diversity will be further investigated considering different nutrient cycles (OECD 216, ISO 15685, ISO 20130). Aquatic model organisms of different trophic levels, i.e. the green algae *Raphidocelis subcapitata* (OECD 201) and the invertebrate *Daphnia magna* (OECD 202) will be used. To consider effects on degrading bacteria in sewage sludge the inhibitory effect on *Vibrio fischeri* according to ISO 11348 will be observed.

First results of the ecotoxicological testing in both aquatic and terrestrial test systems with a variety of different (bio-)polymers will be presented at the conference including data comparison of the downscaled test systems to standardized test methods.

Umrechnungsfaktor zwischen organischer Bodensubstanz und organischem Bodenkohlenstoff verschiedener Torfsubstrate und -horizonte

Mareille Wittnebel; Stefan Frank; Arne Heidkamp; Bärbel Tiemeyer

Thünen Institut für Agrarklimaschutz

Organische Böden speichern große Mengen an organischem Bodenkohlenstoff (Corg). Dies umfasst nicht nur nach deutscher Nomenklatur „typische“ Moorböden, sondern auch ein breites Spektrum von weiteren Böden mit hohen Kohlenstoffgehalten, die eine Moorvergangenheit haben. Für die korrekte bodensystematische Einordnung der Substrate und Horizonte ist für diese Böden der Humusgehalt, also die organische Bodensubstanz (OBS), entscheidend. Ein semi-quantitativer Humusgehalt kann nach bodenkundlicher Kartieranleitung KA5 durch einen visuellen Farbeindruck klassifiziert abgeschätzt werden. Präziser ist jedoch die Messung von Corg im Labor und die Verwendung eines Umrechnungsfaktors von Corg in OBS. Dieser wird in der KA5 für mineralische Substrate mit 1,72 angegeben, für Torfe und Auflagehumus mit 2,0. Für Substrate die klar mineralisch bzw. Torfe sind, ist dies leicht umsetzbar. Problematisch ist jedoch der anmoorige Bereich, der mit 15-30% OBS definiert ist. Hier führt die Verwendung unterschiedlicher Faktoren zu unterschiedlichen Ergebnissen. In der kommenden KA6 wird dies mit der ausschließlichen Verwendung des Faktors 2,0 vereinfacht. Dennoch wird insbesondere in älteren Publikationen und Datensätzen die OBS bzw. der Glühverlust angegeben, so dass für Synthesearbeiten ein Bedarf an einem adäquaten Umrechnungsfaktor besteht. Offen ist daneben die Frage, ob ein einheitlicher Faktor für alle organischen Böden passend oder eine Differenzierung nach verschiedenen Horizonten und Substraten notwendig ist.

Diese Studie hat das Ziel, den Umrechnungsfaktor zwischen OBS und Corg in Abhängigkeit von Torfart (Hochmoor- vs. Niedermoortorf), Horizont (Ha/Ht, Hw, Hr), Zersetzungsgrad (in drei Gruppen) sowie für den amorphen Oberboden (Gruppierung nach dem C/N Verhältnis) zu ermitteln und auf Unterschiede zu prüfen. Dazu wurden insgesamt 198 Bodenproben auf ihre Corg-Gehalte (Elementaranalyse) und OBS-Gehalte (Glühverlust) untersucht und in gleich große Vergleichsgruppen stratifiziert. Es werden die Ergebnisse vorgestellt.

$\delta^{2}\text{H}_{\text{n}}$ -alkane and $\delta^{18}\text{O}_{\text{sugar}}$ biomarker proxies from leaves and topsoils of the Bale Mountains, Ethiopia, and implications for paleoclimate reconstructions

Bruk Lemma¹; Lucas Bittner²; Bruno Glaser¹; Seifu Kebede³; Sileshi Nemomissa⁴; Wolfgang Zech⁵; Michael Zech²

¹ MLU Halle-Wittenberg; ² TU Dresden; ³ University of KwaZulu-Natal; ⁴ Addis Ababa University; ⁵ Universität Bayreuth

The hydrogen isotopic composition of leaf wax–derived n-alkane ($\delta^{2}\text{H}_{\text{n}}$ -alkane) and oxygen isotopic composition of hemicellulose–derived sugar ($\delta^{18}\text{O}_{\text{sugar}}$) biomarkers are valuable proxies for paleoclimate reconstructions. Here, we present a calibration study along the Bale Mountains in Ethiopia to evaluate how accurately and precisely the isotopic composition of precipitation is imprinted in these biomarkers. n-Alkanes and sugars were extracted from the leaf and topsoil samples and compound–specific $\delta^{2}\text{H}_{\text{n}}$ -alkane and $\delta^{18}\text{O}_{\text{sugar}}$ values were measured using a gas chromatograph–thermal conversion–isotope ratio mass spectrometer (GC–TC–IRMS). The weighted mean $\delta^{2}\text{H}_{\text{n}}$ -alkane and $\delta^{18}\text{O}_{\text{sugar}}$ values range from -186 to -89‰ and from $+27$ to $+46\text{‰}$, respectively. Degradation and root inputs affecting did not appear to alter the isotopic composition of the biomarkers in the soil samples analyzed. Yet, the $\delta^{2}\text{H}_{\text{n}}$ -alkane values show a statistically significant species dependence and $\delta^{18}\text{O}_{\text{sugar}}$ yielded the same species–dependent trends. The reconstructed leaf water of *Erica arborea* and *Erica trimera* is 2H – and 18O –enriched by $+55 \pm 5$ and $+9 \pm 1\text{‰}$, respectively, compared to precipitation. By contrast, *Festuca abyssinica* reveals the most negative $\delta^{2}\text{H}_{\text{n}}$ -alkane and least positive $\delta^{18}\text{O}_{\text{sugar}}$ values. This can be attributed to “signal–dampening” caused by basal grass leaf growth. The intermediate values for *Alchemilla haumannii* and *Helichrysum splendidum* can be likely explained with plant physiological differences or microclimatic conditions affecting relative humidity (RH) and thus RH–dependent leaf water isotope enrichment. While the actual RH values range from 69 to 82% ($\bar{x} = 80 \pm 3.4\%$), the reconstructed RH values based on a recently suggested coupled $\delta^{2}\text{H}_{\text{n}}$ -alkane – $\delta^{18}\text{O}_{\text{sugar}}$ (paleo–)hygrometer approach yielded a mean of $78 \pm 21\%$. Our findings corroborate (i) that vegetation changes, particularly in terms of grass versus non–grassy vegetation, need to be considered in paleoclimate studies based on $\delta^{2}\text{H}_{\text{n}}$ -alkane and $\delta^{18}\text{O}_{\text{sugar}}$ records and (ii) that the coupled $\delta^{2}\text{H}_{\text{n}}$ -alkane – $\delta^{18}\text{O}_{\text{sugar}}$ (paleo–)hygrometer approach holds great potential for deriving additional paleoclimatic information compared to single isotope approaches.

References

Lemma, B., Bittner, L., Glaser, B., Kebede, S., Nemomissa, S., Zech, W., Zech, M., 2021. $\delta^{2}\text{H}_{\text{n}}$ alkane and $\delta^{18}\text{O}_{\text{sugar}}$ biomarker proxies from leaves and topsoils of the Bale Mountains, Ethiopia, and implication for paleoclimate reconstructions. *Biogeochemistry* 153, 135-153.

Carbon dynamics in a near-natural beech forest along a moisture gradient – the BENEATH project

Patrick Wordell-Dietrich¹; Lilli Zeh¹; Alexandra Koller²; Alina Azekenova¹; Britt Kniesel²; Goddert von Oheimb²; Karl-Heinz Feger¹; Stefan Julich³; Karsten Kalbitz¹

¹ TU Dresden, Institute of Soil Science and Site Ecology; ² TU Dresden; ³ Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde

The conservation and establishment of near-natural forests is seen as strategy against climate change. A reduced management intensity in these forests results in higher amounts of above- and belowground deadwood. In consequence, near-natural forests have a positive effect on total carbon (C) storage in comparison to managed forest. A development towards a drier climate may put these C stores at risk. Specifically, the interactions between available soil water, deadwood, living trees with their rooting systems, and soil C storage are poorly understood. The aim of the project is to understand how water balance and soil moisture control C dynamics in near-natural beech forest with a special focus on the role of deadwood.

A near-natural forest stand dominated by mature beech trees was selected in the Naturpark Dübener Heide, lowlands of NW Saxony. Along a slope within an end moraine landscape we defined a soil moisture gradient and established three sites (wet, fresh, more dry). In each site, we installed a monitoring system (in 2022) to determine the effects of changes in soil water availability on tree growth (above- and belowground), root turnover, soil respiration, dissolved organic matter and soil C. The monitoring system includes important parameters as sap flow, tree growth, soil water tension, soil moisture, soil temperature, throughfall, stemflow. Soil water will be sampled and analyzed regularly and soil respiration will be measured. With the obtained data from the moisture gradient, we will assess the effects of climate change-induced changes in the water balance on the C dynamics of a near-natural beech forest. In addition, we monitor soil moisture, soil temperature and sample soil water under deadwood in three different stages of decomposition. This procedure allows us to investigate the feedback of deadwood on soil organic matter and soil water dynamics and availability.

Jahrestagung der
Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft
DBG 2023

Kommission III

Bodenbiologie und Bodenökologie

Carbon and Nitrogen fluxes in the wheat rhizosphere during experimental drought under conventional and conservational land use

Tabata Aline Bublitz¹; Elena Kost²; Rebeca Leme Oliva¹; Anke Hupe¹; Marc Redmile-Gordon³; Jochen Mayer⁴; Martin Hartmann²; Rainer Georg Joergensen¹

¹ University of Kassel; ² ETH Zurich; ³ Royal Horticultural Society (RHS); ⁴ Agroscope

Microorganisms can be greatly affected by climate change. Carbon (C) and nitrogen (N) fluxes at the root-soil-microbe interphase can be altered, which can in turn modulate resistance and resilience of wheat crops towards climate stressors. Plants are known to release ions and volatile gaseous compounds derived from sloughed-off root cells and tissues in a process called rhizodeposition, and changes in the pattern and amount of rhizodeposition may affect processes in which microorganisms are involved. Investigating the ability of wheat plants to transfer N and C to the soil and to microbial residues is essential, especially in climate stress conditions. The quantification and specific component $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ analysis of soil microbial biomass (MB), soil organic matter (SOM), particulate organic matter (POM), and microbial residues such as amino sugars (AS) and extracellular polymeric substances (EPS) can provide insights on how these changes occur under climate stress. AS analysis in general can provide clues on the assessment of dead and living biomass, and of different bacteria or fungi contributions for the microbial C and N residues in soil. EPS functions are important under drought: their mechanisms, as a matrix embedding microbial cells, increase soil aggregate stability processes that promote crop resilience and benefit plant development. For this purpose, analysis is conducted on soil samples under wheat cultivation from an in-situ field manipulation experiment of drought periods under conventional and conservative land use systems. The effects of drought are simulated with rain-shelters, installed on the agricultural DOK long-term trial in Switzerland. Plots of cultivated summer wheat with 3 different fertilization systems (Mineral fertilizers, Manure, and Manure + Mineral fertilizers) with 4 replicates had the installment of microplots inside and outside the rain-shelters. Around 12 plants inside each microplot were labelled with ^{15}N , using a leaf labelling method, and with ^{13}C through CO_2 exposition. Shoot, root, rhizosphere soil and bulk soil at 3 different soil depths were sampled at flowering in 2022 inside each microplot. The hypothesis of the project consist in: 1) Climatic differences produce region-specific changes in crop-soil-microbe interactions, and 2) Land use systems with conservative approaches and low input are more resistant and resilient to climate change events such as drought regarding crop-microbe interactions.

Understanding the effects of drought stress on belowground communities in the Amazon rainforest: a drying-rewetting incubation study.

Elisa Díaz-García¹; Diana Boy²; Simone Kilian Salas³; Alberto Andrino¹; Marcus A. Horn²; Hermann F. Jungkunst³; Georg Guggenberger¹; Jens Boy¹

¹ Institute of Soil Science, Leibniz University Hannover, Germany; ² Institute of Microbiology, Leibniz University Hannover, Hannover, Germany; ³ iES Landau, RPTU Kaiserslautern-Landau, Germany

Changes in rainfall patterns in the course of global change are particularly severe for rainforest ecosystems like Southwestern Amazonia. Longer dry seasons and extreme precipitation add to the alteration of the aboveground biodiversity by deforestation. Increasing anthropogenic transformations push the naturally resilient but fragile ecosystems to their limits. Beyond their limits they potentially cross ecosystem tipping points causing a loss of ecosystem services which cannot be recovered. To investigate the effects of these stressors on the belowground microbial communities, we conducted a multi-cycle drying-rewetting incubation experiment with two drought levels using soils from southwestern Amazonia along an aboveground biodiversity gradient. A moderate and extreme level of drought aimed to bring at least one of the systems to cross a tipping point. Greenhouse gases and microbial biomass were used as a proxy for microbial activity; microbial diversity was determined by genetic approaches. We hypothesized that CO₂ emissions would be higher from the soil of productive pastures than from forested areas, and lower during drought intervals. We also expected microbial biomass and microbial diversity to be higher in the primary forest, decreasing along the aboveground biodiversity gradient. Finally, we hypothesized a decrease in microbial diversity and microbial abundance in all sites at the end of the incubation experiment. This decrease is expected due to the loss of microorganisms that could not cope with prolonged drought. Our results showed that cumulative respiration of pasture soils was higher than that of primary forest soil. Across all aboveground biodiversity levels, cumulative CO₂ emissions, microbial biomass, and microbial diversity were lower in soils that underwent extreme drought treatments. At the end of the incubation, microbial communities of pasture soils were more similar between moderate and extreme drought treatments than the soil microbial communities under primary forest. Moreover, pastures presented a slightly higher microbial biomass and diversity than the primary forests. To conclude, our incubation experiment exposes the greater adaptability to drought stress of pasture communities and lower resilience to drought of soil microbial communities in primary forests.

Limitation in the Underground – Einfluss von Nährstoff- und Substratzugaben auf den mikrobiellen C-Umsatz im Unterboden

Tom Escher; Bernd Marschner; Michael Herre; Theresa Reinersmann; Stefanie Heinze

Geographisches Institut der Ruhr-Universität Bochum

Weltweit ist mindestens die Hälfte des organischen Kohlenstoffs im Unterboden gespeichert, welcher sich durch eine Verweildauer von mehreren tausend Jahren auszeichnet. Die Substratzufuhr in den Unterboden erfolgt heterogen z.B. über die Rhizosphäre oder präferenzielle Fließwege. Dieser reduzierte und räumlich stark lokalisierte Input führt zu Substrat- und Nährstofflimitierung der Mikroorganismen im Unterboden. Das Ziel dieser Studie ist es, zu verstehen, wie sich ein erhöhter Eintrag von Kohlenstoff und Stickstoff in den Unterboden auf den mikrobiellen C-Umsatz auswirkt. Die in dieser Studie verwendeten Proben wurden aus drei Bodenprofilen (Dystric Cambisol) und jeweils zwei Tiefen (0 – 10 und 30 – 50cm) eines über 100 Jahren alten sauren Buchenwaldes in Niedersachsen entnommen. Die Veränderung des mikrobiellen C-Umsatzes wurde mit der MicroResp Methode unter Anwendung folgender Zugaben durchgeführt: i) Con (Kontrolle), ii) Glukose (0,96 mg C), iii) DOC (0,06784 mg DOC), iv) N (0,08 mg N), und die Kombination beider C-Zugaben mit Stickstoff: v) Glukose + N (0,96mg C und 0,08 mg N) und vi) DOC + N (0,06784mg DOC und 0,00565mg N). Die Ergebnisse zeigten, dass im Oberboden alle Zugaben zu einem signifikanten Anstieg des mikrobiellen C-Umsatzes im Vergleich zur Con führten. Jedoch zeigte die kombinierte Zugabe von DOC + N mit 6,48% die höchste Steigerung des mikrobiellen C-Umsatzes im Vergleich zur Con gefolgt von der alleinigen Glukose-Zugabe als leicht verfügbare C-Quelle. Die Zugabe von N führte nur zu einer geringfügigen Erhöhung der mikrobiellen Respiration im Oberboden mit 3,57%. Die leicht verfügbare Substratzugabe (Glukose) führte im Vergleich zur komplexeren C-Quelle (DOC) zu einem höheren C-Umsatz im Vergleich zur Con im Oberboden. Im Unterboden hingegen führte die Zugabe von DOC zum signifikant höchsten Anstieg des mikrobiellen C-Umsatzes mit 1,01% im Vergleich zur Con. Die anderen Zugaben erhöhten die mikrobielle Atmung nur geringfügig im Vergleich zur Con. Die kombinierten Zugaben von C und N bewirkten im Unterboden im Gegensatz zu den Zugaben ohne N einen niedrigeren C-Umsatz. Dies zeigt, dass der mikrobielle C-Umsatz im Oberboden eher durch Glukose (leicht verfügbares Substrat) und der Unterboden vor allem durch DOC (komplexeres Substrat) erhöht wird. Insgesamt verdeutlichen die Ergebnisse, dass ein erhöhter C- und Stickstoffinput in den Unterboden, die mikrobielle C-Umsetzung erhöht und potentiell zu einem gesteigerten SOC-Abbau führen kann.

Oberirdische und unterirdische C-Quellen in Schwarzerden ermittelt anhand der Biomarker Lignin, Suberin und Aminosucker

Constanze Fett; Andrea Scheibe; Andrey Rodionov; Eva Lehndorff

Universität Bayreuth

Schwarzerden sind sehr Organik-reiche Böden, doch der Beitrag von organischem Kohlenstoff (Corg) aus oberirdischer und unterirdischer Biomasse ist unklar. Die zentrale Frage hier ist, inwiefern oberirdisches und unterirdisches Pflanzenmaterial sowie mikrobielle Biomasse bzw. Nekromasse in Böden zum Aufbau dieser immensen Corg-Vorräte geführt haben. Zudem wird untersucht, ob sich die Corg-Vorratzzusammensetzung in deutschen von denen russischer Schwarzerden unterscheidet und wie sich diese auch mit der Tiefe ändert.

Wir untersuchen Schwarzerden von acht Standorten aus Deutschland (Region Halle) und vier Standorten aus Russland (Region Südrussland) in zwei Tiefen (0-15 cm und 50-60 cm). Mithilfe der Biomarkeranalysen von Lignin und Suberin werden oberirdische und unterirdische Pflanzeneinträge identifiziert. Mithilfe von Aminosuckeranalysen wird dem Beitrag von mikrobieller Nekromasse nachgegangen. Lignin setzt sich aus Phenylpropan-Einheiten zusammen und kommt in der gesamten Pflanze vor. Es versteift die Zellmembran und trägt so zur Verholzung der Pflanze bei. Suberin hingegen findet sich vor allem in den Wurzeln. Es besteht aus aliphatisch-aromatisch vernetzten Polyestern und ist Bestandteil der Caspary-Streifen in den Endodermiszellen und trägt durch seine hydrophoben Eigenschaften zur Barriere-Funktion der Wurzeln bei. Aminosucker sind Bestandteil der Zellstruktur verschiedener Organismen und repräsentieren die mikrobielle Nekromasse des Bodens. Wir vermuten, dass sich abhängig von den unterschiedlichen Bodenbildungsbedingungen in Deutschland und Russland signifikante Unterschiede in der Zusammensetzung der Corg-Quellen in den Schwarzerden ergibt.

Förderung der Boden Biodiversität durch permanente Rückegassen?

Antonia Rosa Gleiß¹; Friederike Lang¹; Peter Biedermann²; Helmer Schack-Kirchner¹; Tim Burzlaff²; Kenton Stutz¹; Raluca Hedes²

¹ Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Professur für Bodenökologie; ² Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Professur für Forstentomologie und Waldschutz

Um diffuse Bodenverdichtung auf der gesamten Waldfläche zu vermeiden, hat sich die Konzentration der Bodenverdichtung auf permanenten Rückegassen bei gleichzeitigem Schutz der restlichen Waldfläche durchgesetzt. Möglicherweise sind solche permanenten Rückegassen durch die speziellen Bedingungen, die durch Verdichtung, Auflichtung und die Akkumulation von Schlagabraum zustande kommen, Hotspots für biologische Vielfalt. Es gibt bislang wenig Kenntnis über Auswirkungen der Bodenverdichtung auf die Ökosystemleistung des Waldes als Lebensraum für Bodentiere und Mikroorganismen sowie auf die Nährstoffmobilisierung und Kohlenstoffspeicherung.

Wir sind dieser Frage im Rahmen der Analyse auf 18 Standorten in Süddeutschland nachgegangen. Dazu wurden montane Bergmischwälder, planare Eichenwälder und submontane Kalkbuchenwälder ausgewählt. Die Aufnahme bodenphysikalischer Eigenschaften sowie der Biodiversität der Bodenorganismen erfolgt auf den ausgewählten Rückegassen und im geschlossenen Waldbestand. Zusätzlich werden die Untersuchungsparameter auf Kleinstandorten mit einer Kronendichte, die der auf der Rückegasse ähnelt, erhoben. Das ermöglicht es uns, den Einfluss von Verdichtung und Biomasseakkumulation auf den Rückegassen, vom Einfluss der geringeren Kronendichte zu trennen. Die Biodiversität der Bodenlebewesen wird analysiert, indem die Regenwurmpopulation durch Elektrofang erfasst, die Arthropoden mittels Berlaise-Apparaten mit anschließendem Metabarcoding und die Mikroorganismen über physiologisches Profiling (EcoPlates) bestimmt werden.

Wir vermuten, dass die bodenbiologischen Eigenschaften sehr stark von dem Grad der Veränderung des kleinräumigen Standorts abhängig sind. Die Analysen dazu laufend derzeit. Die Ergebnisse werden auf dem Poster vorgestellt.

Eine Modellierung des Zusammenhangs zwischen den bodenphysikalischen Belastungsindikatoren und den Ergebnissen der verschiedenen Biodiversitätsanalysen soll es uns außerdem ermöglichen, das Ausmaß permanenter Rückegassen auf die Biodiversität von Bodenorganismen – auch als deren mögliches ökologisches Potential – zu bewerten. Aufbauend darauf können Maßnahmen zur Optimierung dieses Potenzials abgeleitet werden.

Monitoring der Bodenfauna in Wäldern Baden-Württembergs

Christian Bluhm¹; Peter Hartmann¹; Heike Puhlmann

¹ Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg

Bodentiere nehmen Schlüsselpositionen im Naturhaushalt ein, sind eine bedeutende Nahrungsquelle für viele Arthropoden sowie Wirbeltiere und stellen einen bedeutenden Teil der Biodiversität von Wäldern dar. Während die abiotischen Veränderungen im Wald und speziell im Boden durch flächendeckende Monitoringprogramme, wie die Bodenzustandserhebung (BZE) oder das Intensive Forstliche Umweltmonitoring (ICP-Forests Level II), bereits seit längerer Zeit beobachtet werden, fehlen jedoch vergleichbare Daten zur Einschätzung der Entwicklung von Bodentiergemeinschaften.

Das hier vorgestellte Projekt „Biodiversität von Waldböden: Bodenfauna“ wird seit 2018 im Rahmen des „Sonderprogramms zur Stärkung der biologischen Vielfalt“ durch das Land Baden-Württemberg gefördert, um methodisch-konzeptionelle Vorbereitungen für ein dauerhaft angelegtes, landesweites Bodenfauna-Monitoring zu treffen. Mit dem Waldbodenfaunamonitoring sollen zum einen erstmalig umfassende landesweite Einblicke in das Bodenleben ermöglicht werden. Zum anderen sollen auch Bezüge zu forstlichen Bewirtschaftungsmethoden, zu naturräumlichen Gegebenheiten und zu der im Klimawandel erwarteten Dynamik hergestellt werden. Für dieses Vorhaben wurden bislang insgesamt 129 Untersuchungsflächen eingerichtet, die durch ihre Anbindung an bereits bestehende Monitoringflächennetze die Möglichkeit bieten, erhobene bodenfaunistische Daten mit umfangreichen Umweltdaten zu verknüpfen. Auf diesen Untersuchungsflächen wurden die bodenökologisch relevanten Artengruppen Regenwürmer, Laufkäfer, Springschwänze und Hornmilben an mehrmaligen Probenahmetermenen quantitativ auf Artniveau erfasst, um die geographische Verbreitung sowie den Einfluss natürlicher Umweltgradienten zu analysieren als auch den Einfluss verschiedener Waldbewirtschaftungsmaßnahmen wie der Bodenschutzkalkung oder eines Bewirtschaftungsverzichts auf die Bodenfauna abschätzen zu können. Um den zukünftigen Einsatz neuester, zeit- und kosteneffizienter Monitoringmethoden wie dem Metabarcoding zu ermöglichen, wurden zudem Referenzbarcodes von noch nicht in Datenbanken enthaltenen Arten der Springschwänze und Hornmilben erstellt.

Die bisherigen Untersuchungen sind hervorragend geeignet, Herausforderungen eines dauerhaften Bodenfaunamonitorings zu bewerten und Lösungsansätze zu bieten. Im weiteren Verlauf des Projekts sollen darauf aufbauend methodische und konzeptionelle Aspekte konsolidiert und eine Einbindung weiterer Artengruppen geprüft werden.

Prozesse des Holzabbaus in gekalkten und ungekalkten Kiefern-Beständen in Brandenburg - Ergebnisse zweier Verbund-Projekte

Jens Hannemann¹; Paul Borowy¹; Matthias Erdmann²; Ina Krah³; Silke Lautner⁴; Marius Möhring⁴; Kerstin Nätke⁵; Natalie Rangno⁶; Sarah Reichhardt¹; Winfried Riek⁴; Peter Schumacher²; Christian Siewert³; Alexander Tischer⁵; Ralf Kätzel¹

¹ Landesbetrieb Forst Brandenburg; ² Materialprüfanstalt Brandenburg GmbH; ³ HTW Dresden; ⁴ HNE Eberswalde; ⁵ FSU Jena; ⁶ Institut für Holztechnologie Dresden gemeinnützige GmbH

Das Land Brandenburg beteiligte sich in den Jahren von 2015 bis 2017 am Länder-Verbundprojekt „Modellvorhaben zur Förderung von Maßnahmen zur nachhaltigen Nährstoffversorgung und Gesunderhaltung von Wäldern“, das vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) gefördert wurde. Das Vorhaben zielte darauf ab, ein Versuchsflächenmonitoring auf ausgewählten Inventurpunkten der Bodenzustandserhebung im Wald (BZE) zu etablieren. Damit wurde eine Datengrundlage geschaffen, um den Einfluss der Waldkalkung auf bodenökologische Kenngrößen der Bodenfest- und Bodenlösungsphase sowie auf den Ernährungszustand von Kiefernbeständen im Nordostdeutschen Tiefland standortsbezogen untersuchen und bewerten zu können.

Im Mittelpunkt steht dabei der Vergleich der jeweils sechs Untersuchungsflächen (gekalkt / nicht gekalkt) mit Blick auf die bodenchemischen Kennwerte, wie pH-Wert, Ca- und Mg-Gehalt, Basensättigung, KAK, C/N-Verhältnis, organische Bodensubstanz etc.. Die bodenchemischen Analysen stammen aus den Jahren 2016 (vor der Kalkung) und 2018 bis 2022 (nach der Kalkung). Der Ernährungszustand der aufstockenden Kiefern wurde in den Nichtvegetationsperioden der o. g. Jahre erfasst.

Das Projekt HolzDeko greift die These eines beschleunigten mikrobiellen Umsatzes nach einer Kalkung auf und fokussiert dabei auf die ober- und unterirdische Dekomposition von Holz. Es bündelt diagnostische Methoden, die für eine weitestgehend standardisierte Bewertung und Quantifizierung der Holzersetzung im Boden, als wichtigen Teilprozess des Stoffkreislaufs in Wäldern, auch für das Waldmonitoring Anwendung finden könnten. In Anlehnung an die Prozesskette reicht dabei das Methodenportfolio von der Begutachtung der Holzprüfkörper, der mikroskopischen Untersuchung holzanatomischer Veränderungen, der mikrobiellen und molekularen Pilzdiagnostik und von thermogravimetrischen Analysen bis hin zur Bestimmung von Aktivitäten und -kinetiken von am Holzabbau beteiligter extrazellulärer Enzyme. Das Artenspektrum der am Holzabbau beteiligten Pilze wurde mit molekularbiologischen Methoden diagnostiziert.

Die gewonnenen Rückschlüsse auf die Zusammenhänge zwischen Humusqualität, Streu- und Holzabbau sowie C-Dynamik einerseits und die durch die Kalkung modifizierten bodenchemischen Bedingungen andererseits werden vorgestellt.

Das Projekt HolzDeko wird gefördert durch: Waldklimafonds, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Förderkennzeichen: 2218WK3A4, Zeitraum 1.5.2020-30.04.2023

Perforation of subsoil and the upper subsoil in a beet-cereal crop rotation after 24 years of no plowing with and without green manure.

Paul Haßler; Johannes Mangerich; Thomas Appel

Technische Hochschule Bingen

Plowing to the depth of the topsoil loosens compaction the lower topsoil, which can easily occur in the course of harvesting sugar beets in autumn. As a side effect of the plowing, there is a risk that a plowing pan will form immediately below the crumb (upper subsoil). Both compaction in the lower topsoil and in the upper subsoil inhibit water infiltration (ki-value) when the topsoil is already saturated with water. Therefore, ki values are an indicator of soil perforation in these potentially compacted horizons. Abandoned root systems of plants with allorhizal root systems can improve soil perforation. This is important in regions of early summer drought to allow plants to penetrate the deeper, wetter soil layers as quickly as possible.

In a long-term trial in the southwestern German arid region, we investigated the effect of shallow tillage on soil perforation in comparison to plowing and whether intercropping (yellow mustard every three years) can improve soil perforation. In 1998, a large plot trial was set up for this purpose on three adjacent fields with the crop rotation (staggered by one year in each case) sugar beet - winter wheat - winter barley. The cereal straw was always removed, and the beet leaf was incorporated. Nutrients were only supplied in the form of minerals (= humus-consuming crop rotation). On each of the three fields, 8 plots were set up, which were cultivated in four treatments: with and without deep tillage (plowing), in each case with and without yellow mustard for green manuring before the beets. Yields on the trial plots are recorded every year. In two measurement campaigns (2012 to 2014 and 2021 & 2022), the ki-values were determined in spring on all plots at two positions per plot using a double-ring infiltrometer. A further measurement will be done in 2023.

Overall ki values were very high in the field, averaging 1104 mm / h in 2021 & 2022. Green manuring significantly improved perforation from 901 to 1307 mm/ha. In the period of a first measurement campaign, the ki values were still lower by a factor of 3.3 on average. The improvement was stronger with green manuring (factor 3.9) than without (factor 2.7). The abandonment of deep tillage (plowing) had no influence on the ki-values. We conclude from the results that not plowing and humus-consuming tillage did not have a negative effect on soil perforation in the long term.

The unknown soil microbial biomass stoichiometry and its potential use – C:N:P:et al.

Michael Hemkemeyer¹; Christoph C. Tebbe²; Florian Wichern¹

¹ Rhine-Waal University of Applied Sciences; ² Thünen Institute of Biodiversity

Microorganisms fulfil a wide range of ecosystem functions in soil such as nutrient cycling and soil aggregation. Even after death they support soil fertility, as they serve as reservoirs of plant nutrients and their residues represent the larger part of soil organic matter. Thus, a greater and/or more active soil microbial biomass (SMB) has a higher potential of fulfilling these functions. Classically, SMB is determined by chloroform fumigation-extraction (CFE) of carbon (C), nitrogen (N), phosphorus (P), sulphur (S), and, recently, potassium (K). Depending on vegetation and land use, stoichiometry of SMB-C:N:P is homeostatic. However, microorganisms consist of many more elements, which play specific roles in cell functioning, growth, and ecosystem services. For instance, iron (Fe) is involved in central metabolic pathways and N cycling. Zinc (Zn) plays a role in P cycling and, in eukaryotes, transcription. Manganese (Mn) can substitute for many metals, e.g. magnesium (Mg) the most used one in metalloproteins, and is needed in lignin degradation. The SMB-C:element ratio needed for fulfilling a function is not known. Recently a CFE-based protocol using inductively coupled plasma optical emission spectroscopy (ICP-OES) was developed for analysis of SMB elements beyond C, N, and P. First applications of this protocol indicated homeostatic behaviour of SMB-C:N:P:K, but a plastic one for SMB-C:Mg:Mn. Here we like to introduce our project C:N:P:et al., which aims at finding whether a specific element shows homeostatic or plastic behaviour and which SMB-C:element ratio is needed for fulfilling functions. The research utilises and compares agricultural soils with different nutritional status as derived from long-term fertilisation treatments. Stoichiometry will be linked to enzyme activities and the abundance of functional genes coding for metalloproteins, the latter revealed by metagenomics. Furthermore, we want to find out whether fertilisation with specific elements like Fe, Zn, and Mn can enhance microbial growth and activity. Overall, results of this project shall indicate potential use of knowledge of SMB stoichiometry and soil nutritional status for enhancing microbial ecosystem services.

Nutrient Dynamics in Soil and Soil Water impact Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) Colonization and Abundance on Grassland Slopes in Eastern Bavaria, Germany

Anna Holmer¹; Kaiyu Lei²; Sigrid van Grinsven¹; Jörg Völkel¹

¹ Chair of Geomorphology and Soil Science, Technical University of Munich ; ² Chair of Soil Science, Technical University of Munich

It is widely known that natural soils under different land use provide a heterogenous environment regarding nutrient availability. This affects plants as well as microorganisms such as arbuscular mycorrhizal fungi (AMF). It can have an impact on the abundance and amount of root colonization by AMF. These complex systems are often studied in experimental setups, while the wider scope of natural systems shaping entire landscapes so far received less attention.

To unravel the impact of land use and the soil parent material (including the typical periglacial layering along slopes in the area) on nutrient availability and thus AMF root colonization and total abundance, two forest-grassland-creek catenae were selected in the low mountain region of the eastern Bavarian Forest (Germany). This landscape is characterized by the uniformity of the bedrock and its weathering product (saprolite), which decisively shapes the landscape. One of the two catenae was extensively used for feed production with 2-3 cuts per year. It received slurry twice a year as well as carbonic magnesium lime. The other catena had always been used as part of a deer browsing area with low stocking density. It has never been fertilized (apart from deer excretions) or limed and is mulched once per year. Soil profiles along both catenae were sampled and suction cups placed according to the periglacial layering, to investigate the nutrients in percolation- and interflow water coming downslope. Moreover, samples were taken for the investigation of AMF colonization and abundance according to the catena-profiles.

We will present our results on the nutrient dynamics observation along the two catenae. These consist of nutrient concentrations in slope water from the suction cups as well as carbon, nitrogen and phosphorus contents along the catenae. Moreover, we will show the corresponding AMF root colonization and AMF abundance data. We expect these data to show a correlation of nutrient dynamics along the slope with AMF colonization and abundance as well as a difference between the two sites in nutrient dynamics and resulting AMF occurrence, according to the divergent land use.

To summarize, we will provide a field-based observation of the impact of land use regimes and landscape-shaping geological disposition on nutrient dynamics along grassland slopes in the Bavarian Forest, which influence AMF colonization and abundance.

Sorptivity of dissolved organic matter derived from microbial necromass and maize litter to illite and goethite

Klaus Kaiser¹; Angelika Kölbl¹; Robert Mikutta¹; Ye Yuan²; Marion Schrumpf²

¹ Martin Luther University Halle-Wittenberg; ² Max Planck Institute for Biogeochemistry

The persistence of organic carbon in soils is enhanced by attachment to minerals. Knowledge on the formation and stability of mineral-associated organic matter (MOM) is therefore crucial for understanding energy and matter fluxes in soil.

Formation of MOM starts immediately with the initial degradation of plant litter when macromolecules become enzymatically depolymerized and partly oxidized to smaller soluble polymers and monomers, which then can adsorb to minerals. Not all soluble compounds released during the degradation of litter constituents are sorbed by minerals but serve decomposing microorganisms as carbon and energy source; thus, concurrent MOM formation from microbial products and necromass needs to be considered. The mechanisms and efficiency by which microbial necromass is transferred to and stabilized by different soil minerals have, however, not been studied systematically so far.

We investigated the interactions of microbial and plant-derived dissolved organic matter (DOM) with minerals. We extracted DOM from fresh and pre-incubated maize litter and from fungal necromass, and conducted sorption experiments with illite and goethite. The results showed that sorption to illite is generally low. Comparing DOM from fungi and maize, the results showed that goethite preferentially sorbs maize-derived DOM, whereas illite sorbs more fungi-derived DOM. We found a slightly higher sorption of DOM derived from incubated than from fresh maize, probably due to a higher proportion of oxidized functional groups produced by partial decomposition.

In the next step, the sorption of DOM from bacterial necromass will be investigated. To better understand the different sorptivity of DOM solutions, the composition of freeze-dried DOM before and after sorption will be characterized by ¹³C NMR spectroscopy.

The presentation will summarize the results and conclude on the possible differential contribution of plant- and microbial necromass-derived organic matter to MOM formation in soil.

Apple Replant Disease - Which soil properties regulate its severity on regional scales?

Jacqueline Kaldun¹; Jiem Krüger²; Nele Meyer¹; Nils Orth³; Jens Boy²; Georg Guggenberger²; Traud Winkelmann³; Eva Lehdorff¹

¹ Soil Ecology, University Bayreuth, Germany; ² Institute of Soil Science, Leibniz University Hannover, Germany; ³ Institute of Horticultural Production Systems, Leibniz University Hannover, Germany

Apple replant disease (ARD) is a major economic problem in fruit-growing regions and tree nurseries worldwide. Repeated cultivation of apple trees on the same fields results in growth depression and significant yield reduction. The altered microbial community in the soil is the suspected main cause of growth depression, but it is not fully understood how abiotic soil properties, with their controls on microbial activity and microbial functions, may affect the intensity of replant disease. In order to obtain a comprehensive knowledge of ARD severity distribution within Germany's main apple growing areas and its influencing soil factors as well as to validate ARD indicators, 150 field sites are currently sampled on farms and in tree nurseries of Germany. The severity of ARD is estimated in a biotest after gamma irradiation by comparing growth parameters in untreated and irradiated soils. Diverse abiotic (e.g. texture, water holding capacity, carbon and nutrient stocks) and biotic (microbial biomass and activity) soil properties are analyzed. Moreover, samples are shared with partners from other disciplines who will quantify key rhizosphere soil taxa, key root endophytes, ARD indicator gene expression, plant defense reaction in roots (phytoalexins) and investigate microscopically root symptoms. Measurements are in progress. The results will include the biotest in relation to soil texture, microbial biomass and activity, and carbon and nitrogen data. The results of the first biotest show significant differences in the growth of apple plants between untreated and gamma irradiated soil. These data are intended to demonstrate that ARD is more prevalent in sandy soils than in loamy soils. In addition, a relation with the amount of SOC contents and the severity of ARD is suspected. An analysis of the data using multivariate statistics will demonstrate the relationship between the severity of ARD and the different soil properties. Based on these results, a decision support tool, like an app, is foreseen to be developed for the companies.

Modulation of enzyme activities and plant growth pattern by plant pathogen *Ilyonectria robusta*

Jiem Krueger¹; Jessica Schimmel¹; Jens Boy¹; Yijie Shi²; Sebastian Löppmann²; Janett Riebesehl³; Corina Nave⁴; Evgenia Blagodatskaya⁵; Sandra Spielvogel²; Georg Guggenberger¹

¹ Leibniz Universität Hannover, Institut für Bodenkunde; ² Christian-Albrechts Universität zu Kiel, Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde; ³ Julius Kühn-Institut (JKI) Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen; ⁴ Bundesamt für Verbraucherschutz

Apple replant disease (ARD) is a worldwide problem. It is generally known that replanting in sandy soils results in more severe symptoms than in clayey soils. Several candidate organisms have been proposed as causal agents for ARD, such as *Pythium*, *Fusarium*, and *Nectriaceae*, especially *Ilyonectria robusta*. Our objective was to investigate the effects of the potential ARD-causing plant pathogen *I. robusta* on microbial functionality and enzyme activities in an almost natural soil system with sandy and loamy textures. Apple rootstocks were grown for 6 weeks in rhizothrones in an Endic Podzol (sandy) and a Haplic Luvisol (loamy) with replant and virgin soil with/without inoculation. Plant growth was determined weekly. After harvest, every 2 weeks shoot dry mass were determined and microscopically *I. robusta* in root segments were analyzed. ITS sequencing of different isolated morphotypes was performed to support the identification. The activities of extracellular soil enzymes involved in C, N and P cycles (β -glucosidase, phenol oxidase, cellulase, chitinase and phosphatase), soil biomass carbon (SBC) and community-level physiological profiling (CLPP) were analyzed in bulk and rhizosphere soil, and spatially resolved chitinase activities were visualized by 2D zymography.

We observed neither differences in plant growth or shoot dry mass compared to the controls, nor any clear ARD symptoms such as root necrosis. After 6 weeks the inoculated virgin variants were infected by *I. robusta* with 30% of the analyzed roots. The loamy ARD control variant had about 4-times higher soilborne infections (22%) than the sandy variant, whereas the inoculated ARD variants had 65% infections for the loamy and 49% for the sandy soil. Inoculation with *I. robusta* leads to an increase in extracellular enzyme activity of hydrolases and a decrease in the activity of phenol oxidases in the bulk soil with unchanged SBC, while no trends were observed in the rhizosphere soil. The CLPP also shows higher metabolism of carbohydrates than of complex polymers. 2D zymography also shows increased activities in the inoculated variants. With increasing infection by *I. robusta*, the bulk soil microorganism seems to invest more in nutrient acquisition from simple carbon compounds than from more complex ones, being more pronounced in loamy soil. The results indicate a clear effect on the nutrient acquisition of the microbiome, which varies in our experiment depending on the soil texture.

Back to the roots: How does the combination of root contrasted phenotypes of wheat influence the microbial community and nutrient flow under different water regimes

Adrian Lattacher¹; Samuel Le Gall²; Chao Gao¹; Moritz Harings²; Ellen Kandeler¹; Ahmet Sircan MSc¹; Youri Rothfuss²; Christian Poll¹

¹ University of Hohenheim; ² Forschungszentrum Jülich

Root architecture adaptation can increase the resilience of agroecosystems to the impacts of climate change, particularly with regards to increasing drought events. To have the perfect root system adapted to all environmental conditions is usually not possible. While a deep root system is better suited to withstand prolonged periods of drought, the development of this root system requires more resources (carbon wise) compared to a shallow root system. A combination of contrasting root architectures (shallow and deep root systems), in contrast, could combine the advantages of both root systems. We will investigate the effect of using root contrasting genotypes (shallow and deep rooted) of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) on the carbon and nitrogen fluxes in soil and the resulting effect on the microbial community. We hypothesized a) that a combination of root-contrasting genotypes would lead to an increased microbial activity throughout the soil profile, due to the more homogeneous release of root exudates in the topsoil and subsoil, which may enhance the microbial carbon stabilization in the soil profile b) that under drought the shallow-rooted genotype in the mixed culture will benefit from the hydraulic lift of the deep-rooted genotype, which might increase the microbial activity in the topsoil, due to the transport of water and nutrients from the moister subsoil to the dryer topsoil layers. To test these hypotheses, a column experiment in a climate chamber under controlled conditions was performed. Therefore, the two genotypes were grown in mono- and mixed cultures under well-watered (pF 2.5-3.0) and dry conditions (pF 3.5-4.0). During plant growth, ¹³C pulse labeling of the atmosphere and a ¹⁵N fertilization within topsoil and subsoil was performed. Once the plants reached the reproductive stage, the above-ground plant biomass was removed, and the soil was extracted from the columns. To gain more detailed insights on the spatial distribution of the microbial activity, the activity of two key enzymes with central roles in the carbon and nitrogen cycle, the β -glucosidase and the N-acetylglucosaminidase, was investigated. In addition to the structure of the main microbial groups, the microbial ¹³C and ¹⁵N incorporation was determined to identify the microbial primary consumers.

Impact of soil faunal necromass on soil organic matter and microbial diversity

Stefanie Maaß; Shin Wong Kim; Daniel Lammel; Matthias C. Rillig

Freie Universität Berlin

All animals, regardless of trophic position, will ultimately have their biomass recycled in an ecosystem upon their death, directly by their decomposition or indirectly by the decomposition of the predator that consumed them. Most studies of faunal necromass refer to the decomposition of vertebrates or aboveground animals, but little is still known about the necromass of soil fauna in this context. Due to the high abundance of especially soil invertebrates, we have to expect a huge input of faunal dead biomass throughout the year. We here discuss potential impacts that dead faunal biomass can have on the soil and the soil community. Especially the provision of short-term, high quality food sources for the microbial community does play a major role, as the presence of available chitin might increase certain bacteria and fungi that are able to break down this component. In addition, the microbial community originating from the cuticle and from the gut system of the dead individual might, at least in the short-term, affect the soil microbial community. Overall, due to its high numbers, dead faunal biomass has to be taken into account in local nutrient turnover scenarios.

Earthworms in the soil under a beet-cereal rotation after 24 years of no plowing with and without green manure

Johannes Mangerich; Paul Haßler; Thomas Appel

Technische Hochschule Bingen

Annual plowing is helpful in controlling weeds, but it can also be detrimental to earthworms in the soil. Especially in regions with frequent and extended summer drought, it is beneficial for plants to use the burrows of deep-burrowing (anecic) earthworms to quickly penetrate deeper, moist soil layers with their roots. In a long-term trial in the drylands of southwest Germany, it was investigated whether it is possible to compensate for the negative effect of plowing on earthworms by green manuring once every three years. In 1998, a field experiment with large plots (43 m x 24 m) was set up on three adjacent fields with the crop rotation (staggered by one year in each case) sugar beet - winter wheat - winter barley. The straw was always removed, and the beet leaf was incorporated. Nutrients were supplied exclusively in the form of minerals (= humus-consuming crop rotation). On each of the three fields, 8 plots were set up, which were cultivated in four 4 variants: with and without deep plowing, in each case with and without yellow mustard for green manuring before the beets. Yields on the trial plots are recorded every year. In 2012, 2013 and 2014, as well as in 2021, 2022 and 2023, earthworms were or will be counted in the soil at two positions per plot in the spring shortly before or after beet sowing, and their mass was determined, divided into endogeic and anecic species. From the plow layer, the animals were picked out by hand. From the subsoil, the anecic earthworms were expelled with allyl isothiocyanate.

In the 2021 & 2022 measurement campaign, the mass of anecic earthworms was on average 84% higher in plots with green manure than in plots without ($p = 0.025$, $n = 6$ plots). No plowing did not significantly affect the anecic earthworms. For endogeic earthworms, plowing - especially in combination with green manure - was rather positive (not significant).

From the first measurement campaign in 2012 to 2014 to the measurement in 2021 and 2022, earthworm mass decreased on average by 28.8%. Measurement in 2023 is still outstanding. This decrease of earthworm biomass was based on a decrease in anecic earthworms. The reduction in earthworm biomass over the three crop rotation periods was accompanied by humus depletion. The humus depletion and the reduction in anecic earthworms did not negatively affect the crop yields.

Drought effect on enzymes kinetics and microbial growth in the root environment of maize

María Martín Roldán¹; Roman Hartwig²; Monika Wimmer²; Evgenia Blagodatskaya¹

¹ Helmholtz Centre for Environmental Research – UFZ; ² University of Hohenheim

Current drought events and plant genotype selection are the factors affecting the decomposition processes of soil organics in the rhizosphere. We studied the effect of two maize genotypes on enzymatic activity and microbial growth in the rhizosphere after a drought stress to induce water and resources limitation. We hypothesized that (1) maximum enzymatic rates (V_{max}) for β -glucosidase, N-acetylglucosaminidase, leucine-aminopeptidase, and acid phosphatase will decrease due to lower accessibility of substrates; and (2) microbial growth rate will be slower due to limited nutrients availability. We proved these hypotheses on *Zea mays* L. wild type (WT) and a root hair deficient mutant (*rth3*) grown in soil columns. We considered the soil brushed of the roots as a root-affected and the soil washed from the roots thereafter as a rhizosphere. Glucose-induced microbial growth was determined by microcalorimetry.

Two of four enzymes tested showed sensitivity to drought stress: β -glucosidase and phosphatase. Maximum enzymatic rates of β -glucosidase and phosphatase were, respectively, 73 and 47 % slower after drought stress in the rhizosphere of WT compared to well-watered plants. In the rhizosphere of *rth3*, β -glucosidase showed a 32 % reduced V_{max} after drought compared to optimal watering. In root-affected soil, drought decreased β -glucosidase activity by 72 and 57% for WT and *rth3* plants, respectively. In the rhizosphere of WT plants under drought stress, higher β -glucosidase and phosphatase affinity for substrates corresponded to 31 and 42% lower Michaelis-Menten affinity constant (K_m), respectively, compared to optimal watering. In root-affected soil of *rth3* mutant, only β -glucosidase showed 39 % decreased K_m under drought compared to well-watered plants. Higher enzymatic affinity after a drought event versus optimal watering indicated altered intrinsic properties of extracellular enzymes. Moreover, plant genotype effect was observed under drought stress as a 54 % decrease of V_{max} for WT plants compared to *rth3*, which indicated a lack of directional association between maize root-hairs and β -glucosidase hotspots. Glucose-induced microbial growth was delayed up to 14 hours under drought compared to optimal moisture, suggesting a minor fraction of active microorganisms in the former. Moisture appeared to mainly trigger microbial growth and enzymatic activity in the rhizosphere rather than plant genotype, whose effect was notorious under drought.

Soil spatial heterogeneity due to tree-induced water flux patterns: Comparative study of two temperate forest sites in Europe and Northern America

Johanna Clara Metzger¹; Joscha N. Becker¹; Anke Hildebrandt²; Tobias L. Hohenbrink³; Christian Messier⁴

¹ Institute of Soil Science, Center for Earth System Research and Sustainability, University of Hamburg; ² Institute of Geoscience, Friedrich-Schiller-University Jena; ³ Institute of Geoecology, Technical University of Braunschweig; ⁴ Institut des Science

Soil properties in forests are highly heterogeneous. Earlier studies showed that spatial variability is not random, but systematically evolves from ecosystem structures and functionings. A vegetation-dependent pattern on the plot scale is the formation of soil microsites at tree trunks. In a European beech (*Fagus sylvatica*) dominated, unmanaged forest in Central Germany, tree-associated soil microsites could be set in relation to high soil water fluxes induced by stemflow: Increased water fluxes lead to increased pedogenesis, affecting soil chemical as well as physical properties. As an effect, significantly altered soil hydraulic properties also created feedbacks on soil water state and dynamics. In our study, we investigate whether this phenomenon is also prevalent in other forest ecosystems. To this end, we chose a semi-natural temperate forest in Québec, Canada. The forest is dominated by sugar maple (*Acer saccharum*), which is known to yield relevant amounts of stemflow. At both sites, we took disturbed (10 and 30 cm soil depth) and undisturbed soil samples (30 cm soil depth) proximal (0.5 m) and distal (2 m) to 15 trees each (beech/maple, DBH $\approx$ 0.3 m) to measure soil texture, carbon and nitrogen content, and both hydraulic conductivity and water retention curves. Using statistical tools, we aim to (1) find out if the sampling reproduces the previously observed patterns of tree-induced soil microsites and (2) compare soil properties, their interrelationships, and associated pedogenetic processes within and between sites. This will provide further insight into interactions between ecosystem structure, hydrological dynamics and soil heterogeneity as well as the linkage between above- and below-ground patterns and processes in temperate forest systems.

Was macht der Gemüseanbau mit dem Bodenleben? Monitoringergebnisse des Bodenzustandes in Gemüsebaubetrieben von Deutschland, Polen und Tschechien

Sandra Münzel; Carmen Feller

Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenanbau - IGZ Großbeeren

Böden stellen eine wichtige Grundlage für unsere Lebensmittelproduktion dar und sind damit das wichtigste Gut für die Landwirtschaft. Der Erhalt und die Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit bei gleichzeitiger Förderung der Biodiversität sind relevante Aufgaben. Denn nur ein gesunder Boden kann gesunde Pflanzen und damit gesunde Lebensmittel produzieren.

Ziel eines Projektes des Leibniz-Instituts für Gemüse- und Zierpflanzenbau e.V., welches zusammen mit der Kaufland Stiftung & Co. KG und der Gemüsering Stuttgart GmbH realisiert wird, ist eine Verstetigung und Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit durch Umsetzung verschiedener bodenspezifischer Maßnahmen zum Humusaufbau und zur Erhöhung des Bodenlebens in Pilotbetrieben des Gemüse- und Obstanbaus.

Die wissenschaftliche Begleitung von Produktionsstandorten und das Monitoring zu Biodiversität, Humusgehalt und Bodenleben ist die Basis für eine langfristige Verbesserung der Bodengesundheit nicht nur in den Pilotbetrieben.

Die Auswertung von Bodenproben aus 51 Gemüseanbauflächen dient der Einschätzung des Ist-Zustandes der Bodenfruchtbarkeit. Mikrobiologische Eigenschaften wurden mittels PLFA-Analyse bestimmt sowie weitere relevante Zustandsgrößen, wie Humusgehalt, pH-Wert und Gehalt an Mikronährstoffen und Schwermetallen untersucht.

Die Ergebnisse weisen deutliche Unterschiede in den Bodeneigenschaften zwischen den Standorten auf. Die Schwankungsbreite der bodenchemischen und -physikalischen Parameter ist in Böden der Gemüsekulturen größer als in Apfelanlagen. Es konnte kein signifikanter Unterschied in dem Gehalt an organischer Substanz festgestellt werden. Jedoch waren die mikrobielle Biomasse, die bakterielle und die pilzliche Biomasse in den Böden mit Apfelanlagen deutlich höher. Weitere enge Korrelationen traten nicht nur zwischen den analysierten biologischen Parametern und dem Gehalt an organischer Substanz auf, sondern auch zu chemischen Parametern, wie dem Gehalt an Magnesium und Bor. Die Korrelation zwischen dem organischen Kohlenstoff des Bodens (Corg) und dem Gesamtstickstoffgehalt betrug beispielsweise 0,85.

Auf Basis des ermittelten Ist-Zustandes der Böden erfolgt die Ableitung von individuellen flächenspezifischen Maßnahmen zum Erhalt und zur Erhöhung der Bodenvitalität und des Bodenlebens in den Betrieben, die Kaufland mit entsprechenden Waren beliefern. Im Ergebnis des Projektes sollen in einem Leitfaden verbindliche Vorgaben für den Anbau von Gemüse und Obst formuliert werden.

Mechanische Belastung von Maiswurzeln führt zu einer erhöhten Ethylenkonzentration in der Gasphase des Bodens

Maxime Phalempin¹; Eva Lippold¹; Felix Brauweiler¹; Bernd Apelt¹; Henrike Würsig¹; Mika Tarkka²; Steffen Schlueter³; Doris Vetterlein¹

¹ Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ; ² German Centre for Integrative Biodiversity Research (iDiv) Halle-Jena-Leipzig; ³ Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ

Zu den typischen Auswirkungen von mechanischem Stress auf Wurzeln gehören verringertes Wurzelwachstum und eine zunehmende radiale Verdickung. In vielen Studien wurde ein Zusammenhang zwischen mechanischem Stress, dem die Wurzeln ausgesetzt sind, und dem gasförmigen Pflanzenhormon Ethylen hergestellt; die Daten legen nahe, dass Ethylen als endogener Wachstumsregulator der Wurzeln wirkt. Soweit uns bekannt ist, wurde jedoch in keiner der Studien über die Rückkopplungsmechanismen von Ethylen und mechanischem Stress die Ethylenkonzentration unter realistischen Bodenbedingungen gemessen, d. h. in der Gasphase des Bodens und über einen längeren Zeitraum. In dieser Studie haben wir versucht, diese Wissenslücke zu schließen, indem wir ein Experiment durchgeführt haben, das es ermöglichte, die Ethylenkonzentration direkt in der Gasphase des Bodens mit passiven Diffusionssonden für Maispflanzen zu messen, die über einen Zeitraum von 21 Tagen in umgeschütteten Bodensäulen im Labor einer unterschiedlich starken Bodenverdichtung ausgesetzt waren. Mit Hilfe der Röntgen-Computertomographie untersuchten wir die räumlich-zeitlichen Muster der Ethylenkonzentrationen in der Nähe von Wurzeln, um zu beurteilen, welche Wurzeltypen als Hauptquelle für Ethylen im Boden fungieren. In Übereinstimmung mit der Literatur führte die Bodenverdichtung zu einem signifikanten Anstieg der Ethylenkonzentration in der Gasphase des Bodens, was sich auf das Wurzelwachstum auswirkte, indem das Wachstum der Feinwurzeln deutlich reduziert und der Anteil der dickeren Wurzeln erhöht wurde. Eine visuelle Inspektion der Röntgen-CT-Bilder zu verschiedenen Zeitpunkten der Gasentnahme zeigte, dass hohe Konzentrationen nicht unbedingt auf die Häufigkeit oder Wurzeltypen in der Nähe einer Sonde zurückzuführen waren. Die höchsten Ethylenkonzentrationen wurden jedoch dort gemessen, wo sich Wurzeln in der Nähe einer Sonde befanden. Die Probenahmetiefe und der Zeitpunkt der Probenahme hatten keine oder nur sehr geringe Auswirkungen auf die gemessenen Ethylenkonzentrationen. Unsere Ergebnisse deuten darauf hin, dass sich das Ethylen in den Bodensäulen ziemlich homogen verteilt und dass die mikrobielle Aktivität ebenfalls für einen großen Teil der Ethylenproduktion verantwortlich ist. Zukünftige Experimente sind geplant, um den Beitrag der Mikroben zur gesamten Ethylenproduktion zu bewerten.

Different Crop Rotation Scenarios Affected Enzyme Kinetics Pattern in a Loess Soil

Mehdi Rashtbari¹; Andrea Braun-Kiewnick²; Markus Schemmel³; Zheng Zhou; Lingyue Han; Katharina Pronkow⁴; Doreen Babin²; Kornelia Smalla²; Daguang Cai³; Henning Kage⁴; Bahar S. Razavi¹

¹ Department of Soil and Plant Microbiome, Institute of Phytopathology, University of Kiel, Germany; ² Institute for Epidemiology and Pathogen Diagnostics, Julius Kühn-Institute - Federal Research Centre for Cultivated Plants, Germany; ³ Department for Mo

Continuous wheat cultivation leads to crop productivity decrease. Soil carbon availability is one of the main determinants of microbial activity. Also, nitrogen (N) availability limits plant growth in most terrestrial ecosystems, regulates carbon sequestration and microbial functionality. Therefore, this study aims to elucidate and quantify the effects of the first and second wheat after break crop and long-term wheat monoculture at late growth stage, on soil enzymatic activity. We hypothesized that the long-term wheat rotation leads to the production of less efficient enzymes accompanied by the decline of enzyme production. We performed spatio-temporal sampling in frame of a field study at the experimental farm Harste, (IFZ, Göttingen). A horizontal soil sampling from rhizosphere (RH), root affected soil (RA), and bulk soil (BS), at the flowering stage (BBCH 69-71) as 1st (W1) and 2nd (W2) wheat after break crop and wheat monoculture (WM) was performed. The kinetic parameters (V_{max} and K_m) of β -glucosidase involved in degradation of C substances and L-leucine aminopeptidase (LAP) involved in nitrogen acquisition were determined. Results showed there was considerable decrease in V_{max} in WM compared to W1 and W2 in RH and RA compartments for β -glucosidase and in RA for LAP. The highest decrease in wheat monoculture compared to the W1 was observed in RH by ~34 % for β -glucosidase and 26.2 % in BS for β -glucosidase. The lowest V_{max} for LAP was observed in RA in W2 which was the same as WM and decreased by ~48 %. The substrate affinity (K_m) for β -glucosidase in BS and RA strongly decreased in WM compared to W1 and W2, while in RH a 38 and 18.6 % increase was observed in W2 and WM compared to W1, respectively. For LAP, K_m values showed increasing trend from W1 to W2 and WM in BS and RH. Catalytic efficiency (V_{max}/K_m) for β -glucosidase and LAP in RH compartment showed considerable decrease in WM compared to W1 by 42.6 and 41.3 %, respectively. The general trend of catalytic efficiency demonstrated a gradual decrease with wheat rotation as a function of distance from root to bulk soil. Overall results showed that RH compartment had the highest enzyme activity and there was a downward trend from rhizosphere to bulk soil compartments for enzyme activities. We concluded that continuous cultivation of wheat suppressed microbial activity and functional efficiency and not only resulted to lower enzyme activity, but also led to production of less efficient enzymes.

Comparative analysis of soil enzyme activities in rhizosphere and bulk soil under decreased SOC levels

Julia Schirrmacher¹; Julian Ruggaber²; Stephan Wirth²; Bahar Razavi³; Steffen Kolb²

¹ Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF); Christian-Albrechts-Universität zu Kiel; ² Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF); ³ Christian-Albrechts Universität zu Kiel

Agricultural land accounts for 10 % of the soil organic carbon (SOC) stored in soil worldwide, which is threatened by human-induced soil erosion. The effects of erosion on the SOC pool are not fully understood, but previous research showed that the microbiome is pivotal in the formation and stabilization of new SOC. Eroded soils can rapidly restore historically lost C and act as temporary C sink. Decomposition of plant debris and carbon (C)- and nitrogen (N)-rich bio-macromolecules such as cellulose, chitin or proteins by extracellular enzymes play a crucial role in the SOC cycle.

Here we aimed to study the effects of erosion-induced, decreased C levels and growth stages of a host crop on activities of soil exoenzymes.

A pot experiment with arable soil from the Uckermark region, Germany was conducted. Erosion was simulated by admixture of 24% Bt subsoil to Ap topsoil decreasing the SOC levels, undisturbed Ap soil was considered as a reference. Brassica napus L. was used as model and site-typical crop. Destructive sampling of the pots was performed at the rosette and flowering growth stages. Microbial biomass CMic and NMic were determined by chloroform fumigation extraction. 1-4- β -cellobiohydrolase (CBH), N-acetylglucosaminidase (NAG) and L-leucin-aminopeptidase (LAP) activities were measured in rhizosphere and bulk soil using fluorogenic assay and correlated to other soil parameters.

Whereas CBH are considered a proxy for the dynamics of plant-derived C and NAG of microbial necromass C, respectively, LAP serves as a proxy for the organic N pool. The activities of CBH, NAG and LAP are expected to be higher in rhizosphere soil compared to bulk soil due to increased input of readily available carbon through plant litter and root exudates. During the flowering stage of oil rapeseed, the activities of CBH, NAG and LAP might be higher compared to the rosette stage due to a typically higher abundance of microbe cells. In the SOC-depleted, admixture soil material an increase in CBH and LAP activity is anticipated as the low C availability requires stimulated activity of polymeric C decomposing enzymes to provide C and energy for microbe's growth.

First steps towards a substrate-independent metabolic flux model with thermodynamic constraints

Guodong Shao¹; Callum C. Banfield¹; Lingling Shi¹; Kyle Mason-Jones²; Weichao Wu³; Michaela A. Dippold¹

¹ Geo-Biosphere Interactions, Department of Geosciences, University of Tuebingen; ² Netherlands Institute of Ecology; ³ Shanghai Ocean University

Metabolic flux analysis is an integrated experimental and computational approach for quantitative understanding of biochemical reaction networks with particular relevance in metabolic engineering and systems biology. Mass and energy flows through soil microbial metabolism are subject to the laws of thermodynamics. Carbon (C) allocation through central metabolic pathways can be reconstructed by ¹³C-metabolic flux analysis (¹³C-MFA) by tracing C atoms from substrate molecules into metabolic products such as CO₂ or fatty acids. However, mass flow via ¹³C-MFA alone might be insufficient to characterize microbial carbon use, and novel approaches considering bioenergetic constraints are required. In the first step, we will adapt the ¹³C-MFA from a model optimized for pure

cultures, which is based on a single carbon source, to a model that more precisely represents the reality in soil, where multiple monomeric C sources of various oxidation level co-exist and enter the major pathways (glycolysis, pentose-phosphate-pathway, citric-acid-cycle) concomitantly. We will identify optimal sets of isotopomer tracers for ¹³C-MFA and couple this with targeted metabolite analysis. This will allow extension of our existing model (based on glucose as substrate and fatty acid as end member) to various input substrates and diverse amino acids as end-members. We have performed a preliminary position-specific glucose labelling experiment and detected total CO₂ and substrate-derived ¹³CO₂ fluxes as well as compound-specific amino acid ¹³C analysis. Our pre-experiment showed that the peak in substrate-derived ¹³CO₂ fluxes were observed 12 h after glucose addition, indicating that the ideal sampling time for compound-specific amino acid measurement is 12 to 24 h after substrate amendment. Soil-adapted ¹³C metabolic flux analysis coupled with thermodynamic constraints will substantially improve our ability to understand the connections between metabolic C fluxes and their bioenergetic implications depending on the substrate available for microbial growth in soil systems.

Illumination of organic nitrogen in the rhizosphere

Guoting Shen¹; Andrey Guber²; Sajedeh Khosrozadeh³; Negar Ghaderi; Evgenia Blagodatskaya

¹ Helmholtz Centre for Environmental Research - UFZ; ² Michigan State University; ³ Isfahan University of Technology

Nitrogen as an essential element is a major limiting nutrient for primary production in soils. Labile mineral forms of nitrogen are quickly immobilized and transformed by plants and microorganisms to organic compounds such as amino acids and amino sugars, which can be released with root exudates in the rhizosphere in the course of nitrogen cycling. Further, nitrogen acquisition from its organic forms is mediated by extracellular enzymes, e.g. amino-peptidases. At what extent the hotspots of enzymatic activity correspond to the distribution of amino-N forms in the rhizosphere remains uncertain. To answer this question, we combined two visualization methods, amino-mapping and time-lapse zymography of leucine aminopeptidase, and applied them to various root types in the rhizosphere of *Zea mays* L. The hotspots of leucine aminopeptidase activity were mainly associated with seminal root tips and positively correlated with spatial distribution of amino-N, which, in turn, relied on the root type and age. Our work proved, therefore, the applicability of amino-mapping and zymography for co-localization of organic nitrogen with enzymatic activity. This work was conducted within the framework of the Priority program 2089 "Rhizosphere spatiotemporal organization – a key to rhizosphere functions", funded by German Research Foundation (DFG – Project number: 403664478). Seeds of the maize were provided by Caroline Marcon and Frank Hochholdinger (University of Bonn).

Functional gene analysis – A new method for pesticide approval?

Fabian Stache; Franziska Ditterich; Philipp Mäder; Christian Poll; Ellen Kandeler

Agricultural soils in industrialized countries are exposed to high inputs of agrochemicals. Notwithstanding the undeniable benefits of pesticides for global food security, their widespread application raises serious environmental and health concerns about their adverse effects on non-target organisms. While most standardized ecotoxicity testing for pesticide authorization are conducted on standard test organisms, only a few studies exist that also include soil microorganisms. Due to the shortage in standardized tests for microorganisms, we investigated in the frame of the Horizon 2020 Project SPRINT, whether functional genes could serve as an indication of ecosystem service impairment in the presence of pesticide residues. We hypothesized that the effect of pesticides can be earlier detected and has a higher effect strength on functional genes in comparison to the existing standardized methods. To test this, we conducted a microcosm experiment according to the OECD guidelines. The fungicide Boscalid, Luzerne litter (0.4 g), sand as carrier for the pesticide and a sandy soil (80 g dw, 40% max. WHC) were used in six different treatments (0 control, control, 4 different Boscalid concentrations) in 4 replicates. The samples were pre-incubated at 20 °C for one week in plastic cubs. Three days before the pre-incubation ended, microcosms were filled with 0.8 g sand which was spiked with 200 µl Acetone with solved Boscalid, allowing the Acetone to evaporate in 48 h. For both control treatments 200 µl Acetone without Boscalid was added. The Boscalid concentrations are 4, 8, 20 and 40 mg, which are equal to the 1x, 2x, 5x and 10 times the PEC_{acc}. After the 48 h the soil was added to the microcosms and mixed with the sand. Water content was adjusted to the 40% max. WHC again. Then the microcosms were incubated at 20 °C and samples were taken at day 0, 3, 7, 14, 21, 28 and the last time point is still incubating at this moment. Throughout the incubation respiration (CO₂ release) was measured via titration. Planned analyses include quantification of functional genes (e.g. nirK, nirS, AOA, AOB, nifH, phoD), 16S bacteria and archaea, as well as ITS fungi (DNA/ RNA). In addition, microbial biomass via chloroform fumigation extraction, extracellular enzymes and Boscalid residues will be determined. This is followed by the nitrogen transformation test. First results show a higher CO₂-production in the Boscalid treatments compared to the control.

Identification of Geoecological Factors Determining Truffle Sites in Central Europe

Andres Stucke; Martin Sauerwein

Universität Hildesheim

Truffles (*Tuber* spp.) live as hypogeous symbiotic fungi in most European soils. Recent reports show the existence of wild truffles with the species *Tuber aestivum* in Denmark, Germany, Poland, Serbia and Sweden. Most recent studies have focused mainly on the optimization of truffle cultivation in orchards, while little is known about the microbial and spatial environment of truffles in its natural habitat in Central Europe. To close this gap, our research will provide an overview of the interactions of truffles (*T. aestivum* and *T. uncinatum*) and its environment. This is the first of three project steps. A comparative study of different habitats with a focus on land use patterns and the development of a species distribution model for truffles in Central Europe will follow.

The effect of soil salt content and ionic composition on nitrification in a Fluvisol soil in Yellow River Delta

Jianyu Tao¹; Xiaoyuan Liu²; Bahar S. Razavi³; Sandra Spielvogel¹

¹ Institute of Plant Nutrition and Soil Science, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel; ² Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences; ³ Institute of Phytopathology, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Soil salinization is a widespread phenomenon of land degradation, and a major constraint on global food production, but the effect of different soil ionic compositions on nitrification is still limited.

We conducted an incubation experiment at 25 °C for 56 days with varying soil ionic compositions adjusted by adding solutions of different contents of sodium chloride (0.206, 0.412, 0.500 g kg⁻¹) or sodium sulphate (0.500, 0.607, 1.214 g kg⁻¹) to a Fluvisol soil, including a control without any salt and urea addition (CK).

Results showed that soil pH was regulated by the anion in the added salts: Cl⁻ decreased the soil pH, while soil pH levels increased as more Na₂SO₄ was added. Compared with CK, the urease activities of salt-added treatments were reduced at first, but recovered and finally surpassed the urease activity of CK after 56 days incubation. Meanwhile, the average urease activity of Na₂SO₄ treatments was higher than that of NaCl treatments by 26%. In addition, increasing soil salinity reduced both hydrolysis and nitrification rates, which prolonged the persistence time of ammonium and led to distinct temporary NH₄⁺-N accumulations in soils.

Our results suggest that the nitrite oxidation process may be a speed-limiting step of nitrification in salt-affected soils. Nitrification rate is initially inhibited more severely when Cl⁻ is the dominant anion in soil, but it only slows down the process without actually reducing the production of nitrate at the end of incubation. In conclusion, nitrification is restrained due to 'salt shock' but it can recover over time if the soil salt content does not exceed 7.79 g kg⁻¹. Soil ionic composition is relevant only for soil samples with similar salinity levels. Anion type is key for regulating the inhibitory effect of salts on nitrification, where Cl⁻ is more suppressive than SO₄²⁻.

Dynamik extrazellulärer hydrolytischer Enzyme beim Abbau von Totholz

Alexander Tischer¹; Martin Zwanzig²; Kerstin Nätthe¹; Beate Michalzik¹

¹ Friedrich-Schiller-Universität Jena; ² Technische Universität Dresden

Der Abbau komplexer organischer Substanz pflanzlichen und mikrobiellen Ursprungs in assimilierbare organische und anorganische Formen ist ein wichtiger Prozess in Ökosystemen. Dieser Prozess wird zum großen Teil durch extrazelluläre hydrolytische Enzyme bewerkstelligt. Die katalytischen Eigenschaften dieser Exo-Enzyme können empirisch gemessen und durch nicht-lineare Funktionen wie die Michaelis-Menten-Kinetik beschrieben werden. Totholz stellt für die Besiedlung und Aktivität der Mikroorganismen aufgrund der physikalischen Struktur und der geringen Verfügbarkeit an Nährelementen wie N und P eine Herausforderung dar. Obwohl zunehmend Totholzmanagementkonzepte unter den Aspekten der C-Speicherung und Biodiversitätsförderung Eingang in die Waldbewirtschaftung gefunden haben, ist der Kenntnisstand zum Prozess des Abbaus und der treibenden Faktoren verhältnismäßig gering. Daten zu den Exo-Enzymkinetiken sind bisher nicht vorhanden. Im Rahmen des vom Waldklimafonds geförderten Projektes HolzDeko wurden im Jahr 2020 standardisierte Holzprüfkörper der Baumarten Gemeine Kiefer und Rot-Buche in 6 Kiefernbeständen in Brandenburg in die stark versauerten und nährstoffarmen Böden ausgebracht. Ziel dabei war es den Abbau des Totholzes in der zeitlichen und räumlichen Dynamik zu erfassen und die Dynamik von Exo-Enzymen zu quantifizieren und in Beziehung zu Eigenschaften des Totholzes zu setzen. Im Ergebnis der Kinetikmessungen von β -Glukosidase, Zellobiohydrolase, Xylosidase, Mannanase, N-Acetylglukosaminidase, Saurer Phosphomono- sowie diesterase nach 6-, 16- und 28-monatiger Verweilzeit im Boden wurde festgestellt, dass es nicht-lineare Beziehungen zwischen Festigkeits- und Massenverlust des Totholzes und der Aktivitäten der Exo-Enzyme gibt. Die Exo-Enzyme aus dem C-Kreislauf unterscheiden sich in ihrer Dynamik sowohl hinsichtlich der Aktivität als auch der Substrataffinität zwischen den Baumarten. Zudem zeigen die Bereiche mit Abbau eine Akkumulation von Stickstoff welche mit einer hohen Aktivität der Enzyme aus dem N- und P-Kreislauf einhergehen. Die Untersuchungen konnten zeigen, dass für einige Enzymsysteme deutliche Abweichungen von der klassischen Michaelis-Menten-Kinetik zu konstatieren sind. Die Bedeutung dieser Beobachtungen sowie methodische Implikationen für die Erfassung der enzymatischen Abbaudynamiken während der Totholzzersetzung werden herausgearbeitet.

Characterization of dissolved organic matter composition along the soil-water-continuum in the Ore Mountains, Germany

Livia Vieira Carlini Charamba¹; Tobias Houska PhD¹; Klaus-Holger Knorr²; Klaus Kaiser³; Karsten Kalbitz¹

¹ Technische Universität Dresden, Institut für Bodenkunde und Standortlehre; ² Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Landschaftsökologie; ³ Martin Luther Universität Halle-Wittenberg, Bodenkunde und Bodenschutz

In forested catchments, leaching leads to transport of dissolved organic matter (DOM) into deeper soil horizons and ultimately into surface waters. Differences in DOM composition can be used to identify major DOM sources in streams, i.e. to distinguish the contribution of peatlands and upland mineral soils, assuming that each source has its own typical DOM fingerprint. Thus, the aim of this study is to analyze the DOM composition along a terrestrial-aquatic continuum as basis for source identification of DOM in streams.

Soil water samples from different depths and stream water samples were taken for approximately one year in the catchment area of the Sosa drinking water reservoir located in the Ore Mountains. The catchment was subdivided into four sub-catchments. Two of them are characterized by peatland soils (P1, P2), and the other two by mineral soils such as Podzols and Cambisols (M1, M2). Aqueous (soil and surface water) and solid samples (forest floor and topsoil peat horizons) from the four sub-catchments were analyzed by pyrolysis-gas chromatography/mass spectrometry (Py-GC/MS). The results were then processed in Rstudio to facilitate and standardize the pyrolysates' chemical characterization and quantification. A principal component analysis (PCA) was applied to these results.

By applying PCA to identified pyrolysates, solid soil samples could be clearly differentiated from soil water and stream water samples in principal component 1, i.e. PC1, (25.6%). Lignin compounds (LgC) were most suitable to distinguish sample types (i.e. soil, soil water and stream water). Among LgC, only guaiacol was found in P1 and P2 stream water and in P1 soil water, with decreasing concentration along the terrestrial-aquatic continuum. PCA also allowed for distinguishing i) soil type, i.e., peatland vs. mineral soil and ii) between soil and stream water, including the different sampling sites.

Our research indicated that DOM composition clearly changes along the terrestrial-aquatic continuum. These differences can be used to single out two important potential DOM sources, i.e. peatlands and mineral soils' forest floor horizons. Therefore, Py-GC-MS combined with semiautomatic data processing routine and PCA is a promising tool for identifying the sources of DOM in stream water samples.

Influence of clay-sized minerals on extracellular polymeric substance production

Cordula Vogel; Natalia Cortes Osorio; Karsten Kalbitz

Chair of Soil Resources and Land Use, Institute of Soil Science and Site Ecology, Technische Universität Dresden, Deutschland

In natural environments, bacteria usually bind to mineral surfaces and occur in form of biofilms, where microorganisms are embedded within a self-produced matrix of extracellular polymeric substances (EPS). These polymers are mainly composed of exopolysaccharides and proteins, and could play a role for the accumulation of microbial residues in soil. The quantity and composition of the EPS depend on many factors, such as bacterial species and environmental conditions. However, it remains unclear how environmental conditions could affect EPS production. The type and quantity of the clay-sized minerals could be of importance, since they characterize the immediate environment of the microorganisms and influence their activity through adsorption. We hypothesize that clay-sized minerals stimulate EPS production, since EPS are necessary for bacterial attachment to surfaces and presumably serve as a microbial adaptation to environmental stress. To address this, we set up a flask experiment to cultivate the EPS-producing bacterium *Sphingomonas desiccabilis* with different types (montmorillonite, kaolinite, goethite) and amounts (0, 1, 5, 10%) of clay-sized minerals. After incubation, the biomass production (optical density OD 600nm), remaining glucose, and the amount and composition of EPS were determined. Based on that, product yields were calculated such as product (EPS amount) relative to the substrate (glucose) consumed. Subsequent exopolysaccharides analysis via liquid chromatography were used to determine the carbohydrate composition depending on type and amount of clay-sized minerals. The initial results indicate different effects of clay-sized minerals on EPS production.

Das Nationale Monitoringzentrum zur Biodiversität: laufende Arbeiten zur Bodenbiodiversität

Christina Weißbecker; Lina Weiß; Helen Ballasus; David Eichenberg; Ursula Nigmann; Andreas Krüß

Bundesamt für Naturschutz (BfN)

Boden-Biodiversität ist ein Schwerpunktthema des NMZB. Derzeit erarbeiten im Rahmen eines Fachgremiums 18 Mitglieder mit breiter Expertise der Bodenzooologie und Bodenmikrobiologie aus der Monitoringpraxis, der Wissenschaft sowie Landes- und Bundesbehörden Grundlagen für ein Konzept eines bundesweiten Bodenbiodiversitätsmonitoring und Vorschläge für die Etablierung bundesweiter Basis-Monitoringmodule. Hierfür werden die bereits etablierten und in Planung befindlichen Monitoringaktivitäten von Bund und Ländern einbezogen. Es existieren diverse Programme, die sich mit der Erhebung von Umweltinformationen zum Boden befassen, in Teilen erheben diese auch Daten zur Bodenbiodiversität. Informationen hierzu sind beispielsweise als Programmsteckbriefe auf der Interimswebseite des NMZB verfügbar:

www.monitoringzentrum.de. Das Aufzeigen von Synergiepotenzialen vorhandener Monitoringprogramme ist ein weiteres Arbeitsfeld des Fachgremiums. Das Fachgremium wird im Sommer 2023 eine Fachtagung organisieren, um die Vertretungen zahlreicher Monitoring- und Forschungsaktivitäten aus Bund- und Ländern zu gemeinsamen Gesprächen und der Entwicklung von bundesweiten Lösungsansätzen zusammen zu bringen.

Das Nationale Monitoringzentrum zur Biodiversität (NMZB) besteht seit Frühjahr 2021 und ist an das Bundesamt für Naturschutz angegliedert. Das NMZB wurde von der Bundesregierung mit der Weiterentwicklung des bundesweiten Biodiversitätsmonitorings beauftragt. Hierfür erstellt es in ressortübergreifender Abstimmung und enger Kooperation mit den beteiligten Akteuren aus Monitoringpraxis, Wissenschaft, Naturschutzverbänden, Landes- und Bundesbehörden ein Gesamtkonzept. Ziel ist es, zukünftig umfänglichere Aussagen zu Status und Trends der Biodiversität in Deutschland auf Bundesebene treffen zu können und die Datengrundlage für die Erforschung von Ursachen von Biodiversitätsänderungen zu schaffen. Auf Grundlage dessen werden Maßnahmen zum Schutz der Biodiversität entwickelt und deren Erfolg überprüft. Die Ergebnisse des Fachgremiums zum „Monitoring der Bodenbiodiversität und seiner Funktionen“ fließen in das Gesamtkonzept zur Weiterentwicklung des bundesweiten Biodiversitätsmonitorings ein.

Effect of Crop Rotation on Microbial Activity and Functionality in the Wheat Rhizosphere under Heat Stress

Anne-Marie Wendt; Mehdi Rashtbari; Kaikai Min; Shang Wang; Bahar S. Razavi

Christian-Albrecht University of Kiel

Increased temperatures caused by global warming threaten agricultural production and induce changes on plant rhizosphere microbiome and their functionality. However, little is known about the effect of heat stress on soil functions under different crop rotations. Therefore, this study aimed to evaluate the effect of heat stress on functions of beta-glucosidase, involved in degradation of carbon substances, in the rhizosphere and bulk soil of wheat plants and compare with the optimum conditions. We performed a rhizobox study using soil samples collected from the experimental farm Hohenschulen, (CAU, Kiel) from 1st and 3rd wheat after break crop. The plants were exposed to heat stress twice for two weeks each separated by a four-week optimum phase. A horizontal soil sampling from rhizosphere (RH) and bulk soil (BS), at the flowering stage (BBCH 59) was performed. The kinetic parameters (V_{max} and K_m) and catalytic efficiency (K_a) (V_{max}/K_m) of β -glucosidase were determined. Results showed under optimum and stress conditions, W3 had the lowest V_{max} in RH samples. Heat stress resulted in remarkable increase in V_{max} values of beta-glucosidase compared to optimum condition (58.3 and 60% in W1 and W3, respectively). However, in the bulk soil compartment, heat stress caused strong decrease in V_{max} compared to optimum conditions. Also, results showed that heat stress increased catalytic efficiency in W1, in both BS and RH compared to optimum conditions while there was slight decrease in K_a values in W3 under heat stress conditions. The general trend of catalytic efficiency demonstrated a gradual decrease with wheat rotation as a function of distance from root to bulk soil. Overall results showed that RH compartment had the highest enzyme activity and there was a downward trend from rhizosphere to bulk soil compartments for enzyme activities. In W1, heat stress resulted in more efficient enzymes in both rhizosphere and bulk soil. We concluded that continuous wheat cultivation in combination with heat stress suppressed microbial activity and functional efficiency and resulted in production of less efficient enzymes.

Coupling mass and energy fluxes to reveal microbially driven C dynamics in unfertilized and fertilized arable soils

Johannes Wirsching; Sven Marhan; Ellen Kandeler; Christian Poll

Universität Hohenheim

Microbially mediated SOC formation is composed of fresh litter turnover, subsequent sorption of dead biomass onto mineral surfaces, and remobilization of C by the next higher trophic level. While C fluxes only provide information on decomposition rates, calorimetry can provide insight into metabolic utilization of substrates for microbial growth by combining heat production and respiration rates. Since this relationship has not yet been substantiated for complex substrates by measured data, we aim to simultaneously quantify carbon and energy fluxes and characterize microbial dynamics in eight different arable soils, which can be distinguished by soil chemical and physical properties and fertilizer status (fertilized and unfertilized). In a 64-day incubation experiment at 20°C, 99% ^{13}C -labeled cellulose was used to differentiate between catabolic and anabolic C utilization. These two processes will influence the final fate of C - either it will be emitted from the soil as $^{13}\text{CO}_2$ or retained and stabilized in SOM to be detected during the experiment (after 4, 8, 16, 32 and 64 days) by incorporation of ^{13}C into microbial biomass (CFE, chloroform fumigation extraction; PLFA, phospholipid fatty acids) necromass, and after cross-feeding in nematodes. Simultaneously, heat release will be measured calorimetrically to couple C-mass and energy fluxes. A change in abundance and diversity of microbial populations will be characterized by PCR amplicon analyses. Aim of this experimental approach is to answer fundamental questions about the relationships between mass and energy balances in microbial metabolism and growth.

Maize plant facing a dry and a moist year: root-soil-microbiome interactions in the field

Henrike Würsig¹; Bunlong Yim²; Marie-Lara Bouffaud¹; Eva Lippold¹; Doris Vetterlein³; Anna Heintz-Buschart⁴; Kornelia Smalla²; Mika T. Tarkka⁵

¹ Helmholtz-Centre for Environmental Research - UFZ, Halle, Germany; ² Julius Kuehn-Institute (JKI), Federal Research Institute for Cultivated Plants, Braunschweig, Germany; ³ Helmholtz-Centre for Environmental Research - UFZ, Halle, Germany/ Institute of

Better understanding of plant-soil interactions is mandatory to tackle the problems in crop production that are caused by increased frequency and intensity of drought events. Plants modify soil microbiome composition by drought-triggered alterations in the extent and quality of root exudation, and these altered microbial communities play out in plant drought tolerance. We joined the field experiment of the Priority Program 2089 “Rhizosphere Spatiotemporal Organization” to better understand how the feedback processes between the roots and the soil are affected by drought. Maize root gene expression and rhizosphere microbial community composition were investigated during a dry year and a moist year, at the time of rapid growth of maize plants, the 9-leaf stage. We hypothesize higher transcript levels of genes for plant immunity, root exudation and high affinity nutrient transporters in the dry year as compared to the moist year. We also expect that the microbial community composition is changed by drought, with an enrichment of bacteria that sporulate and host thick cell walls, but that drought also leads to an enrichment of plant beneficial bacteria that can suppress the production of the plant stress hormone ethylene.

Jahrestagung der
Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft
DBG 2023

Kommission IV

Bodenfruchtbarkeit und Pflanzenernährung

Analysing the effect of soil types and climate zones on the parameter sensitivity of a crop model

Dominik Behrend; Thomas Gaiser

Universität Bonn

Agricultural lands cover a large proportion of the land surface and can play an important role when modelling large scale systems like the global water cycle. Compared to other ecosystems, constant advances in management strategies and the grown crops and cultivars can cause very dynamic temporal and spatial variations in soil-plant-atmosphere interactions of agricultural landscapes. Such management advances might have a considerable impact on large scale systems like climate change or the global water cycle but are currently poorly represented in land surface models. This is mainly caused by the challenge of the process details that are required when measuring and modelling changes in agricultural management on soil-plant interactions, and by the predictability of the scales that are required to measure the impacts. To gain a mechanistical understanding of the feedbacks between temporal and spatial variations in agricultural systems and soil properties, we want to develop a field scale crop model to be later used in an upscaling procedure over the whole of Europe. For this purpose, SIMPLACE < LintulCC2 > , a field-scale crop model was tested regarding its parameter sensitivity for multiple soil types within five different climate zones across Europe. The field-scale model uses a physically based soil water sub-routine, where soil water fluxes are driven by the soil water potential and root water uptake is calculated using a plant hydraulic conductance model. A sensitivity analysis is carried out for winter wheat, with the aim to identify the impacts of changes in model parameters on the model outputs of plant transpiration and total biomass and to get an improved understanding of model response patterns under different environmental conditions. To identify the 10 most important model parameters, the Morris method was used. In a second step, the impact of those 10 parameters is estimated using an Extended Fourier Amplitude Test (FAST). The analysis shows that the parameter sensitivity varies stronger with different climates than with the soil type. For all climates, parameters related to plant hydraulics, photosynthesis and plant development had the strongest effect on both model outputs.

Einfluss des verfügbaren Bodenvolumens bei Gefäßversuchen auf die Ausprägung der Wurzelsystemarchitektur und des Pflanzenwachstums bei Gerste

Sebastian Blaser; Doris Vetterlein

Helmholtz - Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ

Bei Pflanzenwachstumsexperimenten unter kontrollierten Bedingungen, z. B. in einer Klimakammer, wachsen die Pflanzen in der Regel in Gefäßen einer gewisser Größe. Die Abmessungen (Durchmesser und Höhe) dieser Gefäße hängt meist von der Wachstumsdauer der Pflanzen und dem verfügbaren Platz in der Klimakammer ab. Bei kleinen Säulen können mehr Pflanzen gleichzeitig verwendet werden und der Ressourcenverbrauch – insbesondere des Bodens – ist geringer. Wenn bildgebende Verfahren wie Röntgen-CT zur Visualisierung und Quantifizierung des Wurzelwachstums eingesetzt werden, ermöglichen kleine Töpfe zudem eine höhere Auflösung der Bilder und damit eine bessere Erkennungsrate von Feinwurzeln mit geringen Durchmessern. Je kleiner die Töpfe sind, desto größer ist jedoch die Abweichung der Wachstumsbedingungen im Vergleich zu Feldbedingungen hinsichtlich des verfügbaren Bodenvolumens zur Ausprägung der Wurzelsystemarchitektur.

Dies wirft die Frage auf, welche Gefäßgröße einen sinnvollen Kompromiss darstellt und inwieweit die Größe selbst einen Einfluss auf das Wachstumsverhalten der Pflanzen hat. Bisherige Studien zu dieser Fragestellung beziehen sich größtenteils nur auf die oberirdische Biomasse. Ziel dieser Arbeit ist es daher, den Einfluss der Topfgröße sowohl auf die Ausprägung der Wurzelsystemarchitektur als auch die Entwicklung der oberirdischen Pflanzenorgane zu untersuchen. Hierfür werden zwei Genotypen von Gerste (*Hordeum vulgare*; BERE („Landrasse“) und CONCERTO („moderne Elite“)) verwendet, die sich grundsätzlich in ihrem Wachstumsverhalten unterscheiden. Es soll gezeigt werden, ob diese Unterschiede in allen Gefäßgrößen erkennbar sind und wie stark sie von der Gefäßgröße abhängig sind. In allen Gefäßen kommt das gleiche sandige Substrat zum Einsatz. Die verwendeten Durchmesser der Gefäße betragen 2,8 cm, 5,0 cm, 7,0 cm und 9,8 cm, bei identischer Höhe (23 cm). Dies entspricht einem Bodenvolumen von 142 cm³, 452 cm³, 885 cm³ und 1735 cm³. Die Wachstumsdauer beträgt 21 Tage unter kontrollierten Bedingungen (12/12h bei 22/18°C).

Die Reaktion der Wurzeleigenschaften auf die unterschiedlichen Bodenvolumina wird als Wurzelplastizität interpretiert. Unterschiede in der Reaktion zwischen den Genotypen als unterschiedliche Fähigkeit das Wurzelsystem plastisch an die Gegebenheiten anzupassen. Die Daten dienen außerdem als Grundlage zur 3D-Modellierung der Boden-Pflanze-Interaktion.

„Organische Dünger im Praxistest“ – Erkenntnisse aus den ersten 3 Jahren

Elke Bloem; Sophia Albert

Julius Kuehn-Institute (JKI), Federal Research Institute for Cultivated Plants, Braunschweig, Germany

Steigende Energiepreise sowie die zunehmende Verknappung an Ressourcen führten im letzten Jahr zu deutlich gestiegenen Mineraldüngerpreisen. Das Thema des Nährstoffrecyclings und der Kreislaufwirtschaft gewinnt dadurch zusätzlich an Bedeutung und bereits im letzten Jahr hat sich dies in einer gestiegenen Nachfrage nach organischen Düngern wiedergespiegelt.

Organische biobasierte Dünger sind aber auch für die Kohlenstoffspeicherung im Boden von Bedeutung sowie für das Bodenleben und wichtige Bodenfunktionen. Das Spektrum an möglichen organischen Düngern ist breit und seit 2021 werden in einem Praxisversuch 7 organische Dünger (Bioabfallkompost, gemischter Gärrest aus Schweinegülle, Hühnermist und 74% NaWaRo, Gärrest aus Schweinegülle, Grünschnittkompost, Hühnertrockenkot, Klärschlamm, Klärschlammkompost) im Vergleich zu einer Mineraldüngervariante und einer Strohvariante hinsichtlich ihrer Düngewirkung und Schadstoffeinträgen in einem Feldversuch untersucht. Die Ausbringung der Dünger orientiert sich an den zulässigen Höchstgrenzen für Stickstoff (N) bzw. Phosphor und das jeweils andere Element wird über mineralische Düngung ausgeglichen, so dass alle Plots die gleichen Mengen an Stickstoff und Phosphor erhalten.

Die Fruchtfolge umfasste bislang Mais (2021), Winterweizen (2022) und Raps (2023) und Ertragsunterschiede waren in der Strohvariante zu erkennen, da Stroh während der Zersetzung zunächst Nährstoffe bindet, was zu einem geringeren Ertrag führte. Bei relevanten Parametern wie dem Humusgehalt im Boden, der Wasserhaltekapazität oder dem Bodenleben sind signifikante Effekte erst zu einem späteren Zeitpunkt zu erwarten.

Die ersten drei Versuchsjahre zeigen, dass mit der organischen Düngung vergleichbare Erträge erzielt werden wie mit mineralischer Düngung. Tendenziell ist zu erkennen, dass der Raps 2023 bei Herstdüngung mit Klärschlammkompost und mit gemischtem Gärrest besonders gut aufblief, während die Pflanzendichte bei Düngung mit Grünschnittkompost am geringsten war. Dies lässt sich über den Anteil an pflanzenverfügbarem N erklären, der beim Grünschnittkompost deutlich geringer war als im Klärschlammkompost oder dem gemischten Gärrest.

Measurement and modeling of N₂O and N₂ formation by denitrification in the deep vadose zone for site-specific estimation of NO₃- degradation

Caroline Buchen-Tschiskale¹; Reinhard Well¹; Florian Stange²

¹ Thünen Institut für Agrarklimaschutz; ² Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR)

Denitrification, the reduction of nitrate (NO₃⁻) to nitrous oxide (N₂O) and dinitrogen (N₂), has been extensively investigated in the rooted zone and especially in the topsoil. In the unsaturated leachate zone below the root zone (deep vadose zone), data are still lacking so far. However, this area is particularly important when estimating nitrate degradation and thus NO₃⁻ leaching to groundwater.

In the joint project DeniDrain, NO₃⁻ degradation by denitrification in the deep vadose zone is investigated and modeled. For this purpose, 30 typical sites in Germany will be identified using maps and information systems considering the biogeochemical conditions, which are important for denitrification. After a comprehensive characterization, soil monoliths will be sampled from depths between 2 and 25 m (depending on the thickness of the unsaturated zone) at these sites. Using the 15N gas flux method, current denitrification rates are determined in the laboratory. Important factors controlling denitrification, such as NO₃⁻, O₂, and DOC concentrations, will be additionally investigated to provide a basis for the mathematical description of denitrification. Based on existing models that take denitrification into account, a model for the subsoil is developed and parameterized using laboratory data. The new model will also provide a site-specific assessment of nitrate degradation. Nitrate degradation in the deep vadose zone will be regionalized and presented in the form of overview maps using the model and data from the BÜK1000 soil map and other geospatial information. The project set-up and research aim's will be presented.

Thresholds of gap formation at the root-soil interface vary with soil texture and porosity

Sara Di Bert; Andrea Carminati; Pascal Benard; Patrick Duddek

Plants are expected to suffer increasing water stress due to climate change. Roots are the primary site of water uptake by plants, yet their connection with the soil is still poorly understood. As the soil dries, the liquid-phase continuity is put in danger by root shrinking. The formation of gap between the root and the soil might trigger a premature limitation of root water uptake.

Recent measurements revealed at which water potential roots lose contact with the soil. Here, we show that this critical water potential is not unique, but it depends on soil properties, such as soil particle size and porosity, and root properties, like root hair density and mucilage production.

We identified and quantified the adhesive forces that hold soil in contact with the root, counteracting the root shrinkage caused by decreasing water potential and cells losing turgor. Our analysis considers root hairs, capillary forces and mucilage elastic properties. Thresholds of gap formation at the root-soil interface are identified for varying soil particle size and porosity and for varying root hair density and mucilage elastic properties.

We show that considering soil properties is essential in the study of root-soil contact dynamics to better characterize the hydraulic continuity across the root-soil interface, providing insights on plant response to water limitation.

Positive and negative effects on the water balance of arable soils by increasing carbon content - a numerical study

Mario Feifel; Tobias Hohenbrink; Wolfgang Durner; Andre Peters

TU Braunschweig, Institut für Geoökologie

Climate change may lead to extended periods of drought in certain regions of the world. This is particularly problematic for agriculture on sandy soils with low water storage capacity. One way of increasing the water storage capacity of soils is to increase the soil's organic matter content through management. Although the effect of humus on soil water retention is well studied, its actual impact on the soil water balance at agricultural sites remains largely unclear. Our hypothesis was that increased humus content near the soil surface leads to increased water storage capacity, but can increase unproductive evaporative losses and thus possibly even reduce water availability for crops.

To test our hypothesis, we used the Hydrus-1D software package to simulate the water balance in the soil-plant-atmosphere system for a typical arable crop, on four different soil types, and varied organic matter contents and incorporation depths. The soil hydraulic functions were derived with a newly developed pedotransfer function. We analyzed evapotranspiration, transpiration and groundwater recharge for meteorologically contrasting years and quantified the influence of soil texture, added amount of organic matter and incorporation depth.

The simulations showed that a higher amounts of organic carbon in the soils generally increased evaporation up to a humus layer thickness of about 10 cm. Groundwater recharge decreased correspondingly. Simultaneously, the water storage from winter precipitation increased with the total amount of humus in the soil. The superposition of both effects resulted in a complex relationship of humus quantity, humus content, and incorporation depth with respect to transpiration. Under dry conditions, shallow incorporation led to decreased transpiration, with the effect being most pronounced in coarse textured soils. In contrast, for the heavy soils and deep incorporation, transpiration was even increased.

We conclude that especially for sandy soils humus should be deeply incorporated to prevent non-productive evaporation loss and accompanied decrease in water supply for transpiration. The influence of humus on all variables of the water balance underlines the potential of humus management as a possibility to optimize the soil water balance as a climate adaptation strategy.

Einfluss von Saattechnik, N-Düngestrategie und Pflanzenschutzmittelverzicht auf die N₂O-Emissionen aus einem Winterweizenbestand

Lisa Essich; Reiner Ruser; Torsten Müller

Universität Hohenheim

Im Rahmen des Projektes „LaNdwirtschaft 4.0 – Ohne chemisch synthetischen PflanzenSchutz (NOcsPS)“ soll ein neues Anbausystem entwickelt und analysiert werden. Im Vergleich zum konventionellen Anbau wird im Falle des Winterweizens von Drillsaat auf Gleichstandsaaat umgestellt. Die resultierende geringere Bestandsdichte hat eine reduzierte, angepasste N-Düngung zur Folge. Ebenfalls wird chemisch-synthetischer Pflanzenschutz durch mechanischen Pflanzenschutz ersetzt. Die geänderten Bewirtschaftungsmaßnahmen können maßgebliche Steuergrößen der Freisetzung des klimarelevanten Spurengases Lachgas (N₂O) in Böden beeinflussen.

Vor diesem Hintergrund wurde ein Parzellenversuch auf einer Parabraunerde nahe Hohenheim angelegt, um den Einfluss sämtlicher im Vergleich zum konventionellen Anbau geänderten Bewirtschaftungsmaßnahmen zu bewerten. Zusätzlich wurde in dem Versuch eine Kontrolle ohne N-Düngung etabliert, sowie Maßnahmen die zur N₂O-Minderung geeignet sein könnten (CULTAN-Verfahren, Nitrifikationsinhibitor) getestet.

Seit März 2022, kurz vor der ersten Düngung des Winterweizens, wurden die N₂O-Emissionen sowie Steuergrößen (NO₃- und NH₄⁺-Gehalte, Bodenfeuchte und -temperaturen, Wetterdaten) mindestens wöchentlich bestimmt. Die Messungen laufen noch bis Ende März 2023. Ebenso wurden die Erträge sowie die C- und N- Gehalte des Aufwuchses bestimmt.

Erste Auswertungen der N₂O-Flussraten zeigen, dass die Saattechnik (Drillsaat vs. Gleichstandsaaat) keinen Einfluss auf die N₂O-Emissionen hatte. Die ungedüngte Kontrolle wies mit Abstand die geringsten N₂O-Emissionen auf, somit kann der N-Eintrag als maßgeblicher Einflussfaktor gedeutet werden. In den Varianten mit mechanischer Unkrautbekämpfung ließen sich erhöhte N₂O-Emissionen nach Hackeinsatz beobachten. Die höchsten N₂O-Emissionen konnten beim CULTAN Verfahren nachgewiesen werden, während bei Einsatz von Nitrifikationsinhibitor eine deutliche N₂O-Minderung beobachtet werden konnte. Auf dem Poster sollen die bis zur Tagung vollständig ausgewerteten Daten des Versuchs gezeigt werden.

Einfluß der Stickstoffdüngerform und Menge auf den Stickstoffaustrag unter Grünland in Grundwasserlysimetern

Frank Eulenstein¹; Elmira Salnikov²; Matthias Thielicke¹; Martin Wendt¹; Axel Behrendt¹

¹ Leibniz Center for Agricultural Landscape Research (ZALF); ² Soil Science Institute, 11000 Belgrade, Serbia,

Am Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) wurden seit 2016 auf der Lysimeterstation in Paulinenaue „Musterbetriebe“ für die Wassereinzugs-gebietsbewirtschaftung unter Grünland angelegt. Verglichen wurden organische Düngungsvarianten des ökologischen Landbaues mit mineralischen Düngungsvarianten des „konventionellen“ Landbaus mit und ohne Nitrifikationshemmer. Die Versuche wurden 2016 mit jeweils vierfacher Wiederholung gestartet. Insgesamt umfasste der Versuch 20 monolithische Grundwasser-Lysimeter mit einer Oberfläche von einem Quadratmeter und einer Tiefe von 1,5 m. Die drei ausschließlich mit Wirtschaftsdüngern gedüngten Varianten des Ökolandbaues wurden mit Bakterienzusätzen (*B. azospirillum* und *B. subtilis*) und gänzlich ohne Zusätze von Mikroorganismen durchgeführt.

Die Düngung wurde zunächst einheitlich auf 150 kg N/ha beschränkt. Ab 2018 wurde die N-Düngung verdoppelt. Die Bilanzen umfassten die Zufuhr mit Düngern und Zuflusswasser sowie die Entzüge mit dem Erntegut und Abfluss mit dem Sickerwasser. Wie in den Abbildungen 4 und 5 dargestellt ist, waren bei einer Düngehöhe von 150 kg N/ha die Stickstoffbilanzen alle deutlich negativ. Hierbei zeigten die konventionellen Varianten ertragsbedingt deutlich negativere N-Salden, als die Varianten des Ökolandbaus. Selbst in der zweiten Hälfte der Versuchslaufzeit mit einer Düngung von 300 kg N/ha, waren die konventionellen Varianten noch negativ, was in einer besseren N-Verfügbarkeit und höheren Erträgen begründet lag. Der N-Austrag über Sickerwasser war insgesamt mit weniger als 1mg/ltr vernachlässigbar gering (Ammonium + Nitrat). Auch wenn Düngungshöhen von 300 kg N/ha im Ökolandbau praktisch keine Relevanz besitzen, kann die hohe Verwertungseffizienz von Düngergaben im Grünland daran aufgezeigt werden.

Arbeitsstand des Aufbaus eines deutschlandweiten Moorbodenmonitorings für den Klimaschutz (MoMoK) - Offenland

Stefan Frank; Ullrich Dettmann; Arndt Piayda; Arne Heidkamp; Bärbel Tiemeyer

Thünen Institut für Agrarklimaschutz

Moorböden sind durch einen großen und vulnerablen Pool an organischem Kohlenstoff (Corg) gekennzeichnet. Trotz ihres geringen Anteils (< 7%) an der landwirtschaftlichen Produktionsfläche tragen Moorböden ca. 7% zu den deutschen Treibhausgas (THG)-Emissionen bei. Auf Grund der großflächigen Entwässerung und der dadurch verursachten Torfmineralisation sind Kohlenstoffdioxid (CO₂)-Emissionen für ca. 90% der Gesamtemissionen verantwortlich. Im Klimaschutzgesetz sowie der Bund-Länder-Zielvereinbarung zum Moorbodenschutz wurden Klimaschutzziele des Bundes für den LULUCF-Sektor bzw. für Moorböden fixiert. Für die Bewertung der Umsetzung sind nicht nur Informationen zu THG-Minderungsmaßnahmen, sondern auch Daten zum Status quo der Eigenschaften von Moorböden notwendig. Zur Erhebung der notwendigen Daten für die deutschlandweite Modellierung von THG-Emissionen sowie deren Steuerfaktoren wurde das Thünen-Institut für Agrarklimaschutz durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft mit dem Aufbau eines Moorbodenmonitorings im Offenland beauftragt.

Bis zum Ende der Einrichtungsphase im Mai 2025 sollen bis zu 200 Standorte im Offenland eingerichtet werden, die in Deutschland vorkommenden Bodentyp-Landnutzungs-Kombinationen repräsentativ abbilden sowie innovative Landnutzungstypen als mögliche Maßnahmen zur Minderung der THG-Emissionen integrieren. An den Standorten werden langfristig CO₂-Emissionen über die wiederkehrende Erfassung der Geländehöhen sowie Bestimmung der Corg-Vorräte abgeleitet und die wesentlichen Steuergrößen (Wasserstand, Bodeneigenschaften) erfasst. Die Bodentypen der einzurichtenden Standorte reichen von mächtigen oder flachgründigen Moorböden bis hin zu stark degradierten organischen Böden mit Moorvergangenheit sowie durch anthropogene Einwirkung in ihrem Aufbau gestörte Moorböden. In diesem Beitrag werden die bisher eingerichteten Standorte in ihrer Vielseitigkeit vorgestellt und grundlegende bodenphysikalische und bodenchemische Parameter in Abhängigkeit der vorhandenen Standorttypen und der Horizont-Substrat-Kombinationen präsentiert. Dies umfasst u.a. Horizont- und Substratabfolgen, Corg- und Stickstoff-Konzentrationen und Vorräte, pH-Werte, Nährstoffvorräte und hydraulische Leitfähigkeiten. Die gezeigten Informationen sollen die Heterogenität der Moorböden und deren Eigenschaften verdeutlichen und Bewusstsein für bevorstehenden Herausforderung bei der Planung und Umsetzung von THG-Minderungsmaßnahmen verdeutlichen.

Einfluss der P und K Verfügbarkeit auf das Pflanzenwachstum von Mais in einem langjährigen Nährstoffentzugsversuch.

Peter Gernandt; Martin Maier; Eleonore Marie Elisabeth Freiin von Wrede; Laurin Osterholt

Georg-August-Universität Göttingen

Im Zuge eines Nährstoffentzugsversuchs wird seit Anfang der 1990er Jahre dauerhaft Mais in über vierzig ca. 1m² großen Versuchsringen gepflanzt. In den Versuchsringen befindet sich Bodenmaterial eines lössbürtigen Pseudogley-Tschernosems, der zum Zeitpunkt der Ringbefüllung bis zu einer Bodentiefe von 180cm entkalkt war.

Im Rahmen einer Abschlussarbeit werden die Gehalte pflanzenverfügbaren Kaliums und Phosphors des Bodenmaterials der Versuchsringe bestimmt und mit den K- und P-Gehalten der Pflanzensubstanz sowie den Pflanzenerträgen der Ringflächen in Relation gebracht. Die Betrachtung schließt dabei jeweils die Daten mehrere Jahre ein.

Modellierung einer Fruchtfolge mit drei N-Düngestufen im Lysimeter-Versuch Dürnast mit dem SVAT-Modell DAISY

Kurt Heil; Urs Schmidhalter

Technical University Munich

Modellinputs und Sensitivitätsanalyse

Die für die Ausführung von Daisy erforderlichen Inputs umfassen Wetter (täglich)-, Boden-, Ernte- und Managementinformationen. Die Bodenbeschreibung (Textur, organische Substanz, Lagerungsdichte, C, N) wurde für 4 Tiefenstufen bis 1 m Tiefe bestimmt. Daraus wurden mittels der Software Hypres die Bodenparameter, die die Wasserretention und die ungesättigte hydraulische Leitfähigkeit bei verschiedenen Bodenwasserdruckpotenzialen gemäß dem van Genuchten-Mualem-Modell beschreiben, berechnet und als Input für die Richards Gleichung in Daisy verwendet.

Zur Überprüfung der Anpassungsgüte wurden neben der optischen Überprüfung objektive Maße genutzt (RMSE, R², Nash-Sutcliffe).

Die Sensitivitätsanalyse zeigte, dass eine 10-prozentige Änderung des Gehalts an organischer Substanz (Humus) und des C/N-Verhältnisses die simulierte Nitratauswaschung erheblich beeinflusst, während die photosynthetische Leistung der Blätter und die photosynthetische Quanteneffizienz (F_m und Q_{Eff}) sowie die vegetativen und reproduktiven Entwicklungsraten (DSRate1 und DSRate2) die simulierten Ernteerträge beeinflussen.

Ergebnisse:

Die Modelle der Erträge sowie der Wasserausträge zeigten bei der Betrachtung aller Werte recht genaue Simulationen (Erträge: Kontrolle RMSE: 0,49 dt/ha, hoch gedüngte Variante RMSE: 1,81 dt/ha, Wasserausträge: RMSE: 13-20 mm/Monat).

Mit diesen Parametrisierungen wurden Aspekte des Klimawandels mit Auswirkungen auf Erträge, Sickerwasser- und Nitratausträge modelliert:

Variante 1: Veränderung des Niederschlagsmusters mit Erhöhung der Winterniederschläge um 16% und Verringerung der Sommerniederschläge um 10% im Vergleich zu den Originalbedingungen,

Variante 2: Veränderung des Niederschlagsmusters mit Erhöhung der Winterniederschläge um 16% und Verringerung der Sommerniederschläge um 10% sowie Erhöhung der Jahresmitteltemperatur um 3.9 Kelvin.

Variante 3: Erhöhung der Jahresmitteltemperatur um 3.9 Kelvin und Simulierung von Nässe im Hochwinter (Dezember 100%, Januar 138%, Februar 110%) und Trockenheit im Frühsommer (März 110%, April 100%, Mai 90%, Juni 75%, Juli 95%).

Variante 4: Erhöhung der Jahresmitteltemperatur um 1.1 Kelvin ohne Änderung der Niederschlagsverteilung im Jahresverlauf.

A potential bias using averaged climate projection model ensembles when forecasting nitrous oxide emissions from soils under climate change

Lukas Hey¹; Hermann Jungkunst¹; Katharina H. E. Meurer²

¹ iES Landau, RPTU Kaiserslautern-Landau; ² Department of Soil & Environment, Swedish University of Agricultural Sciences - SLU

Increasing extreme events and drastic shifts in the variability, intensity and frequency of droughts, heavy precipitation and frost are predicted to accompany further climate change. It is most likely that an increasing occurrence of such events will be accompanied by soil feedback of GHG emissions, particularly nitrous oxide (N₂O) which is known to be an extremely sensitive GHG. The increase in extreme events can lead to an increased occurrence of short-term emission pulses, referred to as 'hot moments', which can contribute significantly to the total annual N₂O emission balance.

To account for this potential feedback to the climate system, biogeochemical models driven by climate projections of multi-model ensembles (CPM) can be used to generate scenarios observing future trends in N₂O emission behavior.

Most commonly, the CPM average is used as climate input in biogeochemical models. While averaging CPM's may provide the best overall comparison with real mean climate change, it poses the risk of 'averaging out' expected extreme events, thereby biasing soil-atmosphere feedbacks and future N₂O emission trends!

We follow the hypothesis, that, for nitrogen-saturated soils as common in industrialized countries, the annual N₂O emissions simulated by the averaged CPM differ from the average annual N₂O emissions simulated by the individual CPM's, as hot moment inducing extreme climate events are averaged as well.

For our biogeochemical model simulations, we used weather data from ten selected individual climate-projections based on the multi-model ensemble of the EURO-CORDEX initiative. To focus on the effects of climate and to exclude possible biases, remaining input parameters were unified, i.e., homogeneous soil horizons and a single crop rotation were assumed. In addition, each simulation period/management period was initialised with the same parameters to exclude possible changes in fluxes resulting from soil carbon and nitrogen cycling.

First results with CANDY and LDNDC seem to support our hypothesis, showing that annual N₂O emissions simulated with the averaged CPM differ clearly from those resulting from the output mean of the individual CPM's.

This emphasises to consider using the averaged output based on individual CPM's rather than relying solely on averaged CPM's for predicting future N₂O emission trends.

Root development and soil water characteristics of maize (*Zea mays* L.) after different cover crops

Katja Holzhauser; Henning Kage

CAU Kiel, Inst. f. Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung

The properties of root systems are of high importance for the efficient exhaustion of soil resources in crop production. Root growth is primarily influenced by assimilate production of the shoot, soil conditions but also by resource availability, specifically water and nutrients. The goal of this study was to evaluate the effects of different cover crops on root development and water uptake of succeeding maize plants using both, field experiments and simulation models.

Root parameters, yield data and soil moisture have been monitored during the maize growing periods 2021 and 2022 at the experimental farm Hohenschulen of Kiel University on a Luvisol with loamy sand texture. Variation in maize development was induced by different pre-crop effects of winter cover crops as monocultures and mixtures. The selected cover crops differed in their rooting characteristics and depth. Root length density was measured in the field via soil cores. Root systems were mapped - using a 2D-method at soil profile– to calculate the catchment area of each maize root (Böhm (1976), Kohl et al. (2007)). Soil moisture was monitored weekly until a depth of 1.60 m over the whole season with the Sentek Diviner System. Further canopy parameters, such as green area index, dry matter accumulation and nitrogen uptake were calculated from spectral reflection data obtained from intermediate harvests and by UAV-based multispectral data.

First results showed, that there was no significant effect of cover crops on the yield of silage maize. Furthermore, beside some indications for an altered root distribution after different cover crops, no significant effect of cover crops on the maize water uptake was observed. In further steps, a water uptake model will be developed on basis of the collected data. The assumption will be based on the work of Kohl et al. (2007) and Gardner (1960).

References

- Böhm, W. (1976): In situ estimation of root length at natural soil profiles. In: The Journal of Agricultural Science 87, 365–368.
- Kohl, M., Böttcher, U., Kage, H. (2007): Comparing different approaches to calculate the effects of heterogeneous root distribution on nutrient uptake. A case study on subsoil nitrate uptake by a barley root system. Plant Soil 298, 145–159.
- Gardner, W.R. (1960) Dynamic aspects of water availability to plants. Soil sci 89:63 – 73

How does erosion status affect gaseous N losses and N dynamics in agricultural soils?

Julia Jaquemotte¹; Maire Holz¹; Caroline Buchen-Tschiskale²

¹ Leibniz Center for Agricultural Landscape Research (ZALF); ² Thünen Institute of Climate-Smart Agriculture

Soil erosion is one of the main causes of nutrient losses in agriculture and can lead to environmental pollution as it alters the turnover of SOM (Behre et al. 2018). Little is known about the effects of soil erosion status on N transformation processes and gaseous N losses, although most N in soils is in organic forms.

To quantify the effect of soil erosion on N dynamics (mineralization, immobilization) and gaseous N losses (N_2O , N_2), a short-term ^{15}N -tracer experiment was conducted under controlled conditions. Three erosion states were simulated by mixing different amounts of topsoil (Ap horizon) with subsoil material (Bt horizon) from a Nudiargic Luvisol. The soil was mixed with NH_4NO_3 at a rate of 50 kg N ha⁻¹, containing either ^{15}N -labelled NO_3^- or NH_4^+ (50 at.%). To determine the impact of plant presence on different erosion conditions, half of the pots were planted with maize seedlings (*Zea mays*). We recorded almost all N fluxes by regularly sampling shoots, roots and soil throughout the 7-day-incubation. Additionally, N_2O were determined automatically by a gas chromatograph and N_2 losses by isotope ratio mass spectrometry.

In the presented experiment, ^{15}N mass-balancing is combined with the ^{15}N gas flux method (Well et al. 2019) and ^{15}N dilution / enrichment techniques (Müller et al. 2007; Rütting et al. 2011) to obtain a comprehensive understanding of N dynamics and N losses in eroded soils. First results will be presented.

References

- Berhe, A.A., Barnes, R.T., Six, J., Marín-Spiotta, E. (2018): Role of Soil Erosion in Biogeochemical Cycling of Essential Elements: Carbon, Nitrogen, and Phosphorus. *Annu Rev of Earth and Planet Sci* 46, 521-548.
- Müller C., Rütting T., Kattge J., Laughlin R.J., Stevens R.J. (2007): Estimation of parameters in complex ^{15}N tracing models by Monte Carlo sampling. *Soil Biol Biochem* 39, 715–726.
- Rütting, T., Huygens, D., Staelens, J., M., Müller, C., Boeckx, P. (2011): Advances in ^{15}N tracing experiments: new labelling and dataanalysis approaches. *Biochemical Society Transactions* 39, 279–283.
- Well R., Burkart S., Giesemann A., Grosz B., Köster J.R., Lewicka-Szczebak D. (2019): Improvement of the ^{15}N gas flux method for in situ measurement of soil denitrification and its product stoichiometry. *Rapid Commun Mass Spectrom* 33, 437–448.

Rewetting and afforestation as after-uses for extracted peatlands in nemo-boreal Sweden: Assessing carbon-related ecosystem functions

Sabine Jordan¹; Eva Weber²; Örjan Berglund¹

¹ Swedish University of Agricultural Sciences; ² Planungsbüro für angewandten Naturschutz GmbH

This study aimed to assess the climate-regulation and biomass provisioning function of rewetting and afforestation as after-uses of extracted peatlands in nemo-boreal Sweden. Specific objectives were to evaluate and compare soil and biomass carbon (C) storages, carbon dioxide (CO₂) and methane (CH₄) emissions, C balances as well as the biomass production of both after-uses.

Peat mineralisation at afforested sites led to high C losses that could not be compensated with organic litter formation. Natural recolonisation by trees was slow, while the rewetted site revegetated rapidly. The biomass C accumulation of rewetted sites were found to successfully compete with the one of afforested sites, when given the same time to develop. Carbon gas emissions were significantly higher at afforested sites, almost twice as high as emissions from the rewetted site. Methane emissions did not contribute considerably to C losses in the first years after rewetting. Overall, results indicated that C neutrality could be achieved approx. 12 years after rewetting. Afforested biomass compensated for some C losses, but a C balance close to zero was not reached. Findings suggested that the biomass production of paludiculture is similar to the yield of afforested sites.

It was concluded that rewetting, out of the two investigated after-use options, maximised the C regulation function of extracted peatlands. Paludiculture and afforestation were both found to have similar economic benefits, while higher climate-regulation functions were discovered for paludiculture. Hence, it was recommended to rewet extracted peatlands at areas with no monetary pressure, while paludiculture can meet the demand for economic benefits. Afforestation should only be considered for areas, where rewetting is not practicable.

Transpiration response of 48 maize (*Zea mays L.*) genotypes to soil drying: related to a decline in belowground hydraulic conductivity

Tina Köhler¹; Carolin Schaum²; Shu-Yin Tung³; Franziska Steiner⁴; Nicolas Tyborski²; Andreas J. Wild²; Asegidew Akale²; Johanna Pausch²; Tillmann Lüders²; Sebastian Wolfrum³; Carsten W. Müller⁵; Alix Vidal⁶; Wouter K. Vahl³; Jennifer Groth³; Barbara Eder³; Mutez A. Ahmed⁷; Andrea Carminati¹

¹ ETH (Zurich); ² Bayreuth Center of Ecology and Environmental Research (BayCEER), University of Bayreuth; ³ Bavarian State Research Center for Agriculture; ⁴ Technical University of Munich; ⁵ University of Copenhagen; ⁶ Wageningen University & Research; ⁷ University of California Davis

Drought events are predicted to become more frequent in consequence to climate change, potentially causing limitations in plant water supply by the soil, which has been shown to be one of the largest impediments to food production worldwide. The flexibility of stomatal regulation allows plants to timely react to water stress to possibly avoid an unfavourable plant water status. Although the coordination between stomatal regulation and aboveground hydraulics has extensively been studied, our understanding of the impact of soil-plant hydraulics in the context of soil drying remains elusive. Therefore, we investigated the response of 48 contrasting maize (*Zea mays L.*) genotypes to soil drying, utilizing a novel phenotyping facility. We measured the relationship between leaf water potential, soil water potential, soil water content and transpiration, as well as root, rhizosphere and aboveground plant traits. We found that genotypes differed in their responsiveness to soil drying. The critical soil water potential at which plants started decreasing transpiration was related to a combination of above- and belowground traits: genotypes with a higher maximum transpiration and plant hydraulic conductance as well as a smaller root and rhizosphere system closed stomata at less negative soil water potentials (i.e. in wetter soil conditions). With the help of a soil-plant hydraulic model, we show that those traits impact the development of water potential gradients around the roots, i.e. the belowground hydraulic conductance during soil drying. Thereby, our results demonstrate the importance of belowground hydraulics for stomatal regulation and hence drought responsiveness during soil drying. Furthermore, this finding supports the hypothesis that stomata start to close when hydraulic conductivity drops at the root-soil interface.

Reducing ammonia losses from application of synthetic nitrogen fertilizers (Project NH₃-Min)

Sina Kukowski¹; Hannah Götze¹; Andreas Pacholski¹; Christian Brümmer¹; Nicolas Brüggemann²; Alexander Kelsch²; Martin Kaupenjohann³; Björn Kemmann³; Julian Brokötter⁴; Sandra Kiesow⁴; Paul Heinemann⁵; Sandra Riesch⁶; Reiner Ruser⁷; Jonas Fröhl⁷; Heinz Fle

¹ Thünen Institut für Agrarklimaschutz; ² Forschungszentrum Juelich; ³ Technische Universität Berlin; ⁴ Christian-Albrechts-Universität zu Kiel; ⁵ Technical University of Munich; ⁶ Bavarian State Research Center for Agriculture (LfL); ⁷ University of Hohe

Fertilizer derived ammonia (NH₃) emissions affect environment, climate and human health and concomitantly reduce nitrogen use efficiency in crop production. Against this background, the reduction of ammonia losses along with the use of synthetic nitrogen fertilizers has gained importance. Reliable and representative measurements for typical field conditions as well as for potential mitigation options are needed to derive realistic emission factors as a basis for recommendations to both, policy makers and farmers. However, to date there is a lack of data on simultaneous comparative evaluation of synthetic fertilizers in multiplot measurements for the assessment of fertilization strategies and mitigation options.

Our study focuses on the most common synthetic nitrogen fertilizers in Germany, i. e. urea, calcium ammonium nitrate, ammonium nitrate urea solution, ammonium sulphate urea and evaluates different mitigation options for ammonia emissions, such as (i) choice of nitrogen form, (ii) use of urease and nitrification inhibitors and (iii) fertilizer injection. Combinations of different sensors (e. g. acid traps, dynamic chamber method, laser-based techniques) and flux calculation approaches (e. g. Integrated Horizontal Flux, backwards Lagrangian stochastic (bLs) modelling, eddy covariance) were tested and cross-validated on different spatial scales (small scale multi-plots, field scale) to accurately quantify ammonia emissions.

In 2020 and the following 3 years a set of coordinated field trials was implemented in winter wheat, comprising 10 sites across Germany and covering different climatic regions and soil types. Measurements were carried out after each of the three fertilizer applications per year for several weeks. Our results show that ammonia emissions differ between treatments and sites, where lowest emissions were recorded in the calcium ammonium nitrate treatment. Different mitigation options (i, ii, iii) and their effect size as well as the derivation of new, site-differentiated emission factors for emission reporting will be discussed.

Influence of water management on GHG-balances along a land use intensity gradient in fen peatlands.

Daniel Lenz

Hochschule Weihenstephan-Triesdorf | University of Applied Sciences

Influence of water management on GHG-balances along a land use intensity gradient in fen peatlands.

In Europe, about half of all peatlands are under influence of landuse. They are often drained to facilitate classical landuse options, causing the accumulated organic matter to be degraded and thereby triggering a significant increase in green house gas (GHG) emissions. Many studies suggest raising the overall water level in drained peatlands will lead to significant savings in GHG emissions. Hence, to combine agricultural landuse, peat conservation and climate protection on a large scale, we suggest the concept of water management systems in currently drained, agriculturally used peatlands. Our ongoing research encompasses two interconnected research projects, called MOORbewi and MOORclimbII. Both projects focus on GHG fluxes from peat-soils influenced by water management systems, the potential of climate protection and synergies with conservation of biodiversity. Measurements and data collection take place on a large array of different land-use intensities, reaching from highly intensive arable maize fields, over moderately used meadows, sowed with a grassland seed mixture adapted to wet conditions, to extensively managed species-rich litter meadows. We installed suitable water management systems in every research site to lower water levels and allow for better accessibility for farming machinery when needed, but ensure near surface water levels for the vast majority of the year. To validate the impact of water management systems on GHG-balances we measure the exchange of CO₂, CH₄ and N₂O between the ecosystem and the atmosphere with a portable manual chamber system in combination with infrared gas analyzers and gas chromatography. Our aim is to identify applicable water management systems and optimized water level-dynamics to combine carbon conservation and adapted agricultural usage. Lastly, we want to look at water management as a mitigation option for water dependent litter meadows and species rich wet meadows threatened by the influence of climate change.

Tidal wetland soils' methane and nitrous oxide emissions; how abiotic and biotic interact

Fay Lexmond; Lars Kutzbach; David Holl

University Hamburg

In wetland soils, many biotic processes are steered by the soil's abiotic conditions and vice versa. One type of biologically steered process is flux emissions of greenhouse gases from soils. These fluxes can be positive or negative depending on the ratio between production and consumption of greenhouse gases by the soil microbial community. Various knowledge gaps remain to exist on the controls of greenhouse gas fluxes in wetland soils. One ecosystem that is especially interesting, in the light of their climate change mitigation potentials, are tidal wetland soils. In this project, methane and nitrous oxide are studied along a salinity gradient and across flooding frequency gradients in the Elbe estuary. I hypothesize that due to present abiotic gradients, pronounced differences in magnitude and alternation of net positive to negative and negative to positive methane and nitrous oxide fluxes occur in the Elbe estuary. Three different salinity zones (salt, brackish and fresh) have been selected for sampling of soil pore water solution at different depths. Additionally, measurements of land-atmosphere exchange fluxes are conducted with the manual closed chamber method. The soil pore water solution samples are analyzed on mineral nitrogen, Fe(II), Fe(III), Mn(IV), sulfate, chloride, pH, EC, dissolved carbon dioxide, methane and nitrous oxide, and the results are compared to the gases measured at soil surface. In this poster the first results are presented and the first findings discussed in context of interactions between biotic and abiotic conditions. This project is part of a larger scientific study on the role of biota on estuarine carbon cycling, in the form of a research training group (RTG2530) and is funded by the DFG.

Rhizosphere traits of Sorghum define phosphorus exploitation strategies in an iron-rich tropical Acrisol

Sara Loftus¹; Rosepiah Munene¹; Osman Mustafa¹; Callum C. Banfield²; Mutez A. Ahmed³; Michaela A. Dippold²

¹ Georg-August Universität Göttingen; ² Universität Tübingen; ³ Universität Bayreuth

The mobilization and uptake of highly immobile nutrients, such as phosphorus (P) are not only driven by root morphology, but also by plant-microbe interactions in the rhizosphere, such as symbiosis with arbuscular mycorrhiza fungi (AMF). Soils in the sub-tropics are often P-depleted and have a low P availability. Changing environmental conditions, like drought reduce nutrient availability to a higher extent. To ensure sustainable food production, crops with high efficiency for P mining and drought adaptation mechanisms are required. Therefore, we applied a novel experimental setup, that not only allowed the quantification of different P mobilization mechanisms, but also disentangled the uptake by plants (sorghum) and/or microorganisms. The 'double-ring pot', is a system where two layers of hyphae-penetrable but root-impenetrable gauze surround a hydraulic barrier and effectively separate two soil volumes (rhizo-mycosphere and mycosphere). By applying ³³P – labelled P sources in both compartments, the contribution to plant P uptake by either root-rhizosphere interactions or accurate quantification of AMF's P mobilization and transport towards the symbiotic partner are feasible. P uptake was measured under well-watered and drought conditions.

The ³³P-recovery from the rhizo-mycosphere compartment in root and shoot tissue of sorghum was twofold higher under well-watered than under drought conditions. However, the recovery from the mycosphere compartment was only pronounced under drought, indicating that sorghum- AMF interactions are intensified under stress conditions. These results were confirmed by the ³³P-recovery of polar membrane lipids of the soil microorganisms (³³P-PLFA), where water scarcity triggered microbial activity in the mycosphere, likely driven by an increased allocation of photo-assimilated carbon by the sorghum plants to their AMF. AMF root colonization rate displayed not to be a suitable proxy for its P mobilization efficiency nor the hyphae extension ability, as plant P uptake from root inaccessible P sources was proven and its potential to enhance microbial activity was of significance under drought conditions, although root colonization was reduced.

In summary, our data suggest that the genetic potential of rhizosphere traits and the exploitation of root-soil-microbiome interaction for P nutrition is far from fully exploited and bears great potential for crop improvement in the tropics.

Does suspended corncob biochar solution influence phosphorus availability and microbial activities in soil

Iryna Loginova, Natalya Bilyera, Callum Banfield, Denis Kuteloy, Yakov Kuzynakov, Michael Dippold

Ukraine

Efficient utilization of crop residues is an essential part of sustainable crop production. Corncobs serve as feedstock for biochar production through pyrolysis. Besides C stabilization and crop residue recycling, biochar may have beneficial effects on soil microbial activity and accelerate nutrient cycling leading to increased efficiency of applied nutrients, especially phosphorus.

We aimed to improve mechanistic understanding of corncob biochar effects on soil microbial activity and P (im)mobilization under low total application rate, but using a localized band application in close proximity to the seeds (key zone for crop productivity), coupled with classical mineral P fertilization.

Corncobs were transformed to biochar at low-temperature (350 °C) slow pyrolysis (0.2-0.3 °C s⁻¹). From grinded biochar we prepared suspension and mixed it with phosphate solution (as monopotassium phosphate). To simulate “soil-biochar-P” interactions as prevalent in the application band, we set up an incubation experiment on soil collected from a cultivated loamy Luvisol in northern Bavaria.

Four biochar rates (BC0 – no biochar, BC0,5 – 75 kg ha⁻¹, BC1 – 150 kg ha⁻¹, and BC2 – 300 kg ha⁻¹) jointly applied with one P rate (30 kg ha⁻¹) were compared to control soil. Destructive sampling on days 7, 14 and 32 was used to measure soil pH, available phosphorus (resin-extracted), microbial biomass P, C and N (MBP, MBC, MBN by fumigation-extraction method).

Soil pH decreased in all treatments compared to the control, which was mainly attributed to P solution. Biochar, especially in the highest rate (300 kg/ha) mitigated this acidifying effect. Soil acidification may both increase soil P availability and decrease precipitation of applied mineral P.

Biochar application didn't change the amount of available P in the soil compared to only P applied. This indicates no significant immobilization of phosphorus within the application band.

In the first 7 days MBC and MBN decreased in all treatments compared to control, while the effect of biochar on MBP was not clear. After an initial boost in microbial activity, there was no treatment effect on MBC, MBN and MBP visible after 32 days any more.

We conclude that band application jointly with mineral P fertilizer neither leads to significant abiotic nor biotic (microbial) P immobilization. However, proof of concept, i.e. long-term constant P availability for roots by biochar band co-application requires verification with specific P tracing approaches, e.g. via its radioisotopes..

Pedogenic control of C:N:P stoichiometry of soil organic matter: insights from Swiss forest soils

Jörg Luster; Stephan Zimmermann

Eidg. Forschungsanstalt WSL

The formation and turnover of soil organic matter (SOM) includes the biogeochemical processing of the macronutrient elements nitrogen (N) and phosphorus (P), which alters their stoichiometric relationships to carbon (C) and to each other. We sought patterns among soil organic C, N, and P in data from about 500 samples from the forest soil data base of the Swiss Federal Research Institute WSL comprising a representative selection of forest soil types of our country, covering all soil horizons.

As for a global data set published earlier (Tipping et al. 2016), strong negative correlations were found between N:C and P:C ratios on one hand, and % organic C on the other hand, showing that SOM of soil samples with low organic C concentrations (high in mineral matter) is rich in N and P. Overall, the enrichment of N with decreasing C concentrations in the Swiss data set was equal to the one in the global data set while P enrichment was a bit stronger relative to both C and N. We then inspected the Swiss data set for systematic deviations of the enrichment patterns in specific soil types and pedogenetic horizons. P enrichment relative to C and N was stronger in acidic than in carbonate containing samples, whereas N enrichment relative to C was similar in both groups of soil samples. N and P enrichment relative to C was weak in well-drained soils and soil horizons, while it was strong in groundwater affected soils, most prominently in soil horizons with a fluctuating water table, and in soil horizons with clay enrichment. These findings are consistent with transport of fresh nutrient-poor litter-derived organic matter to greater soil depth in well drained soils such as podzols, and the formation of particularly strong sorption sites in the aforementioned soil horizons. P enrichment relative to N was particularly strong in Cambisols, and generally in acidic A and B horizons, which may be explained by the high abundance of positively charged sorption sites in acid soil horizons.

Overall, our analysis corroborates the assumption of preferential stabilization of nutrient-rich organic matter by binding to strongly sorbing mineral surfaces with progressing pedogenesis. It further provides soil-type specific constraints to models of carbon turnover and nutrient dynamics in soils of temperate zones.

Tipping, E., Somerville, C.J., Luster, J. (2016). The C:N:P:S stoichiometry of soil organic matter. *Biogeochemistry* 130: 117-131.

Phosphoremissionen aus dem Pflanzenbau und ihr Beitrag zur Eutrophierung von Gewässer in verschiedenen Regionen Deutschlands

Janine Mallast¹; Heinz Stichnothe¹; Pia Schneider²; Daniela Dressler²

¹ Thünen-Institut für Agrartechnologie; ² Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ)

Phosphor (P) ist ein notwendiger und nicht substituierbarer Nährstoff für Pflanzen. Die moderne Landwirtschaft ist daher auf mineralische P-Dünger und P aus Wirtschaftsdüngern angewiesen. Gleichzeitig wird eine weltweite Verknappung der endlichen Phosphatgesteinen und damit eine Begrenzung der mineralischen P-Dünger für die zukünftige landwirtschaftliche Produktion prognostiziert. Dennoch sind 71% der weltweiten Ackerböden mit Phosphor überversorgt, was zu einem hohen Risiko für diffuse Phosphorverluste führt (Fischer et al. 2017). In Deutschland werden 50% der P-Verluste der Landwirtschaft zugeschrieben (Nieder et al. 2010). Allein die Erosion durch Wasser macht mehr als 50% der gesamten P-Verluste aus der Landwirtschaft aus. Dies kann zu zunehmender Gewässereutrophierung führen und infolgedessen zu einer verringerten Gewässerqualität (Alewell et al. 2020), die gemäß der WRRL zu vermeiden ist.

In der Ökobilanzierung landwirtschaftlicher Produktionssysteme wird seit Jahren die Bedeutung von Feldemissionen und deren Umweltauswirkungen wie globale Erwärmung oder Eutrophierung hervorgehoben (Henryson et al. 2020). Es gibt zahlreiche Hinweise, dass Feldemissionen durch regionale Merkmale wie Boden und Klima beeinflusst werden (Mathivanan et al. 2021). Yang et al. (2018) zeigen, dass eine räumliche Differenzierung in der Sachbilanz zu einem zwei- bis vierfachen Unterschied in den Ergebnissen für die meisten Wirkungskategorien einer Ökobilanz führt. Um die Auswirkungen genauer zu quantifizieren, ist es daher sehr wichtig, diese regionalen Einflüsse zu berücksichtigen. Für andere Feldemissionen liegen bereits umfangreiche Untersuchungen zu deren regionalen Einflüssen vor. Für P-Emissionen gibt es nur wenige Ansätze.

Mit dieser Studie wird daher eine Analyse für regionalspezifische Bodenerosion unter Verwendung frei zugänglicher Daten sowie zur Abschätzung der daraus resultierenden P-Emissionen des Pflanzenbaus in Deutschland vorgestellt. Anhand einer Fallstudie wird der Einfluss der Regionalisierung der berechneten P-Emissionen auf die Gewässereutrophierung aus landwirtschaftlichem Anbau demonstriert.

Der vorgestellte Ansatz konnte regionale Merkmale und landwirtschaftliche Bewirtschaftungspraktiken widerspiegeln, sodass regionale Unterschiede bei der Bodenerosion sowie bei den P-Emissionen identifiziert wurden. Ein Vergleich zwischen generisch ermittelte P-Emissionen und einer regionalen Auflösung zeigt eine 60-116% Überschätzung bei der generischen Anwendung.

Ammonia volatilization studies using the wind tunnel method in a climate chamber

Reda Mažeikienė; Martin Kaupenjohann

TU Berlin

The increasing trends of ammonia (NH_3) emissions entering into the atmosphere is a huge concern at the international level. One of the main sources of NH_3 is intensive animal husbandry. In the animal husbandry, 83-91% of ammonia is released into the environment from the total emission on land (i.e., about 8-9 million tons per year).

Gaseous NH_3 reacts with sulfuric acid, nitric acid and hydrochloric acid to form an ammonium salt, which increases the concentration of PM 2.5 particles as an atmospheric pollutant. Ammonia released into the atmosphere can re-enter into farmland and natural ecosystems through dry and wet deposition, which increases nitrogen content in soil and water, leading to eutrophication, which leads to changes in plant species and to the extinction of some other species.

On the other hand, the volatilization of ammonia from livestock manure results in loss of ammoniacal nitrogen, resulting in reduced manure quality, and agricultural systems often require supplemental nitrogen supplementation with mineral nitrogen fertilizers.

Currently, there are several methods for determining ammonia volatilization from farmland. These methods mainly include two types: indirect and direct measurement techniques. The present work discusses the main principles, methods of operation, as well as advantages and disadvantages of these methods. The results of previous authors' researches were analyzed and summarized in detail. After comparing the similarities and differences among the various methods, the principal aim of our study was to develop a system to estimate ammonia volatility over 24 hours, and verify its reliability using the wind tunnel method.

Data revealed an error of results among the wind tunnels of $\pm 0.3 \text{ mg/L NH}_4$. The concentration of NH_4 was determined by a TACAN device according to established standards. The ammonia removal from the test sample was 159 mg in 24 hours, which corresponded to 144 mg NH_3 of the standard; thus the difference was only 15 mg, of which might be the ammonia being evaporated during the technical sealing of the wind tunnels. The outcome of the study was considered acceptable, and the results will help to improve the reliability of the data for estimated emissions of ammonia from soils of different structures at different temperatures further in the future.

Key words: Ammonia, method, wind tunnel

Dauerhafter Lebendmulch im Ackerbau

Christine Mittermeier

Agrarbüro Mittermeier

Praxisprojekt DaLeA: Die europäische Kommission hat mit dem „European Green Deal“ ehrgeizige Ziele formuliert. Bei der Umsetzung des „Green Deals“ kommt der europäischen Landwirtschaft eine zentrale Rolle zu. Es wird angestrebt, den Einsatz von Pestiziden und damit deren Schädigung bis 2030 um 50% zu reduzieren. Zudem sollen die Nährstoffverluste bei gleichzeitiger Beibehaltung der Bodenfruchtbarkeit um 50% verringert werden. Bis 2030 ist eine Reduktion des Düngemitelesatzes um mindestens 20% geplant.

Zur Umsetzung dieser Ziele im Kontext der zunehmend herausfordernden klimatischen Bedingungen müssen neue landwirtschaftliche Produktionssysteme erprobt und entwickelt werden. Ein solches Produktionssystem im Ackerbau könnte durch die Etablierung von Lebendmulchen geschaffen werden. Kern des Anbausystems ist der komplette Verzicht auf Bodenbearbeitung. So werden alle Fruchtfolgeglieder über Direktsaat mittels einer eigens für diesen Zweck angepassten Sämaschine direkt in den im Vorfeld etablierten Klee gesät. Um die Effekte des Anbausystems wissenschaftlich untersuchen zu können, werden auf Schlägen mit unterschiedlichen Fruchtfolgegliedern jeweils eine Variante mit Klee als Lebendmulch und eine praxisüblich bewirtschaftete Variante in gespiegelten Großparzellen verglichen. Zentrale Fragestellungen in den unterschiedlichen Projektphasen sind:

Lässt sich durch Klee als Lebendmulch die Nitratauswaschung verringern und somit eine effiziente N-Düngung in konventionellen Direktsaat-Anbausystemen umsetzen?

Lässt sich durch den Lebendmulch der Einsatz von Herbiziden und anderen Pflanzenschutzmitteln reduzieren?

Welchen Einfluss hat der dauerhafte Lebendmulch auf den Wasserhaushalt im Boden und somit auf die Wasserversorgung der Kulturpflanzen?

Wie wirkt sich der dauerhafte Lebendmulch auf das Mikroklima im Bestand aus und lassen sich Effekte hinsichtlich der CO₂-Bilanz feststellen?

Entsteht ein positiver ökonomischer Effekt durch die Etablierung des Lebendmulches und wie ist dieser langfristig zu bewerten?

Zur Erfassung der Nitratgehalte im Boden werden in allen Parzellen monatlich Bodenproben gezogen und im Labor ausgewertet. Ergänzend wird der Stickstoffversorgungsgrad der Kulturpflanzen mittels Messung des Chlorophyllgehaltes (N-Tester) erfasst. Parallel hierzu wird wöchentlich der volumetrische Wassergehalt durch eigens hierfür installierten Messsonden bis in eine Tiefe von ca. 1m bestimmt.

Weitere Informationen: www.dalea.blog

Maßnahmen zur Reduktion von Ammoniakemissionen nach Harnstoffdüngung – werden Treibhausgasemissionen erhöht?

Andreas Pacholski¹; Lea Eder²; Caroline Buchen-Tschiskale¹; Hannah Götze¹

¹ Thünen Institut für Agrarklimaschutz; ² Wageningen University & Research

Die Düngung mit Harnstoff und harnstoffhaltigen Produkten ist mit dem höchsten Risiko von Ammoniak (NH₃)-Emissionen unter allen synthetischen Düngemitteln verbunden. Verschiedene Maßnahmen zur Reduktion dieser Emissionen wie Anwendung von Ureaseinhibitoren und Einarbeitung werden diskutiert und bereits implementiert. Neben variabler Reduktion der NH₃-Emissionen ist vor allem die Quantifizierung der Wirkung dieser Maßnahmen auf Treibhausgasemissionen mit hohen Unsicherheiten verbunden.

In zwei miteinander verknüpften Inkubationsversuchen wurde die Wirkung der linienhaften Einarbeitung („Einschlitzten“ in 7 cm Tiefe) von Harnstoff und dessen Behandlung mit Ureaseinhibitor (2-NP) allein und in Kombination mit einem Nitrifikationsinhibitor (3-MP) auf Ammoniakemissionen und Treibhausgasemissionen (N₂O, NO, CO₂) untersucht. In beiden Versuchen wurde ein humoser Sandboden (Ap) bei 15°C, 70% FK und einer Rückverdichtung auf 1.4 g/cm³ verwendet. Bei der Ammoniakmessung (2 Wochen Dauer) wurden Kleingefäße (500 ml) mit ca. 300 g Boden gefüllt und dann die Ammoniakemission bei einer Luftaustauschrate von 15 Volumen/Minute durch Auffangen des Ammoniaks in Waschflaschen quantifiziert. Treibhausgase wurden in schwach durchströmtem (20 ml/Minute) Gefäßen (4 l, befüllt mit 2.5 kg Boden) erfasst (10 Wochen). Zur Aufklärung des N₂O Emissionsprozesses wurden eine Nitritzwischenbeprobung vorgenommen und Gasproben zur Erfassung der 15N-Isotopensignatur erfasst.

Das Einschlitzten reduzierte die Emissionen am stärksten (-78%), während beide Behandlungen mit Ureaseinhibitor die Emissionen um ca. 40 % verringerten. Das Einschlitzten hatte über die gesamte Inkubationszeit geringere N₂O Emissionen zur Folge als die anderen Varianten. Nach Ablauf der Wirkung des Nitrifikationsinhibitors erreichten die Gesamt-N₂O Emissionen dieser Varianten dasselbe Niveau wie Harnstoff und Harnstoff mit Ureaseinhibitor, welche sich nicht unterschieden. Die Maßnahmen zur Reduktion von NH₃-Emissionsreduktion nach Harnstoffdüngung hatten hier also keine erhöhten THG Emissionen zur Folge. Die Isotopenanalyse zeigte Unterschiede im Prozessgeschehen der verschiedenen Varianten. Prozesse und die Bedeutung für das agrarökologische Dünger-Management werden diskutiert und in den Kontext weiterer Inkubationsversuche gestellt.

First characterisations of forested organic soils within the German-wide monitoring programme “MoMoK–forest”

Nora Pfaffner; Marvin Gabriel; Julian Gärtner; Cornelius Oertel; Nicole Wellbrock

Thünen Institute of Forest Ecosystems

In Germany, approx. 300.000 ha of organic soils are forested. These forested peatlands have diverse functions and provide fundamental ecosystem services. Although, long-term management practices, especially the use of drainage systems, have widely caused changes of the hydrological situation and therefore of the physico-chemical soil properties. It is well known that the resulting peat decomposition goes along with enhanced greenhouse gas (GHG) emissions. Within the regulations to report national GHG inventories from the sector land use, land use change and forestry (LULUCF) all GHG emissions have to be determined and quantified. Additionally, the conservation and improvement of water retention in forested organic soils are highly important for climate protection and adaptation, in particular, as an enhance of drought events is expected.

However, reliable data of the highly heterogeneous forested peatlands in Germany are still lacking. Large uncertainties persist within the current carbon (C) and nitrogen (N) distributions, including derived C budgets from the above biomass, accompanied with a poor understanding of the C and N dynamics and changes of the water tables across various time scales. Thus, the main objectives of the German peatland monitoring programme for climate protection (“MoMoK–forest”) are to (i) ascertain accurate data of the status quo of forested peatlands in order to estimate and compare the quantity and distribution of the C and N stocks of the soils and biomass; (ii) to monitor C and N dynamics continuously and their contribution to global GHG emissions. The programme is thereby coordinated with Thünen Institute of Climate-Smart Agriculture, which focuses on monitoring organic soils of the open land areas (MoMoK–open land).

The forested organic soil landscape of Germany is characterised by a wide range of peatland types from sloping bogs of the mid-range mountain areas to typical lowland semi-natural fens. To cover the regional diversity, nationwide 50 monitoring sites were selected according to their type (bog, fen, non-peat organic soils), hydrological conditions (semi-natural, drained) and stand (Picea, Pinus, Betula, Alnus). Here, we present preliminary results of the field parameters (e.g., peat thickness, water levels, C/N, Corg, pH) and the estimated current C budgets of the so far implemented sites.

Adaptation of maize-based food-feed-energy systems to limited phosphate resources

Marco Roelcke¹; Joachim Müller²; Reiner Doluschitz³; Xuejun Liu⁴; Lixing Yuan⁴; Lingyun Cheng⁴; Fusuo Zhang⁴; Torsten Müller⁵

¹ Universität Hohenheim (763); ² University of Hohenheim (440e); ³ University of Hohenheim (410c); ⁴ China Agricultural University (CAU); ⁵ University of Hohenheim (340i)

Of all nutritional elements essential for plants, animals and humans, phosphorus (P) is one of the most limited resources worldwide, available approx. for the next 300 years. Large amounts of P are currently released into the environment in a non-reversible diffuse distribution, causing severe eutrophication of water bodies. Germany is characterized by a strong misdistribution of P resulting in high surpluses in areas with high livestock and biogas plant densities, and fertilizer deficits in other intensive cropping regions. Large amounts of P contained in sewage sludge and kitchen waste are not reused for primary production but dumped. The recycling potential for P in Germany, including organic fertilizers, P in sewage sludge and other waste materials, is huge. In an estimate of changes in P use and losses in the food chain of China from 1950 to 2010, more than 50% of excreted P was lost to the environment. The greatest losses were due to the direct discharge of manure into water bodies or landfills. The current fate of P can therefore be considered as an open cycle where P is supplied by mining, and fertilizer and food/feed additive production followed by different steps of P utilization including crop production, animal feed, human food, and conversion of biomass to energy and raw materials, with severe losses in each compartment.

In an interdisciplinary system-oriented approach, thirteen complementary research groups at the China Agricultural University (CAU) and the University of Hohenheim investigate (1) the genetic potential of maize populations and mechanisms of their ability to adapt to limited phosphate supply, (2) maize cultivation under limited phosphate supply at field scale, (3) mechanistic interactions of related products with their utilization in human and animal nutrition, and phosphate recovery by biomass conversion. (4) An economic evaluation is done at plot, farm, region and sector levels, including market effects. Joint central field experiments in China and Germany allow for complementary and comparative analyses.

The Sino-German International Research Training Group (IRTG) AMAIZE-P is co-funded by the German Research Foundation (DFG GRK 2366/1, 2) and the CAU. Twelve doctoral researchers and a post-doc on the German and Chinese sides, respectively, plus several external ones form each three-year cohort. In total, three cohorts will pass through this nine-year programme. This poster gives a general introduction to the IRTG AMAIZE-P.

Absorption of ^{15}N enriched ammonia by a winter wheat crop at two different growth stages

Reiner Ruser; Jonas Fröhl; Torsten Müller

Universität Hohenheim, Inst. f. Kulturpflanzenwissenschaften

Since ammonia has numerous negative impacts on the environment and human health the European Union has set the National Emission Ceiling (NEC) as an objective for the member states to reduce their emissions. Despite great efforts, Germany has only partially succeeded in reducing ammonia emissions over the last 30 years. The calculation of the emissions is based on emission factors (EF) which have changed numerous times over the last two decades. The EFs for different nitrogen-containing fertilizers depend on climate and soil pH. Because emissions only occur when ammonia is leaving the canopy and enters the atmospheric boundary layer, the crop and its growth stage are factors that influence the actual emissions, but there is only one EF for different crops and growth stages. Considering that winter wheat, the most important arable crop in Germany, can take up ammonia through its stomata there is likely a difference between the emissions that are calculated and the actual emissions at different growth stages due to reabsorption in the canopy of ammonia emitted at soil level. Earlier studies showed that this reabsorption is likely to occur in different field crops like wheat, tomato, coffee and grass-clover mixture. Since there are no recent studies available for winter wheat in Germany, this study was conducted within the NH_3 Min research project.

To estimate the reabsorption of ammonia by winter wheat, the ^{15}N enrichment technique was used. A solution of ^{15}N enriched ammonium sulfate was applied in containers open on the upper side between the rows of a winter wheat crop so that the ^{15}N could only be taken up by the wheat via ammonia absorption whereas uptake over the root was disabled. To enforce a uniform ammonia release from the ammonium sulfate solution, a sodium bicarbonate buffered sodium hydroxide solution (adjusted at pH 9) was added. Covering a total period of three days, the solution was exchanged every 24 hours. The total amount of simulated ammonia emission over these three days corresponded to a loss of 5 and 12.5 kg N ha⁻¹. After three days the wheat plants were cut and analyzed for its ^{15}N concentrations. To assess the influence of the growth stage on ammonia reabsorption, the experiment was carried out during stem elongation and flowering of the wheat.

Relevance of root hairs in root water uptake at single root scale

Florian Stoll; Andrea Carminati; Patrick Duddek; Mathieu Javaux; Jan Vanderborght; Mutez Ahmed

Background and Aim: Root hairs are postulated to be a relevant trait in root water uptake. However, little is known on the prerequisite, concerning root hydraulic conductivities, under which root hairs are expected to matter. Here, we introduce a model that investigates the interaction of root hairs with axial and radial conductivity as a root type specific function of maturation and with soil type specific conductivity during soil drying.

Methods: The finite-difference approach based on Ohm's analogy was used to describe water flow in a single root of each root type of maize (lateral, seminal, brace, crown) in sand and loam. Single roots and the surrounding rhizosphere, including root hairs, are represented at a scale at which hydraulic parameters can be experimentally measured. Literature data were found for hydraulic parameters of each model compartment (soil, xylem, radial root, root hair). Simulations are run at different soil water potentials for each scenario of root hair density and hair shrinkage as a function of soil drying and turnover time. This allows to investigate the overall effect of root hairs and root hair traits for each root type.

Key Results: (1) Root hairs are increasingly relevant at decreasing soil water potentials. (2) Root hairs are more efficient in root water uptake when they are located at lateral roots. (3) The relative effect of root hairs on root water uptake is stronger in sand than in loam. (4) A high root hair density prevents the loss of functionality due to shrinkage at low soil water potentials.

Conclusion: Lateral roots in maize are particularly hydraulically adapted to enable the functionality of root hairs in water uptake. This supports the notion that laterals are a key root type in water uptake. Furthermore, the utility of root hairs depend also on soil and root hair traits, such as shrinkage and density. In conclusion, root hairs could be a relevant trait for root water uptake in soils with unfavorable hydraulic properties such as sand, provided that root hydraulic properties allow it

N-Düngewirksamkeit und N-Verluste nach Gärrestdüngung auf einem tonigen Standort ohne organische Düngehistorie

Linda Tendler¹; Sebastian Wolter¹; Johannes Kühne¹; Reinhard Well²; Roland Fuß²; Jörg Michael Greef¹; Karolin Müller¹

¹ Julius Kühn-Institut (JKI) Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen; ² Thünen Institut für Agrarklimaschutz

Der Einsatz von organischen Düngern im Ackerbau kann potenziell dazu beitragen Nährstoffkreisläufe zu schließen, da im Gegensatz zu den meisten Mineraldüngern keine energieintensive Synthese oder Aufbereitung erforderlich ist. Der Anfall von org. Dünger ist regional unterschiedlich und naturgemäß in Regionen mit hohen Viehbesatzdichten und vielen Biogasanlagen am höchsten. In Ackerbauregionen wird deutlich seltener organisch gedüngt. In der Praxis wird oft angemerkt, dass tonige Ackerbaustandorte sehr umsatzträge sind und der über org. Dünger applizierte Stickstoff nur eingeschränkt düngewirksam ist. Trotzdem differenziert das Düngerecht bei der Wirksamkeit org. Dünger nicht nach Standort, sondern legt diese pauschal nach Düngertyp fest.

Im FNR-Projekt RESOURCE untersuchen wir in einem Feldversuch, wie die N-Düngewirksamkeit von Gärresten auf einem tonigen Standort (Pelosol-Pseudogley, Pseudogley-Kolluvisol), der langjährig ausschließlich mineralisch gedüngt wurde, ausfällt. Im Jahr 2022 wurde eine N-Düngestaffel mit Mineraldünger und äquivalenter Menge an Gärrest (bezogen auf Norg) in den Kulturen Wintergerste und Silomais bei Braunschweig angelegt. Die N-Düngehöhe lag bei 100 %, 80 % und 60 % des N-Bedarfswerts zuzüglich des Frühjahrs-Nmin-Gehalts im Boden. Zusätzlich zu den Ertragsergebnissen wurden auch N-Verluste durch Bodengase (Ammoniak und Lachgas) sowie Auswaschung (über Nmin-Gehalte nach der Ernte und vor Winter) erhoben.

Erste Ergebnisse zeigen, dass die mittlere agronomische Effizienz des Gärrests, definiert als Quotient zwischen Mehrertrag gegenüber der Kontrolle und appliziertem Dünger, nur bei 25-40 % in der Gerste liegt. Die Mineraldüngervarianten wiesen teils signifikant höhere Wirksamkeiten von 50-70 % auf. Die Frühjahrs- und Sommertrockenheit führten zu einer niedrigen N-Verwertung der Bestände. Im später ausgesäten Mais konnten keine Unterschiede zwischen den Varianten festgestellt werden.

Die ganzjährig wöchentlich erhobenen Lachgasemissionen liegen im Mittel in den Mineraldüngervarianten tendenziell höher als in den Gärrestvarianten und fallen in der Gerste mit 0,4-0,8 um ein Vielfaches geringer aus als im Mais mit 1,9-5,0 kg Lachgas-N pro Hektar und Jahr. Dies kann vor allem auf die trockenheitsbedingt eingeschränkte N-Verwertung des Maises und daraus resultierende hohe Nach-Ernte-Nmin-Gehalte zurückgeführt werden. Denn hohe Lachgasverluste traten insbesondere nach Bodenbearbeitungsgängen in Kombination mit hohen Nmin-Gehalten auf.

Das Verbundprojekt StaPrax-Regio: N-Stabilisierung in der Düngepraxis - Optimierung durch Regionalisierung auf Basis meteorologisch-edaphischer Parameter

Enrico Thiel¹; Falk Böttcher²; Denise Assmann²; Hardy Pundt³; Roksolana Pleshkanovska³; Michael Grunert⁴; Oliver Spott¹; Johannes Döhler¹; Florian Eissner¹; Thomas Kreuter¹

¹ Stickstoffwerke Piesteritz GmbH; ² Deutscher Wetterdienst; ³ Hochschule Harz; ⁴ Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Im F&E-Verbundprojekt StaPrax-Regio (2021-2023) werden hocheffiziente N-stabilisierte Düngungsstrategien auf Basis agrarmeteorologisch-bodenkundlicher Standortanalysen identifiziert und über innovative Beratungstools zeitnah in die Düngepraxis überführt. Ziel ist eine deutlich verbesserte Übertragung der vielfältigen und komplexen Vorteilseffekte der N-stabilisierten Düngung (Minderung von N-Verlusten über alle Verlustpfade, verbesserte N-Verfügbarkeit, Förderung von Wurzel- und Jugendentwicklung) in adäquate Steigerungen der Dünger-N-Effizienz. Vor allem im Wintergetreide gelingt dies bislang nur unzureichend. Im Vorgängerprojekt StaPlaRes (Projektförderung BMEL, Projektträgerschaft BLE) wurde nachgewiesen, dass bei optimaler Adaption N-stabiler Düngungsstrategien an Standort- und Witterungskonstellationen eine deutliche Effizienzsteigerung erreicht werden kann. Dieses Potenzial wird in einem flächendeckenden Ansatz erschlossen.

Die Ergebnisse sollen im Sektor der integriert-konventionellen Landbewirtschaftung die Etablierung ökologisch und ökonomisch angepasster Strategien in Düngung und Pflanzenbau ermöglichen. Der Erkenntnisgewinn zu Zusammenhängen zwischen standortspezifischen bodenkundlichen und agrarmeteorologischen Parametern einerseits und der Verfügbarkeit und Effizienz des Düngerstickstoffs andererseits, soll in optimierte Düngungs- und Beratungsstrategien einfließen. Das Projekt leistet damit einen substanziellen Beitrag zum ökonomischen und ökologischen Ressourcenschutz sowie zur Akzeptanz und Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Landwirtschaft und zur Erfüllung der ökologischen Ziele der EU-Agrarpolitik.

Zur Bearbeitung des Themas hat sich ein Verbund aus dem Deutschen Wetterdienst, der Hochschule Harz, dem Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie und der SKW Stickstoffwerke Piesteritz GmbH zusammengeschlossen. Mit weiteren namenhaften Partner der angewandten agrarwissenschaftlichen Forschung und Lehre sowie der Officialberatung des Freilandversuchswesens der Länder, werden ab 2021 deutschlandweit mehr als 60 randomisierte Exaktversuche in Winterweizen, Wintergerste und Winterroggen angelegt.

Die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung ist Projektträger des Vorhabens.

Py-GAS-EM - Modell zur Berechnung von Emissionen aus der Landwirtschaft

Cora Vos; Claus Rösemann; Roland Fuß

Thünen Institut für Agrarklimaschutz

Die Arbeitsgruppe Emissionsberichterstattung am Thünen-Institut hat das Berechnungsmodell py-GAS-EM (python GASEous EMissions) zur Verwendung für die nationalen Emissionsinventare für Treibhausgase und Luftschadstoffe entwickelt. Das Modell folgt dem Massefluss durch die Landwirtschaft – für 23 Tierarten von der Futteraufnahme, über die Verdauung und Ausscheidung, bis zu den Emissionen aus Stall und Wirtschaftsdüngerlager. Anschließend werden direkte und indirekte Emissionen aus landwirtschaftlichen Nutzflächen und Kulturen berechnet. In den letzten Jahren wurde das Modell im Bereich der Emissionen aus Böden erheblich verbessert, es wurden zum Teil deutschlandspezifische und regionalisierte Emissionsfaktoren erarbeitet.

Durch internationale Abkommen hat sich Deutschland verpflichtet, sowohl die Emissionen von Treibhausgasen als auch von Luftschadstoffen zu senken. Für die Treibhausgasemissionen wurden im Bundesklimaschutzgesetz von 2019 und seiner Novellierung von 2021 Emissionsbudgets für die verschiedenen Sektoren festgelegt, die von 2020 bis 2030 jährlich kleiner werden (BMU, 2021). Die Landwirtschaft (inklusive Verbrennung von Energieträgern) soll im Jahr 2030 nur noch maximal 56 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente emittieren. Im Gegensatz zu Treibhausgasemissionen stammen Ammoniakemissionen in Deutschland nahezu ausschließlich aus der Landwirtschaft (95 % der Gesamtemissionen). Laut NEC-Richtlinie (EU, 2016) muss der Ammoniakausstoß bis 2030 um 29 % gegenüber den Emissionen von 2005 reduziert werden, weil Ammoniak ein gesundheitsschädlicher Luftschadstoff ist. Maßnahmen hierzu hat die Bundesregierung in ihrem Luftreinhalteprogramm beschrieben.

Neben der Umsetzung von Maßnahmen zur Emissionsreduktion wird in Zukunft auch die Herausforderung sein die Fortschritte bei der Umsetzung zu monitoren und anschließend im Emissionsberechnungsmodell abzubilden.

Multicolor staining to differentiate root systems of neighboring plants

Anne-Sophie Wachter; Doris Vetterlein; Maik Lucas

UFZ - Helmholtz Centre for Environmental Research

Quantifying root systems and their distribution is essential to facilitate the study of root interactions in soils. However, there is no standardized method for discerning the roots of individuals in plant communities. Previous reports propose the multi-color staining of plant roots as a promising solution.

This approach was tested in course of this study using tomato (*Solanum lycopersicum*, "Cherrola") and maize (*Zea mays*, wildtype, inbred line B73). The plants were grown in rhizoboxes to enable observation of the root system. Three treatments with two plants per rhizobox were distinguished: (1) double-planted tomato, (2) double-planted maize and (3) one tomato and one maize plant. Approximately three weeks after planting, stems were cut, and dyes of different colors were pressure injected. Each rhizobox was divided into 9 blocks, and the root length of each plant was determined in the blocks.

The roots of tomato were dyed well, so it was easy to allocate them to the corresponding plant. However, for maize there was some uncertainty as the root system was not completely stained. The results for double-planted tomato illustrated that at the intermediate position between the plants, each tomato contributed nearly 50 % of the total root length. On the left side dominated the left plant and on the right side respectively the right plant. Double-planted maize showed a less distinct trend, due to the less successful staining. When tomato and maize were planted together, tomato clearly dominated. In this treatment tomato also possessed a higher root length and shoot dry weight compared to the double-planted tomato. In contrast, maize plants grown next to each other revealed higher growth compared to these planted next to tomato.

Our results indicate that the staining of plant roots has the potential to discern rooting patterns of neighboring plants. Yet, we also address important limitations and difficulties that should be taken into account before application.

Maßnahmen zur Minderung direkt und indirekt klimawirksamer Emissionen, die durch Denitrifikation in landwirtschaftlich genutzten Böden verursacht werden – Projekt MinDen

Reinhard Well; Caroline Buchen-Tschiskale; Rene Dechow; Klaus Dittert; Andreas Gättinger; Jörg-Michael Greef; Henrike Mielenz; Clemens Scheer; Benjamin Wolf; Bryan Dix

Maßnahmen zur Minderung direkt und indirekt klimawirksamer Emissionen, die durch Denitrifikation in landwirtschaftlich genutzten Böden verursacht werden – Projekt MinDen

Das Verbundvorhaben adressiert die Themen der Minderung der Lachgasemission und Verbesserung der Stickstoffeffizienz durch Modellierung, der Bewertung möglicher Minderungsmaßnahmen und der standortdifferenzierenden Bewertung der Denitrifikation. Gasförmige Emissionen aus der Denitrifikation verursachen pflanzenbaulich relevante N-Verluste und verursachen direkte N_2O -Emissionen des Pflanzenbaus. Pflanzenbauliche Klimaschutzmaßnahmen im Bereich der Düngung, Bodenbearbeitung, Fruchtfolge sind im Hinblick auf die Rolle der Denitrifikation kaum erforscht. Ein pflanzenbauliches Management welches N-Effizienz optimiert und gleichzeitig N-Emissionen minimiert ist daher bisher nicht verlässlich definiert. Übergeordnetes Ziel des vorliegenden Projekts ist es, pflanzenbaulich praktikable Minderungsmaßnahmen im Hinblick auf N_2 und N_2O -Emissionen der Denitrifikation für Ackerbausysteme in Deutschland zu identifizieren, indem der Kenntnisstand zu denitrifikativen N-Verlusten durch Feld- und Laborstudien verbessert und zur Parametrisierung, Validierung und Anwendung von Simulationsmodellen eingesetzt wird. Unsere Teilziele sind wie folgt:

1. Regionalisierung der N-Verluste durch Denitrifikation in Deutschland auf Basis vorhandener Modelle
2. Bestimmung der Wirkung von pflanzenbaulichen Klimaschutzmaßnahmen auf N₂- und N₂O-Verluste
3. Prüfung von Minderungsoptionen auf der Modell-, Labor- und Feldskala unter Berücksichtigung des Oberbodens und des durchwurzelten Unterbodens für verschiedene Böden
4. Weiterentwicklung von Denitrifikationsmodellen, um die Abbildung von Minderungsmaßnahmen zu verbessern anhand vorhandener und neuer Messdaten
5. Prüfung der Minderungsoptionen für Deutschland anhand der verbesserten Modelle unter Berücksichtigung von Ertrag, Wirtschaftlichkeit, Technologiebedarf, N₂O-Emission, N-Effizienz, Düngerbedarf, NH₃-Emissionen und Nitratauswaschung.

Wir geben einen Überblick der Vorgehensweise und des aktuellen Stands der Arbeiten des Anfang 2023.

Jahrestagung der
Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft
DBG 2023

Kommission V
Bodengenetik,
Bodensystematik,
Bodeninformation

Biogeochemische Eigenschaften anthropogener Böden in Transbaikalien, Sibirien: Barun Alan, Henger-Tyn Skalnaya, Podzvankaya

Darima Andreeva¹; Wolfgang Zech²; Vasilii I. Tashak¹; Michaela Dippold³; Michael Zech⁴; Roland Zech⁵; Marcel Bliedtner⁵; Eva Lehndorff²; Tobias Bromm⁶; Bruno Glaser⁶

¹ Russische Akademie der Wissenschaften, Sibirischer Zweig; ² Universität Bayreuth; ³ Eberhard-Karls-Universität Tübingen; ⁴ Technische Universität Dresden; ⁵ Friedrich-Schiller-Universität Jena; ⁶ Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Uns interessierte die Frage, ob sich anthropogene Böden in Sibirien im Hinblick auf ihre biogeochemischen Eigenschaften von jenen der Mittelbreiten oder Tropen unterscheiden. Untersucht wurden drei anthropogene Bodenprofile in Süd-Sibirien. Sie haben dunkle bis schwarze, oft geschichtete Horizonte und sind reich an organischem Kohlenstoff (bis 7%), sowie an aromatischem Kohlenstoff, Carboxylgruppen und Black Carbon (bis 40%). Auch die P-Gehalte sind erhöht (P_{kw} bis zu 9 g kg⁻¹). Die $\delta^{13}\text{C}$ -Werte weisen auf C3-Pflanzen hin und die hohen $\delta^{15}\text{N}$ -Werte (bis 12‰) belegen offene Stickstoff-Kreisläufe (cf. Zech et al., 2011). Die Alkandaten von Profil Barun Alan bestätigen die pollenanalytischen Befunde, nämlich die Ausbreitung der Waldvegetation ab dem Allerød. Fäkalbiomarker zeigen deutlichen menschlichen Einfluß, sogar in Horizonten, die von Paläolithikern besiedelt wurden, was auf den konservierenden Effekt des Klimas hinweisen könnte.

References:

Zech, M., Bimüller, C., Hemp, A., Samimi, C., Broesike, C., Hörold, C. and Zech, W., 2011. Human and climate impact on $\delta^{15}\text{N}$ natural abundance of plants and soils in high mountain ecosystems – a short review and two examples from the Eastern Pamirs and Mt. Kilimanjaro. *Isotopes in Environmental and Health Studies* 47 (3), 286-296.

Biomarkeranalysen in neolithischen on- und off-site Gruben (Sachsen, Deutschland)

Jago Jonathan Birk¹; Harald Stäuble²; Christian Tinapp³; Saskia Kretschmer²; Sabine Fiedler⁴

¹ Johannes Gutenberg-Universität Mainz (aktuell: Georg-August-Universität Göttingen); ² Landesamt für Archäologie Sachsen; ³ Universität Leipzig; ⁴ Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Weltweit werden bei archäologischen Grabungen on- und off-site Gruben gefunden. Der primäre Zweck solcher tiefen Befunde und die Deutung des Verfüllungsmaterials sind oft unklar. Wir haben das Potential von Biomarkeranalysen und weiteren bodenchemischen Untersuchungen getestet, um Informationen über die ehemalige Nutzung derartiger Gruben zu erhalten. In den Füllungen fünf verschieden geformter neolithischer Gruben in Sachsen wurden Elementgehalte sowie Fäkal- und Gewebemarkers (Sterole, Gallensäuren, Alkane) analysiert. Erste Ergebnisse zeigten, dass die Grubenfüllungen oft heterogen waren. So fanden wir in einzelnen Gruben Lagen, in die Exkremente von Herbivoren oder Omnivoren eingetragen wurden im Wechsel mit Lagen, die unverdautes tierliches oder pflanzliches Gewebe beziehungsweise andere Exkremente enthielten. Die Ergebnisse zeigten, dass Biomarkeranalysen wichtige Hinweise für die Identifikation der eingetragenen Materialien liefern können, jedoch räumlich hoch aufgelöste Untersuchungen der Verfüllungen nötig sind, um Fehlinterpretationen zu minimieren.

Is the Munsell color chart test robust given the diverse expertise of users in citizen science?

Faras Abassi; Hannah Sachße; Frederick Büks; Martin Kaupenjohann

Technische Universität Berlin

Soil science is increasingly in focus of citizen scientists. However, next to the well established tea bag index (a simple method to quantify decomposition of particulate organic matter by the soil biome) there are still only a few methods readily validated. The professional estimation of humus concentrations by use of the Munsell color chart seems suitable for citizen science due to its simple approach, but meets very different levels of expertise within the community. Therefore, it is yet unknown whether the method is valid regardless of the user's education. For testing its robustness in soil citizen science, 15 soils with diverse textures and humus contents were assigned to chroma and value of the Munsell color chart (edition 2008). The experiment was conducted by six different groups (n=50) comprising primary school children, teenagers, adult laypersons as well as students, practitioners and teachers of soil science and furthermore a software for color detection. Based on the found colors, the humus content was estimated according to KA5 (Bodenkundliche Kartieranleitung, 2005) by use of soil texture (Navier's and Stokes' method), converted to $SOC = SOM / 1,72$, and then compared with the SOC concentration measured with elemental analyzer. This work presents the preliminary result of the broad study.

Bewertung der pH- und Nährstoffvariabilität von Managementzonen in einer heterogenen Moränenlandschaft

Eric Bönecke¹; Ingmar Schröter²; Charlotte Kling²; Sebastian Vogel³; Swen Meyer⁴; Sandra Post²; Eckart Kramer²; Jörg Rühlmann¹

¹ Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenanbau - IGZ Großbeeren; ² Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde; ³ Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB); ⁴ Universität Rostock

Ein teilflächenoptimiertes Nährstoffmanagement im Ackerbau trägt dazu bei, Schädigung von Ökosystemen durch landwirtschaftliche Austräge zu verringern, ohne die Ernährungssicherheit zu gefährden. Dafür stellt die Einteilung von Ackerschlägen in möglichst homogene Managementzonen (MZ) eine praktikable Lösung dar. Diese Zonen werden häufig basierend auf hochaufgelösten Ertrags- oder Biomassekarten und den damit verbundenen Nährstoffentzügen gebildet. Unterschiede in der pflanzliche Biomasse sind unter niederschlagslimitierten Bedingungen überwiegend durch Unterschiede im Wasser- (und Nährstoff-)Speichervermögen der Böden begründet. Deswegen zielt der Ansatz zur Bildung von MZ dieser Studie neben der Ertragskomponente (Nährstoffentzug) zusätzlich auf den Einbezug von räumlich hochaufgelösten Bodentexturinformationen (Speicherpotenzial) ab. Auf einem 62 ha großen Feld in einer heterogenen Moränenlandschaft im Nordosten Deutschlands wurden zur Erfassung kleinräumiger Bodentexturmuster der elektrische Widerstand und die natürliche Gammaaktivität mit einer mobilen Sensorplattform erfasst. Die interpolierten Sensordaten (Block-Kriging) wurden mit Referenzproben verschnitten, um hochauflösende Bodenartengruppenkarten aus Ton-, Schluff- und Sandkarten abzuleiten. Ertragsgruppenkarten wurden aus Ertragsaufzeichnungen einer Fruchtfolgerotation (2018-2022) abgeleitet, in dem in 5%-Schritten 7 Klassen zwischen 10-40 % Abweichung vom Mittelwert der jährlichen Relativerträge gebildet wurden. Als Kriterium für die Bewertung der Variabilität innerhalb der MZ wurden die pH-Werte einer kalibrierten pH-Sensorkarte, die durch Interpolation von Messpunkten einer mobilen pH Messplattform erzeugt wurde, von 2017 herangezogen. Außerdem wurden von 250 über das gesamte Feld in 2020 genommenen Proben die Variabilität von P, K, Mg und Corg ausgewertet. Die pH-Varianz aller MZ lag zu Beginn des Untersuchungszeitraumes unter 0,11 pH-Einheiten und im Mittel bei 0.03. Für 100 g Boden lag die mittlere Varianz für P bei 1,1 mg (SD = 0,7 mg), für K bei 1,7 mg (SD = 1.5 mg) und für Mg bei 1 mg (SD = 1 mg), und für Corg bei 0.03% (SD = 0,3%). In Zonen mit reinem und schwach lehmigen Sanden (Ton: 0-17%, Schluff: 0-50%) und einer positiven Ertragsabweichung vom Mittel war die pH-Varianz mit >0,05 am höchsten. Diese ersten Ergebnisse zeigen das Potential auf, um die Einteilung von MZ zu verbessern und eine nährstoffeffizientere Bodennutzung zu entwickeln.

Bodentyp und Deckschicht auf Quarzsand-Untergrund im oberbayerischen Alpenvorland

Sixten Bussemer¹; Carolin Podlech¹; Karin Meisburger²; Thomas Mayer²

¹ Universität Greifswald; ² LMU München

Die Jungmoränengebiete des bayerischen Alpenvorlandes weisen oberflächennah ein relativ heterogenes Substrat auf, vor allem in Abhängigkeit von der jeweiligen Kalk- oder Kristallinkomponente aus den kleinteiligen Gletscher-Herkunftsgebieten in den Alpen. Das kompliziert die genetische Diskussion sowohl bezüglich der periglazialen Deckschichten als auch der Böden selbst. Die ehemalige Glassand-Grube von Quarzbichl (Gemeinde Eurasburg) stellt mit ihrem homogenen Quarzmaterial in diesem vielfältigen Umfeld eine unikale Sondersituation dar. Sie ist auf die tektonische Überformung der tertiären Molasse (Nonnenwaldserie) zurückzuführen.

Die Standorte auf dieser nur einige Dekameter Seitenlänge aufweisenden Tertiärscholle wurden in mehreren Profilen makroskopisch aufgenommen. Im Labor erfolgten zusätzlich bodenphysikalische (Korngrößen), chemische (RFA, pedogene Oxide, Karbonat, pH, C/N-Verhältnis, Kationenaustauschkapazität) und mineralogische Analysen (Ton- und Schwerminerale). Mit ihrer Hilfe ließ sich einerseits die Profilhomogenität auf das Vorhandensein von Fremdmaterial prüfen. Diese Grundlage präzisiert die Diskussion periglazialer Deckschichten bezüglich autochthoner und allochthoner Komponenten. Andererseits liessen sich die Intensität und Richtung von Verwitterungsprozessen abschätzen. Damit konnten die Bodenprofile in der Entwicklungsreihe Braunerde – Parabraunerde eingeordnet werden. Die Detailuntersuchung erlaubt letztendlich eine bessere bodengeographische Auflösung und ökologische Bewertung der von Faltenmolasse geprägten Abschnitte des oberbayerischen Jungmoränenlandes.

Identifying soil texture for top and subsoil by combining proximal soil sensing, agro-ecosystem modelling and conventional soil sampling

Anna Engels¹; Ixchel Hernandez-Ochoa¹; Eric Bönecke²; Thomas Gaiser¹; Frank Ewert¹

¹ Institute of Crop Science and Resource Conservation (INRES), University of Bonn; ² Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau

Agro-ecosystem models can be useful for precision farming (PF) as they can be able to capture within-field heterogeneities effects on crop yields and the tradeoffs on the delivery of ecosystem services. A prerequisite for their use in PF is the availability of high-resolution top and subsoil information (e.g., soil texture), which can be acquired by proximal soil sensing technologies such as electrical resistivity. However, the electrical resistivity signal is also affected by the soil water content, which is often unknown for the subsoil. Therefore, in this study we combine soil texture information from various profiles, an agro-ecosystem model to simulate the soil water content in the top and subsoil, and soil resistivity data from a mobile multi-sensor platform to derive a soil texture map up to 1 m depth. The experimental field is the 70 ha “patchCROP” field and located in Brandenburg, Germany. Between 2020 and 2022 extensive soil sampling was done, providing manually assessed soil textural class data on 240 soil profiles and their layers. Additionally, in a laboratory a subset of augers was analyzed for particle distribution to extrapolate and correct the soil textural classes from the manual readings. Proximal soil sensing with the GEOPHILUS multi-sensor platform took place in autumn 2019. Using weather data from an on-site weather station, crop management and phenology data, the soil auger information as well as data from 40 soil moisture sensors (30, 60 and 90 cm), an agro-ecosystem model was calibrated and validated to simulate soil water balance for the date of mobile proximal sensing. The simulated volumetric water content was then used to improve the inversion algorithm to identify the soil texture in the subsoil. Application of the inversion algorithm was validated for a subset of augers and used for interpolation to the whole field. Results from this experiment may improve the identification of management zones that improve crop productivity and the delivery of ecosystem services.

Feldskalige Vermessung der Bodenerosion unter Zuckerrüben: Vergleich dreier Messmethoden

Olga Fishkis; Stefan Paulus; Heinz-Josef Koch

Institut für Zuckerrübenforschung

Die Zuckerrübe ist eine Reihenkultur, die häufig auf schluffigen Lössböden angebaut wird. Aufgrund der langsamen Entwicklung im Anfangsstadium bleibt die Bodenbedeckung im Frühjahr gering, so dass die Böden unter Zuckerrüben im April und Mai besonders anfällig für Wassererosion sind. Der verstärkte Einsatz von mechanischer Unkrautbekämpfung anstelle von Herbizidapplikation vor dem Hintergrund des European Green-Deal und der Farm-to-Fork-Strategie lässt große Auswirkungen auf das Auftreten von Bodenerosion erwarten. Bislang wurden diese anhand von Starkregensimulationen auf kleinen 2 m x 1 m Parzellen untersucht. Zur Bewertung der mechanischen Unkrautbekämpfung auf die Intensität von Erosionsereignisse sind Messungen auf der Feldskala mit realen Hanglängen erforderlich.

Ziel dieser Studie ist es, die Bodenerosion bei Starkregenereignissen auf 100 m langen und 10 m breiten Zuckerrübenparzellen mit mechanischer und chemischer Unkrautbekämpfung zu ermitteln. Zu diesem Zweck werden drei unterschiedliche Messmethoden eingesetzt: (1) Messung des Oberflächenabflusses von jeder Großparzelle mit einem Coshoc-ton-Rad in Kombination mit Kippwaage und begleitende Messung der Sedimentkonzentration im Abfluss; (2) berührungslose Messung der Mikrotopografie durch terrestrisches Laserscanning (TLS) vor und nach dem Starkregenereignis. Die resultierende 3D-Punktwolke wird dabei zur Rauschunterdrückung in 2D-Profilen unterteilt und approximiert. Anschließend wird die Bodenerosion anhand der Differenz zwischen den Profilen der beiden Erfassungszeitpunkte berechnet; (3) Aufnahme von Drohnenbildern vor und nach dem Starkregenereignis und anschließende Erstellung eines SfM-basierten Geländemodell. Der Bodenabtrag wird hier ebenfalls aus der Differenz zwischen den rauschkorrigierten 3D-Punktwolken zweier Erfassungszeitpunkte bestimmt werden.

Da die direkte Messung von Bodenabtrag auf Feldskala sehr aufwändig ist, soll diese Studie zur Entwicklung einer berührungslosen und effizienteren Methode zur Bestimmung von Bodenerosion auf Ackerflächen beitragen.

Subhydrische Böden – Dokumentation und Probenahme durch wissenschaftliche Taucher

Fred Franzke¹, Leon Hohenstein², Sebastian Pose², Thomas Grab², Tobias Fieback²

¹ terraf Ingenieurbüro, ² TU Bergakademie Freiberg

Die Untersuchung aquatischer Substrate (Sedimente) und Bodenentwicklungen ist systembedingt anspruchsvoller als bei terrestrischen Böden. Gleichwohl bestehen erhebliche Daten- und Wissenslücken zur Bodengenetik unter Wasser. Nach KA 5 werden die bisher vier subhydrischen Bodentypen in einer eigenen Klasse entsprechend ihren diagnostischen Horizonten differenziert. Daher ist die Entnahme geeigneter, ungestörter Bodenproben zur Dokumentation von entscheidender Bedeutung.

In diesem Poster wird eine neue Methode zur Untersuchung von Böden unter aquatischen Bedingungen vorgestellt. Dabei kommen wissenschaftliche Taucher und ein innovativer Unterwassertransportträger zum Einsatz. Beim vorgestellten Probenahmeablauf stehen Tauchsicherheit und die Gewinnung von qualitativ hochwertigen Bodenproben im Vordergrund.

Ausgewählte Ergebnisse von sächsischen Standgewässern werden vorgestellt. Diese zeigen ausgeprägte Bodenunterschiede in der Korngrößenverteilung, dem Gehalt an organischer Substanz, reduziertem Schwefel, Farbe, biologischer Belebtheit und weiteren spezifischen Merkmalen, die auf bodenbildende Prozesse hinweisen. Mit der aktuellen Bodensystematik (KA 5) lassen sich einigedifferenzierende Merkmalskombinationen nicht adäquat ausdrücken.

Optimization of sample preparation and data evaluation technique for x-ray fluorescence prediction of soil texture, pH and CEC for a population of loess soils

Isabel Greenberg¹; Anja Sawallisch¹; Michael Vohland²; Bernard Ludwig¹

¹ Universität Kassel; ² Universität Leipzig

Implementation of x-ray fluorescence spectrometry (XRF) for the estimation of soil texture, pH and cation exchange capacity (CEC) is desirable given the time-consuming nature of standard laboratory methods. Initial studies show promising results; however, further investigation is required to determine the effects of sample preparation and data evaluation techniques on model accuracy. Our objective was to optimize this approach by comparing i) measurement on soil powder (< 0.2 mm) versus pressed pellets (17% wax, 200 kN) and ii) prediction with 20 kV spectra, 40 kV spectra ($n=4096$ each) or concatenated spectra measured with a Bruker S2 Puma benchtop energy dispersive XRF spectrometer, with and without spectral pre-treatment (Savitzky-Golay, smoothing), versus use of total elemental contents ($n=16$) determined by spectral deconvolution with the Bruker SPECTRA.ELEMENTS software, and iii) use of partial least squares regression (PLSR) versus multiple linear regression with stepwise simplification (sMLR). For this, $n=395$ soils were sampled from three arable fields with loess soils. A 5-fold random partitioning into training ($n=300$) and test ($n=95$) sets was carried out. Clay, silt and sand prediction accuracy can be classified as excellent (ratio of performance to interquartile distance in validation (RPIQv) > 2.7) in all cases, while CEC estimation was satisfactory to very good (RPIQv > 1.9) and pH was satisfactory ($1.9 < \text{RPIQv} < 2.7$). Measurement of pressed pellets rather than powdered samples decreased root mean squared error of prediction in validation (RMSEv) for all properties, but only by 3.1% on average. Prediction with either the 20 kV or 40 kV spectra was optimal compared to use of elemental contents, but the average decrease in error was only 5.2%. Use of concatenated 20 and 40 kV spectra decreased prediction error for clay, silt and pH by 4.6% on average compared to the best single spectra, but was not helpful for sand and CEC. Using spectral pre-treatments decreased error of prediction by 4.9% on average. In terms of the algorithm for predicting soil properties from elemental contents, performance was similar for PLSR and sMLR, and neither was consistently superior. For this population of loess soils, methods that decrease sample preparation and computing time can therefore be implemented with little to no accuracy loss ($< 5\%$), and this is particularly recommended for estimation of texture, where accuracy was excellent for all tested approaches.

Soil indicators for farm management optimization

Franziska Häfner; Gina Garland

Agroscope

Sustaining soil multifunctionality and plant productivity while minimizing negative impacts on the environment is a key goal for sustainable agriculture. However, measuring soil functioning in practice is often limited to due costs, time and practicability. Therefore, the objective of the Bodencockpit project (Agroscope Research Program "Indicate") is to develop an easy to use methodology and set of indicators for the quantitative and site-specific evaluation of soil quality at the plot level for arable and mixed farms in Switzerland. Based on currently available threshold values or response curves from literature, a preliminary set of representative soil indicators has been selected. This indicator set includes pedo-climatic conditions at the site, measured soil attributes and soil management activities. The manageable soil attributes used as state indicators include bulk density, gravimetric air content at -100 hPa, coreVESS, penetration resistance, water holding capacity, Corg/clay ratio, permanganate oxidizable C, N/P ratio, available nutrients (N, P, K, Mg), pH, base saturation, earthworm number and biomass, soil respiration and microbial biomass. A number of management indicators that are related to farm activities will also be included to link soil properties directly to practice, e.g. the humus balance, compaction risk (terranimo), soil cover index, crop diversity and tillage intensity. This connection can serve as decision support tool for the farmer, pointing towards improvement options or determining specific problems. By using already existing concepts to calculate the soil functional potential (e.g. Greiner et al. 2018, Vogel et al. 2019), we want to quantify the degree of fulfillment of a field's site-specific potential. To calibrate and validate our approach concerning specific soil management indicators, we collected soil and management data from long-term field experiments. Here we present the general concept of the Bodencockpit-project with first results from the sampling campaign, and discuss the capacity for indicators to help farmers with on the ground management decisions.

Zur Erstellung einer Moorkulisse für Thüringen mittels digitaler Bodenschätzungsdaten (Gebietskulisse „Feuchtgebiete und Moore“ nach GAP-Konditionalitäten-Verordnung - GAPKondV)

Christoph Halbauer

Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz

Die EU-Mitgliedsländer haben sich auf eine Reform ihrer Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) geeinigt, wobei das bisherige „Cross-Compliance“ erweitert und jetzt unter dem Begriff „Konditionalität“ geführt wird. Zur Umsetzung der EU-Agrarförderung gemäß der Grundanforderungen an die Betriebsführung (GAB) und der Standards für den Erhalt von Flächen in gutem landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand (GLÖZ) mittels jeweiliger Regelungen in den Mitgliedsstaaten wurden in Deutschland zur Realisierung einheitlicher Kriterienanwendung die Bundesländer verpflichtet, jeweils für ihr Territorium eine Gebietskulisse „Feuchtgebiete und Moore“ zugrunde zu legen.

Für Thüringen wurde dafür eine sog. Moorkulisse als Auszug von Flächen aus dem digitalen Datenbestand der thüringischen Bodenschätzung erstellt.

Es wird ein Einblick in die genutzten Dateninhalte gegeben. Erste Schritte zur Erstellung der Gebietskulisse bzw. zu deren Aktualisierung werden dargestellt.

Am Beispiel eines kleinen Moorkommens im Thüringer Becken wird die Komplexität der Daten in Verbindung mit naturräumlichen Gegebenheiten und mit Veränderungen in der Landschaft verdeutlicht. Dazu werden drei Bodenprofile kurz vorgestellt und ihr Bezug zu den Bodenschätzungsdaten und zur Moorkulisse erläutert.

Weiterhin wird auf Landnutzungsänderungen eingegangen.

BonaRes Soilfiles – Ein Onlinetool für Bodenprofile aus Forschungsprojekten

Carsten Hoffmann¹; Nikolai Svoboda²; Thomas Kühnert²; Viet Hoang Nguyen²; Maureen F. Atemkeng²; Xenia Specka²

¹ Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF); ² Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF)

In bodenwissenschaftlichen Forschungsprojekten werden kontinuierlich und weltweit Bodenprofile kartiert. Bislang gab es kaum oder keine Möglichkeit diese wertvollen Datenbestände einheitlich zu veröffentlichen und der gesamten Forschungs-Community zur Verfügung zu stellen. Im BonaRes-Projekt wurde deshalb ein Onlinetool entwickelt, das es Bodenwissenschaftlern ermöglicht, Bestandsdaten von Bodenprofilen, die nach den Kartieranleitung KA3-KA5 erhoben wurden, mit ihrer geografischen Position, zu veröffentlichen. Das Tool ermöglicht es zudem, begleitende Daten zur Bodenprobennahme, Methoden und Ergebnisse von Laboranalysen und ein Übersichtsfoto zu speichern und anderen Nutzern nachnutzbar zu machen.

Datengeber können über ein einfaches Eingabetool und Schlüssellisten der bodenkundlichen Kartieranleitung alle KA-Felder, Projektinformationen am Schreibtisch oder im Feld eingeben und mit Ergebnissen aus Laboranalysen ergänzen. Als interessierter Nachnutzer von Bodenprofildaten können Dritte in einer Suchmaske nach Bodentypen, Landnutzung, Forschungsprojekten usw. oder in einer Karte nach veröffentlichten Profildaten in einer bestimmten Region suchen. Nutzer können sowohl aggregierte Informationen einzelner Bodenprofile, alle Daten eines Bodenprofils oder auch Daten aus selbst erstellten Kollektionen von Bodenprofilen ansehen und herunterladen und die Autoren (Kartierer und/oder Datengeber) über einen DOI zitieren.

In diesem Beitrag stellen wir die aktuelle Entwicklung des Tools vor und diskutieren die Funktionalitäten und mögliche Erweiterungen und Verbesserungen.

Ableitung der Textur durch gammaspektrometrische Daten auf regionaler Skala

Lars Konen; Richard Mommertz; Malte Ibs-von Seht; Andreas Möller; Daniel Rückamp

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

Die Kenntnis über Eigenschaften von Böden als eine wichtige natürliche Ressource für den Menschen ist die Grundlage für deren nachhaltige Nutzung. Die Erhebung gammaspektrometrischer Daten im regionalen Maßstab ermöglicht eine zeit- und kosteneffiziente Abschätzung der Textur als ein wichtiger Faktor für die Bodenfunktionsbewertung. Im Projekt Regionale Charakterisierung von Bodenparametern (ReCharBo) der BGR wurden dazu seit Herbst 2020 fünf Messkampagnen in verschiedenen Regionen in Niedersachsen und Baden-Württemberg durchgeführt. Dabei kamen sowohl ein Feldgammaspektrometer als auch ein hubschraubergetragenes Gammaspektrometer zum Einsatz. Begleitet wurden diese Messungen durch eine Bodenprobenahme zur Bestimmung der Elementgehalte und der Bodenwassergehalte. Die mit dem Feldspektrometer ermittelten Gehalte von Kalium, Thorium und Uran wurden mit klassischen ICP-MS und RFA Laboranalysen der Bodenprobe und die Hubschrauberdaten wiederum wurden mit den feldspektrometrischen Daten verglichen. Die aus den Gehalten berechnete Ionendosisleistung (nGy/h) ist mit der Textur (Ton-, Schluff- und Sandgehalt) in Beziehung gesetzt worden. Die hieraus abgeleiteten Pedotransferfunktionen zu jeder Kornfraktion wurden anschließend zur Ableitung der Textur auf regionaler Skala angewendet. Auftretende Skalierungseffekte bei der Übertragung von der Feld- auf die regionale Skala wurden quantifiziert. Diese Ergebnisse werden auf der Tagung präsentiert.

Zur Genese der Archaeological Dark Earth im Bereich der Spät-Bronze-/Eisenzeitlichen Höhensiedlung „Alter Gleisberg“ in Thüringen

Beate Michalzik¹; Jago Jonathan Birk²; Sabine Fiedler³

¹ Friedrich-Schiller Universität Jena; ² Georg-August Universität Göttingen; ³ Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Biogeochemische Bodenuntersuchungen im Siedlungsbereich der Spät-Bronze-/Eisenzeitlichen Höhensiedlung „Alter Gleisberg“ in Thüringen führten zur Identifikation einer Archaeological Dark Earth/Hortisol (KA5). Die über einen Terrassenbereich eines Inselberg-Plateaus dominanten Böden sind gekennzeichnet durch mächtige (bis zu 80 cm), schwarze (Munsell value, chroma < 3), humusreiche (2 – 6%) Ex-Horizonte. Hohe Gehalte an Phosphor und pyrogenem C unterstreichen zusammen mit Keramikfragmenten, Tierknochen, Holzkohleresten und AMS14C-Datierungen den vorgeschichtlichen (intensiv während Späthallstatt- und Frühlatène Zeit) anthropogenen Einfluss auf die Bodengenese.

Die besonders im Unterboden (> 40 cm) beobachteten hohen P-Gehalte weisen auf den Eintrag von organischer Substanz hin (z.B. Pflanzenreste, Fäkalien, häusliche Abfälle). Mittels der Analyse von Biomarkern (Δ^5 -Sterole, Stanole, Gallensäuren) sollten diese näher charakterisiert werden.

Erste Ergebnisse zeigen sowohl für einen Referenzboden (Rendzina) der Umgebung als auch für den Hortisol den Eintrag von Herbivorenkot im Oberboden, wobei die Einträge im Hortisol über denen der Rendzina liegen. Für den Unterboden (> 40 cm) des Hortisols ist der Eintrag von menschlichen Exkrementen sehr wahrscheinlich. Die Analyse der Gallsäuren weisen für Bodentiefen zwischen 50 – 60 cm zusätzlich auf den Eintrag von Schweinefäkalien hin. Über das Gesamte Hortisol-Profil (Ober- und Unterboden) zeigen die Biomarker einen Eintrag tierischen Gewebes.

Archäozoologische Analysen von Tierknochenresten aus dem Siedlungsbereich „Alter Gleisberg“ (1. Jahrtausend v. Chr. bis zur Zeitenwende) decken sich gut mit denen der Biomarker. In der Tierhaltung lässt sich eine Dominanz des Hausrinds, gefolgt von Schaf/Ziege und Hausschwein erkennen. Eine Analyse der Fleischwertklassen zeigt zudem, dass alle Phasen der Fleischverwertung wie Schlachtung, Zerlegung, Lagerung, Verarbeitung und Verzehr auf dem Alten Gleisberg nachweisbar sind.

Wir vermuten daher, dass vorwiegend Omnivorenfäkalien (Schwein/Mensch) und Schlachtabfälle zur Standortverbesserung des Hortisols beigetragen haben.

High-throughput proximal-based approach for differentiation of soil carbonate minerals (Calcite and Dolomite)

Reza Mirzaeitalarposhti¹; Scott Demyan; Yvonne Nkwain; Torsten Müller

¹ University of Hohenheim

Soil calcium carbonate (CaCO_3) content is an important soil property and plays a significant role as it acts as either a net source or net sink of atmospheric carbon dioxide (CO_2). The prediction of soil CaCO_3 content is necessary for the sustainable management of soil fertility. The objective of this study was to establish the application of diffuse reflectance mid-infrared Fourier transform spectroscopy (DRIFTS) coupled with linear mixed effects (LME) modeling to predict any single carbonate mineral (Calcite and Dolomite). A laboratory batch carbonate enrichment experiment was carried out to manipulate the spectral response of carbonate gradient in three different soil texture. To mechanistically study the effects of both soil and carbonate type on diagnostic mid-infrared peaks associated with calcite, dolomite, and their mixtures, we used a specific peak area approach. Peak areas at 2512, 875, 730, and 713 cm^{-1} were considered as fixed effects while both soil texture and calcite to dolomite ratio were random effects components. The results showed that a stepwise increase in carbonate content increases in assigned peak areas, despite the non-linear for sandy soil. In all models the fixed effects explain a large proportion of the variation (ca. 85%). Adding the random effects explains in some cases up to another 10%, which is not insignificant. Regardless of soil texture and ratio of carbonate mineral, calcite was strongly positively correlated with DRIFTS peaks (2512, 875, 713 cm^{-1}) resulted in $\text{RMSE} = 2.97\%$ and $R^2 = 0.90$. Similarly, dolomite was also predicted precisely with mean accuracy values of $\text{RMSE} = 3.36$ and $R^2 = 0.87$ including peak areas at 2512, 730, and 713 cm^{-1} . The advantages of the DRIFTS method are the precise and cost-effective characterization of carbonate minerals in bulk samples.

Are soil quality indicators good predictors for agricultural yield?

Emily Overturf; Felix Seidel; Florian Schneider; Axel Don

Thünen Institute of Climate-Smart Agriculture

Soil quality scoring is a useful tool in land management as it can help determine the most suitable land use and is used to estimate the value of land for agricultural or forestry production. In agriculture, soil scoring can also help to inform management practices such as fertilizer application and irrigation rates, or even determine taxation levels as is the case in Germany. Various indicator-based soil scoring systems exist, and are often claimed to be linked to crop yield potential as an important ecosystem service. In Germany, a system more than 100 years old called the Bodenschätzung is still used today and provides the most detailed soil information system for agricultural land across Germany. Calculating the Bodenzahl (soil score) with this method requires expert knowledge, is only applicable to German soils and does not consider climate variables such as mean annual temperature and precipitation. The Müncheberg Soil Quality Rating (MSQR) is an emerging method developed in Germany in 2007 which attempts to make yield potential scoring simpler, more widely applicable and more accurate. This system claims to be usable without extensive training and was suggested to be globally applicable by some previous studies. It also considers climate variables such as drought risk and soil temperature regime that may allow for more accurate yield predictions than soil-only methods like the Bodenzahl. However, there is little evaluation on the relation between soil quality indicators and yield. Therefore, we tested the implementation of the MSQR system and calculated MSQR scores for 3104 sampling points from the first German Agricultural Soil Inventory following the MSQR guide. In addition, we tested the performance of the Bodenschätzung with the Bodenzahl for the sampling points and related these soil quality indicators with 10 years of point specific yield data from our data set. Preliminary findings suggest that the MSQR may determine yield potential and yield stability better than the Bodenschätzung, likely due to the fact that climate variables are considered. However, MSQR parameters may need to be adjusted locally for the method to accurately predict yields in different regions, which makes a global application of the method more complex. In general, soil indicators seem to predict only part of agricultural yield at national scale with management practices and climate still playing important roles.

Skalierbarkeit von gammaspektrometrischen Daten zur Bodenkartierung

Marina Patulla¹; Ludger Herrmann¹; Georg Zimmermann²

¹ Universität Hohenheim, Institut für Bodenkunde und Standortslehre; ² Universität Hohenheim, Institut für Angewandte Mathematik und Statistik

Gammaspektrometrische Daten enthalten sowohl geogene (Ausgangsgesteinseigenschaften) als auch pedogene (z.B. Tonverlagerung) Informationen, wodurch sie umfassende Aussagen zum Verständnis der Bodenbildungsprozesse und der Verteilung von Bodeneigenschaften liefern. Im Gelände bestimmt hauptsächlich die zeitliche als auch räumliche Variabilität des Wassergehaltes die Qualität und Auswertbarkeit des Signals.

In diesem Beitrag wird eine Studie vorgestellt, die sich dem Problem sowohl durch Feld- als auch Laborstudien widmet. Dazu wurden auf Transekten einer Gammabefliegung in der Baar (einer petrographisch sehr reichen Schichtstufenlandschaft in Baden-Württemberg) durch die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) aus dem Jahr 2015 Oberbodenproben entnommen. Diese Proben wurden auf Wassergehalte und Trockenraumdichte sowie die Elementgehalte an K, U und Th sowie C-Fractionen untersucht. Die Daten wurden in ein neu erstelltes deterministisches Modell eingegeben, das versucht, die Gammastrahlung an der Bodenoberfläche vorherzusagen. In diesem Modell wird der Wassergehalt explizit berücksichtigt. Die so ermittelten Daten wurden mit Werten, welche an der Bodenoberfläche mit einem portablen Spektrometer gemessen wurden und denen der BGR-Befliegung verglichen. Die Korrelationen werden dargestellt und mögliche Fehlerquellen diskutiert.

Auf dem Weg zu einer universellen Texturvorhersage in der mobilen Gamma-Spektrometrie

Stefan Pätzold¹; Tobias Heggemann; Matthias Leenen; Sebastian Vogel; Gerhard Welp; Ralf Wehrle

¹ Universität Bonn

Die proximale Gammaskpektrometrie (GS) hat sich für die Vorhersage der Oberbodentextur bereits bewährt, wenn die Vorhersagemodelle standortspezifisch kalibriert werden. Für einen breiteren Einsatz der GS ist jedoch die Übertragbarkeit der Vorhersagemodelle zwischen unterschiedlichen Standorten nötig. Ideal wäre der Aufbau einer Gamma-Spektrendatenbank. Die Bedingungen der Spektrenaufnahme selber (u.a. Gerätetyp, Messgeometrie, Bodenfeuchte und -bearbeitungszustand, stop-and-go oder on-the-go Spektrenaufnahme) beeinflussen jedoch die Ergebnisse in erheblichem Maße. Auch die Vielfalt der geopedologischen Bedingungen erschwert bisher die Kalibrierung allgemeingültiger Modelle. Zumindest in Bezug auf die geopedologischen Bedingungen haben Vorhersagemodelle auf der Grundlage von Support-Vektor-Maschinen (SVM) erwiesenermaßen Vorteile gegenüber linearen Modellen. Wir haben daher standortunabhängig kalibrierte SVM-basierte Vorhersagemodelle in verschiedenen Regionen getestet.

Im Allgemeinen war die Vorhersagequalität der standortunabhängigen on-the-go Modelle schlecht, wenn sie auf Standorte angewendet wurden, die nicht im Kalibrierungsdatensatz enthalten waren. Bei einem Drittel der untersuchten Standorte waren die mittleren absoluten Fehler (MAE) für die Vorhersage von Sand, Schluff und Ton größer als 10 % und damit nicht zufriedenstellend. Bei "benachbarten" Standorten, d. h. Standorten in Gebieten mit ähnlichen geopedologischen Bedingungen, lag der MAE jedoch für alle drei Texturfraktionen unter 5 %, auch im on-the-go Modus. Somit muss dass GS nicht streng standortspezifisch kalibriert werden wie in einigen Studien vorgeschlagen, sondern auf der Grundlage geopedologischer Einheiten. Die Vorhersagequalität an unbekannten Standorten wurde verbessert, indem die Kalibrierungsdaten mit wenigen Proben des jeweiligen neuen Standorts gespikt wurde. Daher können SVM-kalibrierte Vorhersagemodelle mit geringem Aufwand auf spezifische geopedologische Bedingungen trainiert werden.

In unseren derzeitigen Forschungsarbeiten erfassen wir den Einfluss einer Reihe von äußeren Bedingungen in stationären Messungen, um die bislang von ca. 40 verschiedenen Standorten vorliegenden, kleinräumig aufgelösten Daten für die Nutzung in einer künftigen Datenbank aufzubereiten; diese soll als Grundlage für die Kalibration universeller on-the-go Modelle für die breite Praxisanwendung dienen.

Soil distribution and properties on mining relicts in Upper Silesia, Poland – first results from the Mala Panew River catchment and the UNESCO heritage site Tarnowskie Góry

Thomas Raab¹; Alexander Bonhage; Wouter Verschoof van der Vaart; Ireneusz Malik; Anna Schneider; Alexandra Raab; Jai Singh Chauhan; Jeenu Joby Thekkethala

¹ BTU Cottbus - Senftenberg

The mining region of Upper Silesia has a long tradition with international significance. In 2017, the historic silver mine in Tarnowsky Gory was recognized as a UNESCO World Heritage Site. With the mining of galena (PbS), the region developed into one of the most important industrial centers in Central Europe in the 16th century. In addition to the underground galleries, the historical mining has left thousands of mining shafts as small relief forms, which have not been systematically investigated so far. Partly the mining shafts are associated with Relict Charcoal Hearths (RCH), another small form which is a result of charcoal production. In the Mala Panew River valley, north of Tarnowsky Gory, several tens of thousands of these RCH are found, which could be mapped by LiDAR in recent years. More detailed pedological investigations, which would allow a systematic comparison with other known RCH sites, are missing so far.

Within the framework of a Polish-German cooperation project, we started in 2021 to investigate the mining shafts and the RCH in Tarnowsky Gory and in the Mala Panew River valley from a pedological-sedimentological point of view. At the RCH sites on the Mala Panew River, we focused on the following questions: How was the soil stratigraphy changed by the RCH construction? What are main processes of soil development before and after RCH construction? What was the role of the pits surrounding the RCH? How do the sites differ from the RCHs at Tarnowsky Gory especially with respect to soil properties and soil genesis? In Tarnowsky Gory, where a RCH was excavated directly next to a mining shaft, the following questions were in focus: How did the mining activity change soil distribution and soil properties? What are main processes of soil development on the different parts? What is the origin of the pit infill? What is the origin of the shaft rim deposits?

Our work program included the construction of excavator trenches across the mining remains, construction, description and sampling of soil profiles along the trenches, schematic drawing of the soil stratigraphy, and laboratory analyses for the determination of texture, Munsell color, pH (CaCl₂, H₂O), CaCO₃ content, C_{total} & N_{total} and total elements by FPXRF. We present the first results of the ongoing investigations.

Organische Kohlenstoffgehalte und -vorräte von Andosolen im Westerwald

Tilman Sauer¹; Thomas Wiesner²; Dörthe Pflanz²; Michael Goldschmitt²; Martin Steffens²

¹ Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen ; ² Landesamt für Geologie und Bergbau, Rheinland-Pfalz

In den letzten Jahren hat das Referat Boden am Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz ca. 75 Bodenprofile im Westerwaldkreis beschrieben und beprobt. Unter diesen Böden sind zahlreiche Lockerbraunerden aus Laacher See-Tephra, die zukünftig nach der 6. Auflage der Bodenkundlichen Kartieranleitung (KA6) in die neue Bodenklasse der Andosole eingruppiert werden.

Andosole zeichnen sich durch mehrere besondere Merkmale aus, z.B. eine besondere Mineralogie (Allophane), eine geringe Trockenrohdichte, ein hohes Phosphat- und Wasserretentionsvermögen sowie ein hoher Gehalt an organischem Kohlenstoff.

In dieser Auswertung werden die organischen Kohlenstoffgehalte der bodenkundlich aufgenommenen und beprobten Andosole im Westerwaldkreis genauer beleuchtet. Ein Vergleich mit Daten nicht-andischer Böden aus dem gleichen Naturraum zeigt die Unterschiede bei den organischen Kohlenstoffgehalten und -vorräten.

Mit der Analyse werden die in der Literatur postulierten höheren organischen Kohlenstoffgehalte der Andosole mittels der im Westerwaldkreis bearbeiteten Bodenprofile quantifiziert und damit empirisch validiert.

Vorschätzung der forstlichen Standortstypen für nicht kartierte Flächen des niedersächsischen Privatwaldes

Ferdinand Schirrmeister; Bernd Ahrends; Henning Meesenburg

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (NW-FVA)

Durch den Klimawandel und anderen Umweltbelastungen ergeben sich neue Herausforderungen an die Forstplanung, die fundierte Entscheidungen hinsichtlich der Baumartenwahl und der Bewirtschaftung treffen muss. Eine unverzichtbare Entscheidungshilfe sind räumlich explizite Informationen zu Standort, Waldbeständen und Klima. Die Charakterisierung der forstlichen Standorte erfolgt in der niedersächsischen Standortkartierung auf Basis der Komponenten Wasserhaushalt, Nährstoffversorgung und Substrat/Lagerung. Während der Landeswald über eine nahezu vollständige Flächenabdeckung verfügt, ist diese für den Privatwald noch äußerst lückenhaft. Um die Schließung der Lücken in der Standortkartierung zu beschleunigen und die Datengrundlagen zu homogenisieren wird vorab eine digitale Vorschätzung der Standortstypen durchgeführt. Der Fokus liegt dabei auf dem großen Anteil nicht kartierter Flächen im pleistozänen Tiefland. Für die Vorschätzung der Standortstypen wurde mithilfe des Random Forest Algorithmus Modelle entwickelt, um die einzelnen Komponenten der Standortkartierung vorherzusagen. Neben der Einschätzung der Standortstypen für nichtkartierte Flächen wurden auch Informationen zur Vorhersagegenauigkeit und möglicher alternativer Standortstypen erzeugt. Für die Modelle wurden aktuelle Geoinformationen zu Bodeneigenschaften, Klima, Grundwasserflurabstand, Topografie etc. verwendet und aufbereitet. Zusätzlich zu einer Validierung mit der derzeitigen Standortkarte wurden die Ergebnisse mit Daten aus dem forstökologischen Datenbanksystem ECO der NW-FVA abgeglichen. Die Vorhersagen liefern eine gute Vorhersage über die wichtigsten Komponenten der Standortsziffer und können damit bei der Planung; Priorisierungen bei der Kartierungsintensität und Durchführung der Standortkartierung im Feld helfen.

Zur Corg-Speicherkapazität von Ackerböden und ihrem aktuellen Erfüllungsgrad

Karin Schmelmer; Einar Eberhardt

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

Auf der Basis der BÜK 200 werden bundesweite Karten der Corg-Speicherkapazität und ihres aktuellen Erfüllungsgrades für die Acker-Oberböden dargestellt. Für die Ap-Horizonte der BÜK 200-Profile wurden Ergebniskorridore dieser Parameter berechnet, um der Variationsbreite inhärenter Bodeneigenschaften gerecht zu werden. Mit den BZE-Landwirtschaft-Daten wurden die Zielparameter ermittelt und die Ergebnisse auf jeweils ähnliche Oberböden der BÜK 200-Ackerprofile übertragen. Der Beitrag wird Minimum-, Median- und Maximum-Karten enthalten.

In den Ergebniskarten sind die Gebiete erkennbar, in denen selbst bei günstigsten Parameterwerten (hoher Feinpartikelanteil innerhalb der gegebenen Bodenart, niedriger Steingehalt) die Corg-Speicherkapazität sehr gering ist. Der aktuelle Erfüllungsgrad (0 - 1) ist dann jedoch sehr hoch und liegt nahe 1, oft sogar darüber. Dies betrifft insbesondere die in Norddeutschland weit verbreiteten Sandböden (oft schwarz-humose Sande mit weitem C/N-Verhältnis). Die Schluff- und Tonböden hingegen haben auch bei einem Feinpartikelanteil im unteren Wertebereich ihrer Bodenart noch relativ hohe Corg-Speicherkapazitäten, und die Werte des aktuellen Erfüllungsgrades sind selbst dann oft < 1. Dies sind die prioritären Regionen, in denen durch entsprechende Bewirtschaftungsmaßnahmen eine bessere Nutzung des Corg-Speicherpotenzials angestrebt werden kann. Bei steigendem Feinpartikelanteil nimmt der Anteil der Acker-Oberböden mit einem Erfüllungsgrad < 1 stark zu und beträgt maximal 81,5 % der BÜK 200-Ackerleitprofile.

Das Ergebnis einer Sensitivitätsanalyse veranschaulicht den Grad des Einflusses verschiedener Antriebsparameter auf die Corg-Speicherfähigkeit und deren Erfüllungsgrad. Der Feinpartikelanteil hat einen positiven, aber im Vergleich zu Steingehalt und Trockenrohdichte (TRD) schwächeren Einfluss auf die Corg-Speicherkapazität. Einen starken negativen Einfluss hat der Feinpartikelanteil bei gegebenem Corg-Gehalt auf den Erfüllungsgrad der Corg-Speicherkapazität. In dem Beitrag werden die Ergebnisse sowie die Abhängigkeit der einzelnen Parameter voneinander erörtert.

Strategies for integrating a regional VNIR and MIR spectral library to predict soil organic carbon at the field scale with varying moisture contents

Michael Seidel¹; Christopher Hutengs¹; Isabel Greenberg²; Bernard Ludwig²; Michael Vohland¹

¹ Institut für Geographie, Universität Leipzig; ² Ökologische Agrarwissenschaften - Umweltchemie / Universität Kassel

The recent development of extensive soil spectral libraries in the visible to near-infrared (VNIR) and mid-infrared (MIR), and the availability of portable spectrometers in both ranges have opened up new opportunities for the application of soil reflectance spectroscopy in soil survey and monitoring. Compared to laboratory measurements on pre-treated soil material, field recordings of reflectance spectra are affected by in situ soil conditions, such as variable soil moisture contents, that modify and degrade the measured reflectance signal. These conditions prevent leveraging available SSL to build predictive models of soil properties for in situ or on-site applications.

The aim of this study was to test and compare different strategies of integrating a regional SSL (n = 300) in the modeling workflow to predict soil organic carbon (SOC) at field sites with variable soil moisture contents. For each sample in the SSL, reflectance spectra had been acquired both in the field, i.e., measured in situ on the soil surface with known moisture contents, and in the laboratory on pre-treated soil material (dried and sieved to ≤ 2 mm). The spectral measurements were carried out with portable spectrometers in the VNIR range (ASD FieldSpec 4, 350 - 2500 nm) and in the MIR range (Agilent 4300 FTIR Handheld, 4000 - 650 cm⁻¹). The different modeling strategies included the separate application of the two spectral ranges, data fusion approaches, methods of compensating for the spectral effect of soil moisture (external parameter orthogonalization - EPO, global modeling with varying moisture contents - GMM), and spiking. Model validation was carried out on the data sets of six different independent field sites, where only in situ VNIR and MIR spectral measurements with varying moisture contents were available.

Our preliminary results indicate the complementary use of both spectral ranges to be the best approach for developing moisture-robust predictive models, compared to the use of individual spectral ranges. Additionally, spiking in combination with both the EPO approach or the robust calibration (GMM) significantly improved prediction accuracy across all target sites. These findings suggest that integrating spectra of different moisture contents into available VNIR and MIR spectral libraries would offer potential for building predictive models that are more robust to variations in soil moisture in the target data sets.

Standortsinformationen für ein zukunftsfähiges Waldmanagement in Brandenburg

Daniel Ziche¹; Alexander Russ²; Winfried Riek¹

¹ Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde; ² Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde

Die forstliche Standortskartierung stellt eine wichtige Entscheidungshilfe beim Waldbau dar. Sie gibt Hinweise zur Wasser- und Nährstoffversorgung eines Standortes auf Grundlage von Bodenkartierungen, Relief- und Klimainformationen und liefert so die Grundlage für ein standortsgerechtes Waldmanagement. Umweltveränderungen wie anthropogen verursachte Stoffeinträge und Klimawandel stellen immer neue Anforderungen an die Waldbewirtschaftung und somit auch an die Standortskartierung. Dies macht es für viele Fragestellungen notwendig, die Daten der Standortskartierung mit zusätzlichen per Bodeninventuren, Digital Soil Mapping und Modellierungen gewonnenen Informationen zu verknüpfen. Dem gehen wir im Rahmen des FNR-geförderten Projektes „Standortgerechtes Waldmanagement im Kleinprivatwald“ für Brandenburg in Kooperation mit Forschungseinrichtungen aus anderen Bundesländern (Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Verein für forstliche Standortserkundung e.V., Nordwestdeutsche forstliche Versuchsanstalt, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg) nach.

Im Fokus des Projektes steht die Abschätzung der Nährstoffentzüge durch verschiedene Baumarten und der Einfluss des Klimawandels auf die Artenverteilung und den Wasserhaushalt der Bestände. In einem ersten Schritt wurden den Einheiten des Nordostdeutschen Standortserkundungsverfahrens (SEA95) Werte für die Nährstoffmengen im Boden hinterlegt. Dies geschah mittels Regressionsverfahren auf Basis des SCORPAN-Ansatzes und der Daten der Bodenzustandserhebung im Wald. Die Ergebnisse werden durch bodenkundliche Kartierungen validiert. In einem weiteren Schritt wird der Wasserhaushalt verschiedener Standortstypen und Modellbestände mit Hilfe des Modells LWF-Brook90 und des modifizierten TUB-BGR-Modells unter Einbeziehung von Klimaszenarien simuliert. Von den Projektpartnern werden die Nährstoffentzüge für verschiedene Modellbestände und die zukünftige Artverbreitung modelliert.

Ziel ist es, die Projektdaten und abgeleiteten waldbaulichen Empfehlungen der forstlichen Praxis im Rahmen einer zu entwickelnden Standorts-App als QField-Applikation zur Verfügung zu stellen.

Jahrestagung der
Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft
DBG 2023

Kommission VI

Bodenschutz und Bodentechnologie

The effect of a perennial bioenergy crop on the loss of soil, nitrogen and phosphorus

Peter Aartsma¹; Tobias Koch²; Kerstin Panten¹

¹ Julius Kühn Institute; ² Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF)

The intensive use of maize (*Zea mays*) as a bioenergy crop in Germany has received severe criticism due to the relative high risk of erosion and the development of a monoculture landscape. The perennial cup plant (*Silphium perfoliatum*) has shown potential to partly replace maize due to its ability to reduce nitrogen leaching and surface runoff. After harvesting, cup plants continue to grow leaves in the autumn period, which will protect the underlying soil during winter and spring against soil erosion during heavy rain showers. In addition, soil cultivation takes place only in the year of crop establishment, while maize needs to be sown every year. No-till maize in comparison to annual ploughing is also seen to reduce water erosion processes. The aim of this project is to study effects of the perennial cup plant and direct seeded maize on runoff and nutrient loss in comparison to conventionally sown maize. At two locations in Germany (Erkerode, Lower Saxony and Spöck, Baden-Württemberg), nine plots (three per treatment) have been established on a gentle slope in 2021. Both locations differentiate in soil properties, slope angle, and rainfall intensity. At each plot, the eroded soil and runoff are collected downslope after each significant rain event. Subsequently, the collected sediment and water samples are weighed and analysed in the lab in order to determine the nitrogen and phosphorus loss. Parameters affecting erosion processes, like soil moisture, soil cover, soil mineral N content, and nitrogen and phosphorus uptake by plants, are measured as well. The first preliminary results show among others that cup plants tend to have the potential to decrease soil loss and water runoff compared to maize during the summer months. Additionally, a lower loss of nitrogen in the runoff from cup plant plots in comparison with maize plots was recorded in 2022. A comparison of the measurements at both locations shows that the results of the three treatments are dependent on the timing and intensity of the precipitation throughout the summer. Additional measurements during this year (2023) will help to draw conclusions about the potential of cup plant and direct seeding of maize to reduce soil erosion by water and protect water bodies from nitrogen and phosphorus pollution.

Design der Felduntersuchungen von erdverlegten Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungskabeln in norddeutschen Bodenregionen

David Bertermann¹; Hannes Hagenauer¹; Conrad Wiermann²; Stephan Peth³; Nina Stoppe-Struck³; Peter Wesseler²; Hans Schwarz¹

¹ Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg; ² Fachhochschule Kiel; ³ Leibniz Universität Hannover

Um die Verteilung von regenerativ erzeugtem Strom und damit die Versorgungssicherheit in Deutschland zu gewährleisten, wird das Übertragungsnetz entsprechend ausgebaut. Dies soll mit Hilfe der Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungskabel (HGÜ) Technologie umgesetzt werden. Die HGÜ-Kabel sollen dabei erdverlegt werden. Im Rahmen des Übertragungsnetzausbauprojektes SuedLink sind dazu erstmalig 525 kV – Kabel geplant.

Um die baubedingten Auswirkungen auf den Boden und die Wechselwirkungen zwischen den Kabeln und dem Boden in-situ zu untersuchen, wurden im Auftrag der TenneT TSO GmbH auf drei Testflächen in Niedersachsen entlang des geplanten SuedLink-Verlaufs aufwendige Versuche als Erdkabelsimulatoren im Boden installiert. Unter der Leitung der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU) und den wissenschaftlichen Partnern Leibniz Universität Hannover (LUH) und Fachhochschule Kiel (FHK) sollen diese bau- und betriebsbedingten Auswirkungen von 2023 bis 2026 untersucht sowie bestehende Praxiserfahrungen validiert werden.

Auf diesen Versuchsflächen wurden Kabelgräben mit Heizrohren zur Untersuchung der betriebsbedingten Verlustleistung und Versuchsgräben ohne Beheizung zur Feststellung der rein baubedingten Auswirkungen hergestellt. Auf diesen Versuchsfeldern untersuchen die wissenschaftlichen Partner die Flächen und die Bodenprofile hinsichtlich der Schwerpunkte Pflanzenbau (FHK), Bodenregeneration (LUH) und Wärmetransport (FAU).

Es wurden umfangreiche Voruntersuchungen zur Ermittlung systemrelevanter bodenphysikalischer Parameter durchgeführt. Um den Fortschritt der Bodenregeneration zu bestimmen und Änderungen in den für den Wärmetransport entscheidenden Parametern festzustellen werden dieselben Untersuchungen über die nächsten 4 Jahre wiederholt. Dabei handelt es sich um Messungen zur Wärmeleitfähigkeit, Dichte, Wassergehalt, Feldkapazität, elektrische Leitfähigkeit, Eindringwiderstand und Versickerungsfähigkeit. Um die Vorgänge in den Gräben über den Projektverlauf noch besser verfolgen zu können, wurde ein umfangreiches Sensoriknetz eingebaut. Damit können die Parameter Temperatur, Bodenfeuchte, und Matrixpotenzial kontinuierlich aufgezeichnet werden.

Neben der Untersuchung der bau- und betriebsbedingten Auswirkungen sollen auf Basis der im Projekt erzeugter Datensätze maßgeschneiderte und praxistaugliche Konzepte zum Bodenschutz bzw. standardisierten Bodenschutzmaßnahmen entlang von Erdkabeltrassen erarbeitet werden.

Die Böden Niedersachsens im Klimawandel – Auswertungen zur Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft mit Hilfe von klimasensitiven Pedotransferfunktionen

Jan Bug¹; Denise Harders²; Robin Stadtmann³; Toni Widmer³; Nicole Engel³

¹ Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie ; ² Niedersächsisches Ministerium f. Umwelt, Energie u. Klimaschutz; ³ Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie

Der Klimawandel hat und wird zukünftig in Niedersachsen zu einem Anstieg der Temperatur und Veränderungen der Niederschlagsverteilung im Jahresverlauf führen (Klimawirkungsstudie Niedersachsen, 2019). Durch die erhöhte Verdunstung und die Verschiebung der Niederschläge in die Wintermonate verändert sich insbesondere der Wasserhaushalt der Böden in der Vegetationsperiode. Dies hat nicht nur in der fernen Zukunft Konsequenzen, sondern muss bereits heute in der land- und forstwirtschaftlichen Praxis berücksichtigt werden. Der Boden wird seine Funktionen nach BBodSchG bzw. seine Ökosystemleistungen anders erfüllen als bisher.

Mit Hilfe von vielfältigen Methoden des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS) können die Auswirkungen des Klimawandels auf den Boden und seine Funktionalität nachgewiesen werden. Dazu werden sowohl Klimabeobachtungsdaten der letzten 60 Jahre als auch Klimaprojektionsdaten für das 21. Jahrhundert verwendet, um auf Basis der Bodenkarte für Niedersachsen 1:50.000 (BK50) die Veränderungen beim Wasserrückhalt, bei der Wasserbereitstellung für Pflanzen, der Bodenfeuchte, der Beregnungsbedürftigkeit und der Stoffauswaschung aufzuzeigen. Die Erkenntnisse können direkt bei der Beratung zur Klimafolgenanpassung verwendet werden.

Erfahrungen mit länderübergreifend heterogener Datenlage zum Schutzgut Boden bei Genehmigungsverfahren

Stefanie Cable; Lydia Paetsch; Stefan Kuhn

Fugro Germany Land GmbH

Die Belange des Bodenschutzes werden gegenwärtig gestärkt – die Handlungsanleitung zum baubegleitenden Bodenschutz (DIN 19639), neue Arbeits- und Vollzugshilfen für Planungs- und Genehmigungsverfahren und die Schaffung der Zusatzqualifikation „Bodenkundliche/r Baubegleiter/in“ sind einige Meilensteine dieser Entwicklung. Gleichzeitig ergibt sich aus den Vorhaben der Gesetze zum Ausbau von Energieleitungen (EnLAG) und über den Bundesbedarfsplan im Netzausbau (BBPlG) für Trassenbauvorhaben ein erheblicher Planungsbedarf in Deutschland (12.234 Trassen-km, Bundesnetzagentur 2022). Der vorsorgende Bodenschutz ist bei diesen Vorhaben auf Grund der Eingriffe in den Boden besonders wichtig.

Die Verfügbarkeit bodenschutzrelevanter Daten und Auswertemethoden unterscheidet sich in Bundesländern erheblich. Dies erschwert eine einheitliche Bewertung von Bodenfunktionen und -empfindlichkeiten, eine bodenschonende Lenkung der Planung und die Ausarbeitung ortskonkreter Maßnahmen des Bodenschutzes für Bodenschutzkonzepte. Planungsbüros, die länderübergreifende Projekte für Genehmigungsverfahren bearbeiten, stellen sich der Herausforderung, das Schutzgut Boden mit vertretbarem Zeit- und Arbeitsaufwand zu bewerten.

Die Fugro Germany Land GmbH stellt beispielhaft Lösungen zur Bewertung heterogener Boden-Flächen- und der Verwendung projektbezogener Kartierdaten beim länderübergreifenden SuedOstLink-Projekt vor. Diese werden im Auftrag der 50 Hertz Transmission GmbH für §21 Unterlagen erarbeitet.

Um die Wirkungskraft länderübergreifender Planungen zu verbessern, entwickelt die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) derzeit eine bundesweite Bodenfunktionsbewertung (Miller et al. 2020). Bis diese verwendet und auf ihre Praktikabilität getestet werden können, fördert der Erfahrungsaustausch zwischen Planungsbüro, Behörde und Wissenschaft, den Bodenschutz in Planung und Praxis voranzubringen.

Bundesnetzagentur (2022): Monitoring des Stromnetzausbaus Zweites Quartal 2022.

Miller, R., Herweg, U., Helbig, H., Kastler, M., zur Mühlen, S., Sperl, D. (2020): Eckpunkte-Papier zur länderübergreifenden Bodenfunktionsbewertung. In: Bodenschutz – Erhaltung, Nutzung, und Wiederherstellung von Böden (3).

Aufbau eines Bodenwasserhaushaltsmonitorings zur Ableitung von Klimaanpassungsmaßnahmen zum Erhalt von Biodiversität und Ökosystemdienstleistungen in Wasserschutzgebieten

Tino Degenhardt¹; Stefan Norra²

¹ Karlsruhe Institut für Technologie (KIT); ² Universität Potsdam

Die Biodiversität nimmt ab, deswegen kam es bereits zur Etablierung einer europäischen Biodiversitätsstrategie für 2030 zum Schutz der Natur und der Umkehrung der Schädigung der Ökosysteme. Parallel ändert sich das Klima mit veränderten Niederschlagsmustern, die zur tiefgründigen Austrocknung von Böden führen und so ebenso Biodiversität und auch Ökosystemleistungen negativ beeinflussen können. Das BioWaWi-Projekt (Biodiversität und Wasserwirtschaft) hat sich zur Aufgabe gesetzt zusammen mit einem Unternehmen der Wasserwirtschaft Maßnahmen zum Schutz von Biodiversität und Ökosystemdienstleistungen in Wasserschutzgebieten zu identifizieren. Ein wesentlicher Aspekt spielt dabei das Monitoring und Management des Bodenwasserhaushalts.

Hierzu wurde ein an die Boden- und Bodentypen angepasstes Wetterstationsmessnetz inklusive automatisierter Bodenprofilfeuchtemessungen entwickelt und am Beispiel der Wasserschutzgebiete der Stadt Bühl in Südwestdeutschland etabliert. Zudem wurden Datenlogger in Grundwassermessstellen eingehängt, um regionale Unterschiede im Grundwasser zu erfassen. Weiterhin fanden Infiltrationsmessungen über das gesamte Untersuchungsgebiet statt und die Bodentypen wurden detailliert kartiert.

Eine wichtige Frage ist, zu welchem Zeitpunkt eine langanhaltende Trockenphase in tiefere Schichten eindringt, wie stark dieses vom Bodentyp abhängig ist und ab wann eine Gefahr für das Trinkwasser und die Biodiversität besteht. Auch die Wasserentnahme durch die Landwirtschaft sowie der Bevölkerung (vor allem private Brunnen) ist hier ein wichtiger Faktor. Weitere Fragen des Projektes sind: Ab wann muss die Entnahme von Grundwasser in den Wasserschutzgebieten und in den angrenzenden Bereichen reduziert werden, um ein zu starkes Absinken des Grundwasserspiegels zu vermeiden? Ab wann sollten daher zum Beispiel private Pools als Bewässerung von Trinkwasserschutzgebieten eingesetzt werden? Welche Flächen im Wasserschutzgebiet sollten primär geschützt werden? Können mit den Wasserwerken Maßnahmen entwickelt werden in Trockenperioden durch gezielte Bewässerungen negative Einflüsse auf Biodiversität und Ökosystemdienstleistungen der Böden zu minimieren?

Hierzu werden die erhobenen Daten im Hinblick auf die Gefahr durch Dürre- und Hitzeperioden sowie Starkniederschlägen ausgewertet, um Konzepte für Umweltmanagementsysteme von Wasserwirtschaftsunternehmen zu entwickeln, die ein funktionierendes Ökosystem gewährleisten.

Integratives Wasser- und Bodenmanagement zur Unterstützung des Strukturwandels in den sächsischen Braunkohleregionen – Bodenschutz im STARK-Projekt RegioNet WasserBoden

Döhler, Susanne¹; Naccarato, Gian Luca¹; Müller, Uwe¹; Spänhoff, Bernd¹; Kranich, Johannes¹; Jahns, Christin¹; Schuch, Stephan²; Weißbach, Jörg²

¹Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; ²Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen

Der Kohleausstieg setzt einen Transformationsprozess in den sächsischen Braunkohlerevieren in Gang, der große Herausforderungen für den Wasserhaushalt, die Gewässerbewirtschaftung sowie für den Boden- und Naturschutz mit sich bringt. Verstärkt werden diese durch den Klimawandel und seine Folgen.

Um den Strukturwandel nachhaltig zu gestalten, werden fachübergreifend regionale Netzwerke mit Behörden, braunkohlefördernden Unternehmen, Fachverbänden und weiteren regionalen Akteuren aufgebaut, um Wissen zu bündeln, Daten- und Erfahrungen auszutauschen, gemeinsame Lösungsansätze zu erarbeiten und diese in Modellvorhaben umzusetzen.

Wasser gilt dabei als der limitierende Standortfaktor für den Strukturwandel in den Braunkohleregionen. Dem enormen Wasserbedarf für die Sanierung des gestörten Wasserhaushalts der Bergbauregionen sowie für bestehende und zukünftige Nutzungen steht derzeit, bedingt durch die Trockenperioden der letzten Jahre, ein kumulatives Wasserdefizit von durchschnittlich 945 l/m² gegenüber.

Den Böden der beiden Braunkohlereviere kommt somit eine enorme Bedeutung als Wasserspeicher zu! Sie müssen in die Lage versetzt werden, ihre Bodenfunktionen auch unter extremen Bedingungen (Trockenperioden, Starkniederschläge) erfüllen zu können. Hierfür ist ein integratives, nachhaltiges Wasser- und Bodenmanagement unabdingbar.

Die Böden der sächsischen Braunkohlereviere sind stark anthropogen überprägt. Natürliche Böden wurden großflächig zerstört oder sind stofflich belastet. Ihre natürlichen Bodenfunktionen gingen verloren oder sind stark beeinträchtigt. Die rekultivierten „Kippböden“ sind äußerst empfindlich und müssen besonders verantwortungsvoll genutzt werden. Der Erhalt und die Wiederherstellung der natürlichen Bodenfunktionen, insbesondere des Infiltrations- und Wasserspeichervermögens sowie der Kohlenstoffspeicherung, sind von zentraler Bedeutung für einen nachhaltigen und klimaresilienten Strukturwandel in den Braunkohleregionen.

Anhand vorhandener und noch zu erhebender Bodendaten sollen in enger Abstimmung mit regionalen Partnern Konfliktbereiche identifiziert, neue Modelle und Bewertungsinstrumente entwickelt und bodenschutzfachliche Konzepte zur Unterstützung von Planungsvorhaben erarbeitet werden. Hierzu gehören z.B. angepasste Nutzungskonzepte für den Erhalt und die Wiederherstellung von Mooren, Nassstandorten und Auenböden, zur Etablierung extensiver Nutzungsformen in der Landwirtschaft sowie zur Lenkung der Brachflächennutzung.

Quelle: Müller, Uwe; Spänhoff, Bernd; Kranich, Johannes; Jahns, Christin; Schuch, Stephan; Weißbach, Jörg (2023): RegioNet WasserBoden ein Projekt zur Unterstützung des Strukturwandels. In: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik (Hg.): Wasserbau und Wasserwirtschaft im 'Stresstest'. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 69. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik. S. 85-89. <https://hdl.handle.net/20.500.11970/110928>

35 Jahre Boden-Dauerbeobachtung landwirtschaftlich genutzter Flächen in Bayern -Hintergrund, Status Quo und Ausblick-

Florian Ebertseder; Melanie Treisch; Johannes Burmeister

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)

Ein funktionsfähiger Boden leistet somit einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit, dient zum Schutz vor Hochwasser, indem Wasser in der Fläche zurückgehalten wird, versorgt Pflanzen auch während längerer Trockenperioden mit Wasser und sichert die Ertragsfähigkeit eines Standortes. Dem Boden kommt angesichts des Klimawandels eine wichtige Rolle hinsichtlich der Resilienz und Anpassungsfähigkeit des Agrarökosystems zu. Aufgrund seiner Speicherkapazität und Pufferfähigkeit können sich im Boden aber auch Schadstoffe, eingetragen durch Immissionen aus der Luft, Dünger oder Pflanzenschutzmittel, anreichern. Je nach Pufferfähigkeit des Bodens können Schadstoffe über Ernteprodukte in die Nahrung oder ins Sickerwasser gelangen. Bodenverdichtung und Bodenerosion sind weitere Gefahren, die mit einer intensivierten Nutzung einhergehen. Im Jahr 1985 wurde daher die Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung verabschiedet (Deutscher Bundestag, 1985). Noch im gleichen Jahr wurde in Bayern mit der Einrichtung der ersten Bodendauerbeobachtungsflächen (BDF) auf landwirtschaftlichen Flächen begonnen mit dem Ziel den Zustand der Böden langfristig zu dokumentieren und Veränderungen ihrer Funktionsfähigkeit aufgrund von stofflichen Einträgen oder Nutzung der Böden zu erkennen. In den Folgejahren entstanden in Bayern 140 BDF auf landwirtschaftlich genutzten Standorten, (zusätzlich 77 BDF Wald, 61 BDF Sonderstandorten). In regelmäßigen, mehrjährigen Abständen werden seitdem durch die LfL auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen Bodenproben (Humus, Schadstoffe und Bodenphysik untersucht) entnommen, die Bodenfauna (Regenwürmer) erfasst, Vegetationsaufnahmen durchgeführt und die Bewirtschaftung der Flächen dokumentiert. Zusätzlich werden die in den BDF-Betrieben anfallenden Wirtschaftsdünger beprobt und auf Nährstoffe sowie anorganische Schadstoffe untersucht. Langjährige Messreihen sind nötig, um Veränderungen einzelner Parameter zu erkennen und unter Berücksichtigung von Standortfaktoren wie Bodenart, Topografie und Klima, Zusammenhänge zu bestimmten Bewirtschaftungssystemen abzuleiten. Es sind nicht nur die Auswirkungen wie längere Trockenperioden, steigende Temperaturen oder häufigere Starkregenereignisse, sondern auch gesellschaftliche Erwartungen, die neue Herausforderungen für die Landwirtschaft der Zukunft darstellen.

Baubedingte Auswirkungen des Erdkabelbaus auf die Belüftungseigenschaften und das Bioporennetzwerk eines Lössbodens

Lucas Freudenthal; Nina Stoppe-Struck; Stephan Peth

Leibniz Universität Hannover

Im Zuge des Ausbaus erneuerbarer Energien werden leistungsstarke Gleichstromleitungen zum großen Teil durch landwirtschaftliche Flächen verlegt. Die mit dem Erdkabelbau verbundenen Baumaßnahmen (Bodenaushub und Grabenrückverfüllung) verändern die Struktur und damit auch die Belüftung der Böden nachhaltig. In dieser Arbeit wird der Effekt der baubedingten Bodenstörung auf Bioporen im Unterboden eines Lössbodens und die Auswirkungen der Bodengefügestörung auf die relativen Gasdiffusionskoeffizienten (D_s/D_0) untersucht. Auf einem durch die TenneT TSO gebauten Forschungstestfeldes (Testfeld Seelze, Region Hannover) werden Unterböden von Kabelgräben und Referenzflächen in der Tiefe von 40-45 cm auf Bioporen in situ und Gasdiffusionskoeffizienten an ungestörten Bodenproben untersucht. Mithilfe einer Fotobox wurden digitale Bilder von der Bodenoberfläche unter standardisierten Lichtbedingungen aufgenommen und Bioporen bildanalytisch in Fiji (Schindelin et al. 2012) auf Anzahl, Durchmesser und Gesamtporosität quantifiziert.

Die relativen Diffusionskoeffizienten (D_s/D_0) wurden bei einem Matrixpotential von -6 und -15 kPa mit der Currie-Methode (1960) bestimmt. Aus D_s/D_0 und dem luftgefüllten Porenvolumen wurden Porenindizes wie Porenkontinuität und Tortuosität zur Beschreibung der Porenstruktur abgeleitet. Die bildanalytische Auswertung zeigte eine deutlich geringere Bioporenporosität in den Kabelgräben im Vergleich zu den Referenzflächen. Bei beiden Matrixpotenzialen wurden im Mittel höhere Gasdiffusionskoeffizienten in der Referenzfläche gemessen. Die Kontinuität und Tortuosität der Poren, sowie die Porengrößenverteilung zeigen Veränderung der Porenstruktur durch die bauliche Maßnahme. Die Reduktion der relativen Gasdiffusionskoeffizienten kann unmittelbar auf die Störung des Bioporennetzwerkes im Boden zurückgeführt werden. Die Kombination von in situ Bioporenaufnahmen und Verknüpfung mit Gasdiffusionsmessungen erlauben eine Aussage über die baubedingten Auswirkungen des Erdkabelbaus auf die Ausbildung und Funktion des Bodengefüges. Darüber hinaus werden wiederholte Messungen in den kommenden Jahren Informationen darüber liefern, wie schnell Bioporen, Bodengefüge und damit die Belüftungseigenschaften im Unterboden sich regenerieren.

Impacts of Farming Practices on Potentially Toxic Elements (PTEs) and micronutrients in German Apple Orchards

Mark Grimm; Magdalena Sut-Lohmann; Thomas Raab; Martina Heinrich

Brandenburg University of Technology Cottbus

Apple farmers face an array of growing challenges, pest and disease management, to soil nutrient and water regulation, to the accumulation of Potentially Toxic Elements (PTEs). Climate change is leading to increasingly unpredictable weather patterns, characterized by extended periods of drought and extreme periods of precipitation. To match demand and produce high-quality fruit, apple farmers rely on cost-effective methods for effectively addressing these issues. Organic orchards in Germany are engaged in the "conventionalization" of organic practices, where the major difference lies in the avoidance of synthetic inputs. Intensive cultivation methods are relied upon in order to maintain output relative to conventional practices. This study examined the PTEs (Zn, Cu, Fe, Al) and micronutrients (Mg, Ca, K) in soil and composite plant samples from 16 apple orchard sites in the Eastern region of Germany comprised of conventional and organic farming systems (CFS and OFS). Bulk soil and composite plant samples (branches, leaves, apples, grasses) were collected from 16 participating orchards, providing 32 sites (2 subplots per orchard). Elemental concentration analyses were conducted using MP-AES and CNS technology. Bulk soil samples were taken at two depths (0-20, 20-40 cm), both along the tree and grass row. Homogenic properties of the soil samples were analyzed, including; pH, electrical conductivity (EC), carbonate content, and meteorological patterns of the sites. Results showed no significant difference (SD) ($P < 0.05$) in total mean values concentration of PTEs and micronutrients in soil other than Zinc, which had a 38% increase in total mean concentration in OFS when compared with CFS. Bioaccumulation of Zn, Cu, Mg, Ca, and K from soil to apples showed no SD based on t-test for Zn and Cu (Al, Fe not applicable), however in CFS all three micronutrients (Mg, Ca, K) had a significant increase in mean values of calculated Bioaccumulation Factor (BAF), indicating higher accessibility of the apples to these nutrients. Translocation Factor (TF) calculated for the elemental concentration between fruit and leaves of the trees revealed higher mean TF in all PTEs and micronutrients in CFS, with the exception of Zinc. Our preliminary results indicate that the use of standardized farming system practices, such as fertilizers and pesticides, has a significant impact on the accumulation of PTEs and micronutrients in the tissues and fruit of apple trees in the region.

Ackerböden im Klimawandel – aktualisiertes „Soil Quality Rating“ für Deutschland mit korrigierten Niederschlagsdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD)

Nina Hennings; Klaus Kruse; Ulrich Stegger; Wolfgang Stolz

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

Ackerböden sind in besonderem Maße als Standorte für die landwirtschaftliche Nutzung vom Klimawandel betroffen. Je nach Region sind negative Effekte wie z.B. sinkende Ertragssicherheit durch Trockenheitsperioden zu erwarten. Veränderte klimatische Bedingungen können auch eine Anpassung von Bewertungsmethoden für Böden erforderlich machen.

Mit dem Müncheberger „Soil Quality Rating“ (SQR) liegt ein Verfahren zur Abschätzung des ackerbaulichen Ertragspotentials vor. Die Methode wurde für die Anwendung auf Bodenkarten von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) angepasst. Als Eingangsdaten werden Bodendaten (BGR), mittlere jährliche Niederschlagsdaten (DWD), Relief- (BKG) und Landnutzungsdaten (CLC 2006) verwendet. Eine Bewertung findet anhand von Bodenbasisindikatoren wie Durchwurzelungstiefe und ertragslimitierenden Gefährdungsindikatoren wie der effektiven Wasserbilanz in den Sommermonaten Mai - August statt.

Wir legen eine aktualisierte Berechnung der SQR-Auswertungskarten mit korrigierten Niederschlagsdaten des DWD (Tageswerte der korrigierten Niederschlagshöhe für Deutschland für den Zeitraum vom 1961 bis 2020 in 1km²-Auflösung) vor. Erste Berechnungen zeigen eine erhebliche Veränderung in der räumlichen Verteilung und Höhe der Niederschläge und des Ertragspotentials. Während in der Klimaperiode 1961-1990 die Jahresniederschläge deutschlandweit höher als 500 mm a⁻¹ waren, sanken sie zwischen 1991-2020 besonders in Ostdeutschland regional auf unter 450 mm a⁻¹ ab. Kombiniert mit den dort regional vorkommenden sandigen Böden, ist hier ein signifikanter Rückgang des ackerbaulichen Ertragspotentials anhand des SQR Verfahrens zu erwarten. Weiterer Forschungsbedarf liegt in der Weiterentwicklung der Berechnungsalgorithmen, die bisher auf der Basis der Standardperiode (1961-1990) entwickelt wurden und zukünftig für aktuelle Änderungen und Prognosen angepasst werden sollen, um so Grundlagen für Maßnahmen gegen den Klimawandel bilden.

Long-term soil quality changes under paddock trails for horses at the regional scale

Charlotte Hildebrand; Thomas Keller; Iris Bachmann; Sebastian Doetterl

Paddock trails offer horses the possibility to follow their natural urge to move and to behave typical in a group association. This type of horse husbandry has however inevitably consequences for the physico-chemical properties and structure of soil, potentially affecting soil quality in a negative way.

The aim of this study is to determine long-term changes in the soil structure and biological activity under covered paddock trails and to compare these findings with the soils of uncovered paddock trails. Specifically, we ask if commonly used soil covers on paddock trails prevent soil from losing critical functions due to soil compaction, loss of fertility and microbial activity in the long-term. It can be hypothesized that soils are better protected when covered and remain therefore in better condition compared to unprotected paddock trails in the long-term.

To test this hypothesis, horse farm estates with covered and uncovered paddock trails with varying soil properties and age of paddock trail establishment have been selected across Switzerland, Germany and Luxembourg. A range of physico-chemical soil parameters (Bulk density, CN, texture, pH, microbial biomass) were measured in a depth explicit way and compared to nearby on farm control sites without paddock trails. This poster will show the first results of these measurements, clarifying the influence of prevalence of soil covers on paddock trails on soil structure and microbiology.

Großmaßstäbige Bodenfunktionsbewertung in urban geprägten Gebieten – ein Fallbeispiel aus dem niedersächsischen Bergvorland

Tobias Mattner; Robin Stadtmann

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) Niedersachsen

Im vorsorgenden Bodenschutz ist nach wie vor ein zunehmender Bedarf nach hochauflösenden bodenkundlichen Datengrundlagen zu verzeichnen. Dies wird z.B. durch eine weiterhin hohe Flächenneuanspruchnahme und durch Trassenprojekte mit erdverlegten Höchstspannungsleitungen befördert. Der dadurch verstärkt in den Fokus gestellte baubegleitende Bodenschutz soll den Schutz und die Wiederherstellung von Bodenfunktionen nach Abschluss der Baumaßnahmen sichern. Im Rahmen von Bodenschutzkonzepten werden hierfür hochauflösende Bewertungen von Bodenfunktionen und Empfindlichkeiten der Böden gegenüber den Bauvorhaben benötigt, in deren Rahmen bodenkundliche Erhebungen (Bohrungen, Profilbeschreibungen) erforderlich sind, um eine angemessene Bewertungsgrundlage zu schaffen.

Bei der DBG-Tagung 2022 wurde ein Verfahren vorgestellt, welches die natürlichen Bodenfunktionen und die Archivfunktion in einem stärker reliefierten und landwirtschaftlich geprägten Untersuchungsgebiet auf Basis substratorientierter Bodenkartierungen bewertet (Mattner et al. 2022). Ergänzend hierzu soll in diesem Beitrag ein Fallbeispiel vorgestellt werden, welches ein Untersuchungsgebiet mit geringen Reliefunterschieden im urbanen Raum behandelt. Die Erhebung der hierzu notwendigen Datengrundlage wurde eng an die archäologischen Voruntersuchungen gekoppelt, um ein möglichst präzises Bild der bodenkundlichen Ausgangssituation zu erhalten und Synergieeffekte zu erzeugen. In einem potentiellen Baugebiet wurden 6 Bodenprofile auf einer Fläche von ca. 2 ha angelegt. Die Bewertung umschließt die Bodenteilfunktionen „Lebensgrundlage und -raum für Pflanzen“, „Böden als Bestandteil des standörtlichen Wasserkreislaufs“ sowie „Böden als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte“.

Das als urbane Grünfläche- und Freizeitfläche genutzte Untersuchungsgebiet ist hinsichtlich der Substrate hauptsächlich durch Löss(-derivate) geprägt, die von stauend wirkenden saalezeitlichen Geschiebelehmen und -mergeln unterlagert werden. In diesen Ausgangssubstraten der Bodenbildung haben sich im Wesentlichen Pseudogley-Tschernoseme entwickelt. Die anthropogene Beeinflussung führte zu einer kolluvialen Überprägung, die durch Schichtungsmerkmale und anthropogene Beimengungen ersichtlich ist. Das Bewertungsergebnis zeigt eine recht homogene Verteilung der Funktionserfüllung der Böden im Untersuchungsgebiet. Trotz der anthropogenen Überprägung können Böden mit hoher Funktionserfüllung ausgewiesen werden.

Soil monitoring in alley cropping agroforestry systems – A standardized sampling design

Eva-Maria L. Minarsch MA¹; Thomas Middelani²; Christian Böhm³; Andreas Gattinger¹; Leonie Göbel⁴; Florian Wichern⁵; Philipp Weckenbrock¹

¹ Justus-Liebig University Giessen; ² Münster University; ³ Brandenburg University of Technology Cottbus; ⁴ German Association for Agroforestry (DeFAF) e.V.; ⁵ Rhine-Waal University of Applied Sciences

Agroforestry systems are complex and diverse agroecosystems that combine the cultivation of woody plants with arable crops or grassland, with and without livestock. In the German agricultural sector agroforestry practices currently gain more and more recognition due to their provision of multiple ecosystem services and promising potential for climate change adaptation and mitigation. The perennial woody plants and lack of soil tillage in the tree strip zones can have a strong influence on the soil ecosystem. Soil quality indicators and related ecosystem services such as carbon sequestration, nutrient cycling, water storage and soil biodiversity are directly and indirectly influenced.

As the prevalence and importance of agroforestry systems in Germany increases, long-term soil monitoring is needed to allow for a better understanding of these influences for the temperate zone. Soil monitoring in agroforestry systems is often performed using a transect design with samples taken in the tree strips and the adjacent arable or grassland strips with various distances from the woody plants to the adjacent strip center. The transect method allows to address the within system heterogeneity of the tree strip zone and the adjacent strip. However, especially for alley cropping agroforestry systems, a standardized sampling design is missing. This compromises the comparability and integration of results from different studies and the overall system analysis.

As a contribution to enable comparability in future research, we propose a standardized soil sampling design for alley cropping agroforestry systems including the transect sampling method and a composite sample approach. The standardized design takes the complexity of agroforestry system designs into account addressing strip widths, woody plant density and species diversity. The design will be explained and further discussed by including examples of implementation from Gladbacherhof, the research farm of the University of Gießen, and three commercial farms of the citizens science program agroforst-monitoring, as part of the University of Münster.

Physikalische und hydraulische Eigenschaften wiedereingebrachter Moor- und Moor-Sand-Substrate nach Baumaßnahmen

Robert Probst¹; Olaf Juschus¹; Prof.em. Jutta Zeitz²

¹ Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde; ² Humboldt Universität zu Berlin

Moore sind sensible Ökosysteme und sind durch ihre Rolle als Kohlenstoffspeicher, Regulator für den Landschaftswasserhaushalt und Hotspot für spezielle Arten besonders schützenswert. Sie werden aber durch äußere Eingriffe sehr stark verändert, insbesondere durch Maßnahmen des Rohr- und Kabeltrassenbaus. Hierbei kommt es zu Veränderungen im Profilaufbau durch den Aushub und das Wiedereinbringen der Substrate. Zusätzliche Veränderungen können durch die Mischungen der Torfe mit liegendem mineralischem Material entstehen. Diese geschütteten Substrate können teilweise deutliche Änderungen sowohl physikalischer als auch hydraulischer Eigenschaften gegenüber den natürlichen Moorsubstraten aufweisen. Die Fragen, denen hier nachgegangen werden soll sind:

1. Wie unterscheiden sie sich hinsichtlich der natürlich gelagerten Moorsubstrate?
2. Welche Eigenschaften weisen die wiedereingebrachten Substrate auf?

Mit dem Bau der EUGAL-Gasleitung von Lubmin bis an die Tschechische Grenze, parallel zur bereits bestehenden OPAL-Leitung, werden einige Moore in Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg gequert. Die Eigenschaften der Moorsubstrate und der wiedereingebrachten Substrate werden am Beispiel des Welsetales im Nordosten Brandenburgs und des Ziesetales in Vorpommern vergleichend gezeigt. Für den Vergleich der Eigenschaften wurden in beiden Untersuchungsgebieten mehrere Transekte angelegt, die sowohl die neue als auch die bestehende Gastrasse queren. Auf jedem Transekt wurden Profile im durch Baumaßnahmen unbeeinflussten und auf den baulich wiedereingebrachten Substrat angelegt.

Diese Profile wurden in verschiedenen Tiefen beprobt und hinsichtlich ihrer chemischen, physikalischen und hydraulischen Eigenschaften untersucht. Der Schwerpunkt dieses Beitrages liegt dabei auf Trockenrohdichten, den Wasserretentionseigenschaften und davon abgeleiteten Eigenschaften, wie z.B. Porenverteilung und pflanzenverfügbares Wasser.

Ausgehend von den zwei Fragen erfolgte die Auswertung der Laborergebnisse in zwei Schritten.

Die ersten Ergebnisse zeigen kaum Unterschiede der Eigenschaften im Oberboden. Im Unterboden sind dagegen geringere Porenvolumina sowie veränderte Porenraumanteile der Mischsubstrate gegenüber den natürlich gelagerten Substraten festzustellen, mit z.B. verringerten Makroporenanteilen. Innerhalb der Mischsubstrate können ein regelhaftes Abnehmen der Porenvolumina und verringerte Feldkapazität mit abnehmender organischer Substanz festgestellt werden.

Termination of grass-clover leys: Assessing the effects of different ploughing dates on greenhouse gas emissions and seepage water quality

Thorsten Ruf¹; Benjamin Dumont²; Reiner Ruser³

¹ Institut für biologische Landwirtschaft an Agrarkultur Luxemburg (IBLA); ² Liege University; ³ Universität Hohenheim

Termination of grass-clover leys, presenting a central element in organic crop rotation systems (Oberson et al., 2013), may be a critical period with respect to N losses into the environment. Due to the decomposition of large amount of biomass accumulated above- and belowground, there is a distinct potential for nitrogen losses with seepage water or by gaseous emissions. Under the pedoclimatic conditions of the low mountain ranges of Luxembourg and depending on the subsequent crop, it is common practice to plough grass-clover leys either in autumn or in spring. Loosing as little nitrogen as possible is of high interest in organic farming; however, there is a large gap of knowledge about most suitable termination dates.

Within the frame of CloverTerm, N₂O emissions and nitrate losses with seepage water are simultaneously investigated in a sophisticated approach. Therefore, different ploughing dates of grass-clover leys are compared to each other in a biennial field experiment at three sites with different soil conditions. Gathered data will serve to evaluate the current situation and to determine reduction potentials. Moreover, these data will be included in a modelling approach to estimate the behaviour of the systems if boundary conditions like ambient temperature or precipitation pattern change as predicted for the future. The modelling will also foster the mechanistic understanding of the processes.

The contribution will introduce the methodological approach and highlight the expected benefits for an even more environmental-friendly organic agriculture.

Oberson, A.; Frossard, E.; Bühlmann, C.; Mayer, J.; Mäder, P.; Lüscher, A. (2013): Nitrogen fixation and transfer in grass-clover leys under organic and conventional cropping systems. *Plant Soil* 371, 237-255.

Bodenversiegelung in Deutschland – Wieviel? Wo? und Was verlieren wir eigentlich an Böden?

Annelie Säurich; Heike Gerighausen; Markus Möller

Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen

Böden sind aufgrund ihrer Lebensraum-, Regulierungs- und Nutzungsfunktion besonders schützenswert. Die SDGs der UN haben u.a. das Ziel, die globale Bodendegradation zu stoppen und wenn möglich umzukehren. Die daran angelehnte Nachhaltigkeitsstrategie Deutschlands sieht vor, diese auf ca. 30 ha pro Tag zu reduzieren und bis zum Jahr 2050 keine Flächen mehr zu versiegeln. Bisher werden täglich ca. 56 ha Boden ganz oder teilweise in ihren Bodenfunktionen geschädigt, jedoch fehlen räumlich explizite, hochauflösende Informationen über die Qualität dieser Böden.

Ziel der vorliegenden Studie ist es daher Funktionen und -potentiale landwirtschaftlich genutzter Böden in Deutschland unter Verwendung der bestmöglich aufgelösten deutschlandweiten Bodenkarte zu bewerten und dabei sowohl bestehende als auch neu verfügbare digitale Datenquellen und Bewertungssysteme anzuwenden. Es werden Informationen zu Bodenqualität und Flächenverlust landwirtschaftlicher Böden generiert und erstmals Bodenverluste quantitativ und qualitativ mittels Fernerkundungsdaten bewertet.

Anhand von Kriterien aus der Bewertung der Leistungsfähigkeit des Landschaftshaushalts: biotisches Ertragspotential, Erosionswiderstand (Wasser, Wind), mechanische und physikochemische Filterfunktion, Abflussregulationsfunktion und dem Müncheberg Soil Quality Rating wird die Bodenqualität von 2006 - 2015 bewertet. Die erforderlichen Bodeninformationen werden aus der eigens weiter aufbereiteten und parametrisierten Bodenkarte BÜK200 bezogen. Für Landnutzungsdaten werden die CORINE CLC 2006 und 2012 und zur Identifizierung des Flächenverlustes die Imperviousness-Layer (IMCC) von 2006 bis 2015 des Copernicus LMS genutzt. Benötigte Klimadaten stammen vom Deutschen Wetterdienst und die Reliefparameter werden aus dem Digitalen Geländemodell (DGM10) abgeleitet.

Die Ergebnisse zeigen, dass in Deutschland zwischen 2006 und 2015 ca. 73.300 ha versiegelt wurden, was ca. 37.000 ha landwirtschaftlicher Böden betrifft. Für Deutschland entspricht das einer Versiegelungsrate von 11 ha d-1, gleichzeitig sind in Niedersachsen 1,9 ha d-1 und Brandenburg 0,8 ha d-1 Böden der Landnutzung entzogen wurden. Die Analysen verdeutlichen, dass in Niedersachsen im Gesamtzeitraum bspw. 75% Böden mit mäßig oder besser bewertetem biotischen Ertragspotential der Landnutzung entzogen wurde, in Brandenburg waren es sogar 88%. Die deutschlandweite Bewertung wird an ausgewählten regionalen Beispielen versiegelter Flächen detailliert dargestellt.

The siliceous nature of soil health

Jörg Schaller; Mathias Stein

During the last decades soil research has more and more focussed on soil health. Beside soil health comprising factors beyond the relevance to soil quality and fertility, focusing on crop production or ecosystem performance, the main target remains on factors to maintain soil function for soils as vital living ecosystem to sustain plants, animals, and humans. There is increasing awareness of the importance of silicon (Si) in plant physiology, ecology, soil, and environmental sciences, but an interlink of Si with soil health is missing so far. Here we argue based on well accepted results or first hints from recent publications how strong Si is involved or potentially involved in soil health traits.

Most soil minerals, aggregates and even soil structure rely on Si. Nevertheless, soil science has neglected the importance of Si for soil processes and health for long time, potentially because of its omnipresence, the slow dissolution rate of Si from those minerals or the low reactivity of Si bound in minerals. Another fact leading to the perspective of Si being unreactive may be the consideration of the less reactive monosilicic acid for sorption competition experiments instead of more reactive polysilicic acid, both being abundant in soil solution. Another soil Si species which is by far too little recognized in soil science and health is amorphous silica (ASi) with ASi being a dominant source of silicic acid. This solid Si phase comprises of different forms: biogenic amorphous Si and minerogenic forms. The low interest in ASi for soil science may be because most agricultural soils exhibiting ASi contents near zero. However, natural soils are in the range between 1 and 6% ASi with volcanic ash soils exceeding those ASi contents by far.

One effect of Si in soils is the sequestration of large amounts of CO₂ during mineral weathering. Silicic acid has been demonstrate to increase phosphorus availability in soils and with this increase biomassproduction and crop yield in agriculture. ASi was recently shown to strongly increase soil water storage and water availability toward plants. First hints are showing that ASi also increases the stability of soil aggregates. Si seems to decrease soil pathogens and fungal abundance, increases bacteria abundance and immobilize toxins like heavy metals.

Overall Si seems to be an overlooked but important parameter for soil health trait.

Temperature sensitivity of soil respiration in forests across a European climate gradient-transect

Heike Schimmel¹; Sara L. Bauke¹; Nicolas Brüggemann²; Wulf Amelung¹

¹ Universität Bonn; ² Forschungszentrum Juelich

The temperature sensitivity (Q₁₀) of heterotrophic soil respiration is dependent on soil moisture and crucial for coupling the global carbon and water cycles. It is highly variable and exhibits considerable spatial heterogeneity. However, a fixed value has been used in climate models so far. To contribute to a better representation of the continental C and water cycles in climate models, it is thus essential to understand the spatial heterogeneity of temperature and moisture sensitivity of soil respiration as well as the impact of soil properties. We assume that on a continental scale Q₁₀ will increase with decreasing mean annual temperature and that site-dependent factors, such as soil groups and texture, influence the temperature and moisture sensitivity of soil respiration. To test this hypothesis, we sampled a transect across Europe from Sweden to southern Spain, with precipitation and carbon contents decreasing from north to south. We sampled forest soils from 0-30 cm depth in a texture range from loamy to sandy soil. Soil samples will be incubated under increasing temperatures (5-25°C) and three different moisture levels to determine the temperature and moisture sensitivity of soil respiration. These data will help to further improve modelling of changes in soil respiration and their contribution to climate change.

Bewertung des baulichen Eingriffs einer Fernwasserleitung bei Salzgitter (Niedersachsen).

Toni Schirdewahn; Martin Sauerwein

Universität Hildesheim

Die Verlegung von Rohrleitungen, vor allem von Fernwasser- und Ferngasleitungen, auf landwirtschaftlichen Flächen ist seit vielen Jahrzehnten gängige Praxis. Die dabei entstandenen Bodenveränderungen wirken sich zum Teil noch Jahrzehnte nach dem Leitungsbau, beispielsweise in Form sichtbarer Wachstumsbeeinträchtigungen der Feldfrüchte aus.

In einer Geländestudie wurden die Auswirkungen der Verlegung einer Fernwasserleitung auf den Boden in der fruchtbaren Bördelandschaft bei Salzgitter untersucht. Die Leitung wurde im Jahr 2015 in offener Grabenbauweise verlegt. Entlang der Fernwasserleitung wurden auf repräsentativen, landwirtschaftlich genutzten Untersuchungsflächen Bodenprofile auf der Leitungstrasse, der ehemaligen Baustraße und im von der Baumaßnahme unbeeinflussten Referenzbereich angelegt. Neben einer bodenkundlichen Geländeansprache, wurden wesentliche bodenphysikalische und bodenchemische Parameter erhoben und im Rahmen einer Bodenfunktionsbewertung unter besonderer Berücksichtigung der natürlichen Bodenfruchtbarkeit zusammengeführt.

Erste Geländebefunde und Laboruntersuchungen zeigen, dass im Wesentlichen Veränderungen im Unterboden zu einer Funktionsbeeinträchtigung führen können. Die Auswirkungen betreffen vor allem den Bodenwasserhaushalt. Im Bereich des Leitungsgrabens führte der Eingriff, infolge von Substratvermischungen, zur Veränderung der Bodenart und des Skelettanteils. Im Bereich der ehemaligen Baustraße konnten Bodenverdichtungsmerkmale identifiziert werden. Die Untersuchungen konnten zeigen, dass es aufgrund der veränderten Bodeneigenschaften zu Wachstumsbeeinträchtigungen bei Pflanzen kommen kann.

Veränderung der Schwermetallbindungsformen in einem Rieselfeldboden nach Zugabe von Kalk, Gesteinsmehl, Leonardit und Eisen(hydr)oxid

Karla Sperling¹; Anne Wagner²; Martin Kaupenjohann²

¹ Technische Universität Berlin; Berliner Stadtgüter GmbH; ² Technische Universität Berlin

Bedingt durch langjährige Verrieselung von schwermetallhaltigen Abwässern weisen die ehemaligen Rieselfelder in Wandsdorf bei Berlin heute hohe Schwermetallgehalte in den Böden und eine geringe Diversität des Pflanzenbestandes auf. Ziel unseres Projektes ist es, im Rahmen eines Feldversuches herauszufinden, mit welchen Zuschlagsstoffen eine langfristige Schwermetallimmobilisierung und Etablierung diverser Pflanzenbestände auf den Rieselfeldern zu erreichen ist.

In Zusammenarbeit mit dem Fachgebiet Pflanzenernährung und Düngung an der Humboldt Universität Berlin und der Berliner Stadtgüter GmbH, die die Flächen für einen Zeitraum von bis zu 15 Jahren für Untersuchungen zur Verfügung stellen, wurde dazu im September 2020 ein Feldversuch in einem randomisierten Blockdesign mit fünffacher Wiederholung angelegt. Nach vollständiger Beseitigung des Pflanzenbestandes wurden die Zuschlagsstoffe Eisen(hydr)oxid, Gesteinsmehl, Leonardit und Kalk homogen bis in 25 cm Tiefe eingearbeitet. Vor (t0) und unmittelbar nach Einbringung der Zuschlagsstoffe (t1) wurden von allen Parzellen Mischproben entnommen, luftgetrocknet und auf 2 mm gesiebt. Zur Identifikation der Immobilisierungsmechanismen und um damit Rückschlüsse auf die langfristige Wirksamkeit der Zuschlagstoffe abzuleiten wurden die Proben sequentiell extrahiert (Zeien und Brümmer 1989).

Unsere Ergebnisse zeigen, dass die prozentualen Anteile an leicht löslichem Cadmium, Nickel und Zink durch alle Zusatzstoffe reduziert wurden. Besonders wirksam zeigten sich Leonardit und Eisen(hydr)oxid, da damit diese Schwermetalle in immobilere Bindungsformen, vor allem in die organisch und amorphe Eisenoxide gebundenen Fraktionen verlagert wurden. Die Zugabe von Kalk führt hauptsächlich zu einer Verlagerung in die leicht nachlieferbare Fraktion. Die leicht löslichen Anteile von Kupfer wurden nur durch die Zugabe von Leonardit reduziert und gingen mit einem deutlichen Anstieg in der organisch gebundenen Fraktion einher. Mit Eisen(hydr)oxid und Kalk stieg die leicht lösliche Fraktion dagegen an. Im Gegensatz zu Kalk führte aber Eisen(hydr)oxid zu einer Reduzierung der leicht nachlieferbaren Fraktion und eine Zunahme der organisch gebundenen Fraktion. Für eine langfristige Immobilisierung von Kupfer scheint daher Kalk weniger geeignet als die anderen Zuschlagstoffe.

Baubedingte Auswirkung des Baus von Erdkabelhochspannungsleitungen auf Bioporen und der damit einhergehenden Effekte auf Gas- und Wasserpermeabilität

Paul Sänger; Lucas Freudenthal; Nina Stoppe-Struck; Stephan Peth

Leibniz Universität Hannover

Im Zuge der Energiewende in Deutschland ist der Ausbau von Hochspannungsstromleitungen eine wesentliche Komponente. Die als Erdkabel verlegten Leitungen sind mit bau- und betriebsbedingten Auswirkungen verbunden, die potenziell für die landwirtschaftliche Nutzung wichtige Bodenfunktionen beeinträchtigen können. Das Bodengefüge wird durch die starke Homogenisierung des Bodens beim Bodenaushub und der Wiederverfüllung der Kabelgräben stark gestört, wovon insbesondere Leitfunktionen betroffen sind. Der Netzbetreiber TenneT TSO hat zu Forschungszwecken mehrere Testfelder in Niedersachsen gebaut, um die bau- und betriebsbedingten Auswirkungen im Rahmen einer wissenschaftlichen Begleitung untersuchen zu lassen.

Im Rahmen der hier vorliegenden Arbeit wurden auf einem Testfeld bei Seelze (Region Hannover) Bioporen- und in situ Infiltrationsmessungen im Bereich von Kabelgräben vergleichend zu ungestörten Referenzflächen durchgeführt. Hierzu wurde der Oberboden bis auf eine Tiefe von 40 cm abgetragen, die Bioporen mit einem Bodensaugers freigelegt und anschließend mit Hilfe einer Fotobox unter immer gleichen Bedingungen fotografiert. Im Anschluss an die Bilderfassung wurde in der gleichen Grube eine Infiltrationsmessung mit einem Haubenpermeameter (Hoodinfiltrrometer, UGT GmbH, Müncheberg) durchgeführt. Die Bioporen wurden bildanalytisch mit der Bildanalysesoftware Fiji (Schindelin et al. 2012) ausgewertet und mit der Infiltrationsleistung korreliert. Aus den Versuchsgruben wurden nach der Infiltrationsmessung ungestörte Bodenproben (471 cm³) entnommen und im Labor Luftleitfahigkeit und ungesättigte hydraulische Leitfähigkeit gemessen.

Erste Ergebnisse der Infiltrationsraten zeigen, dass die Infiltration der Referenzparzellen deutlich höher ist als in den Grabenparzellen. Nach bodenkundlicher Kartieranleitung (KA5) lassen sich die Infiltrationsraten der Grabenparzellen in die Kategorie kf2 (1-10 cm/d) und die Infiltration der Referenzparzellen in die Kategorie kf3 (10-40 cm/d) und kf4 (40-100 cm/d) einordnen. Aus den gewonnenen Daten kann geschlossen werden, dass durch die Zerstörung von Bioporen im Zuge der Baumaßnahme die Infiltration deutlich beeinträchtigt wird. Wiederholte Messungen dieser Art sollen in den kommenden Jahren Aufschluss darüber geben, wie schnell sich das Bodengefüge durch „Wiedereinwanderung“ von Bioporen und die damit verbundenen Leitfunktionen regenerieren können.

Pflanzenbauliche Untersuchungen auf Erdkabeltestfeldern in Niedersachsen

Peter Merlin Wesseler¹; Conrad Wiermann¹; Hans Schwarz²; David Bertermann²; Nina Stoppe-Struck³; Stephan Peth³

¹ Fachhochschule Kiel; ² GeoZentrum Nordbayern; ³ Leibniz Universität Hannover

Im Rahmen der Energiewende wird das 525 kV Höchstspannungs-Gleichstrom-Übertragungs(HGÜ)-Erdkabel SuedLink von Schleswig-Holstein nach Bayern und Baden-Württemberg gelegt. Die Auswirkungen des Baus und der betriebsbedingten Wärmeabgabe im Boden, die Bodenregeneration und den pflanzenbaulichen Aufwuchs werden von einem Forschungskonsortium zwischen der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, der Leibniz Universität Hannover und der Fachhochschule Kiel untersucht.

An drei Standorten in Niedersachsen mit unterschiedlichen standörtlichen Bedingungen werden bodenkundliche und pflanzenbauliche Untersuchungen im Zeitraum 2022 – 2025 durchgeführt. Ziel der Untersuchungen ist es die Auswirkungen des Baus und des Betriebes von Erdkabeln auf die Standorteigenschaften und das Pflanzenwachstum zu erforschen. Hierbei wird die Fachhochschule Kiel während der Vegetationsperiode in drei Feldversuchen (ein Versuch pro Standort) parallel zum Pflanzenwachstum Biomasseproben entnehmen, den Blattflächenindex bestimmen und multispektrale Drohnenbefliegungen durchführen. Mithilfe dieser Parameter können sowohl Variabilitäten während des Pflanzenwachstums abgebildet als auch Ursachen für potentielle Unterschiede in den gemessenen Ertragskomponenten identifiziert werden. Die zusätzlich durchgeführten Bonituren und mineralische Stickstoff(Nmin-)beprobungen, sowie die Witterungsdaten und die Ergebnisse der Projektpartner zur Bodenregeneration und Geothermie vervollständigen die multidisziplinäre Betrachtungsweise.

Die Ergebnisse sollen genutzt werden, um bei der Umsetzung der bodenkundlichen Baubegleitung nach DIN 19639 auf Linienbaustellen von Erdkabeln wissenschaftlich basierte Handlungsempfehlungen abzuleiten. Des Weiteren kann der Einfluss der erhöhten Temperatur als Teil der betriebsbedingten Auswirkung des Erdkabels wichtige Informationen hinsichtlich der Auswirkungen klimawandelbedingter Temperaturerhöhung auf die Bodenentwicklung und das Pflanzenwachstum hervorbringen.

Bewirtschaftung von Buchenwäldern und Nährstoffnachhaltigkeit

Stephan Zimmermann¹; Janine Schweizer¹; Daniel Kurz²; Golo Stadelmann¹; Reinhard Mey¹

¹ Eidg. Forschungsanstalt WSL; ² EKG Geo Science

Durch eine Intensivierung der Holzernte kann unter Umständen die Nährstoffnachhaltigkeit gefährdet werden. Vor allem auf stark versauerten, nährstoffarmen Standorten werden dem Standort durch eine intensivierte Holzernte mehr Nährstoffe entzogen als durch Deposition und Verwitterung nachgeliefert werden können. Im Schweizer Mittelland findet in buchendominierten Beständen die intensivste Holznutzung statt. Unsere Arbeit verfolgt das Ziel, die Nährstoffflüsse und -pools von zwei im Schweizer Mittelland verbreiteten Standortstypen bei verschiedenen Holzerntestrategien zu vergleichen. Die Standortstypen sind Moränen des frühen bis mittleren Pleistozäns (stärker versauert) im Vergleich zu Moränen des späten Pleistozäns.

Folgende Hypothesen liegen unserer Arbeit zu Grunde: (a) Die Nährelementgehalte von Baumkompartimenten der Buche sind auf Standorten des späten Pleistozäns grösser als auf jenen des frühen Pleistozäns. (b) Dies wirkt sich in einer grösseren Biomasseproduktion aus. (c) Bei intensivierter Holzernte ist die Nährstoffnachhaltigkeit auf Standorten des frühen Pleistozäns stärker gefährdet als auf jenen des späten Pleistozäns.

Pro Standortstyp wurden je 5 Buchenbestände untersucht, ausgewählte Bäume gefällt und die Nährelementgehalte in Baumkompartimenten analysiert. Die Verwitterungsraten sowie die Sickerwasserverluste von Nährelementen wurden mit dem Modell von Posch (2022) berechnet. Die Bestandessimulationen beruhen auf dem Modell SwissStandSim von Zell et al. (2020). Es wurden die Szenarien «business as usual», «weniger intensive» und «intensivierte Holzernte» gerechnet. Basierend auf den Simulationsergebnissen wurden die Biomassekompartimente aller Einzelbäume mit Hilfe allometrischer Gleichungen aus dem Schweizerischen Landesforstinventar berechnet (Didion et al., 2019; Herold et al., 2019). Die Depositionsdaten wurden ausgehend von nahen Messstationen der Deposition modelliert. Die Nährstoffbilanz für jede Bewirtschaftungsstrategie wurde berechnet als «Verwitterung» + «Deposition» - «Sickerwasserverlust» - «Entzug durch Holzernte».

Die Verwitterungsraten sind auf Moränen des frühen Pleistozäns tendenziell geringer als auf jüngeren Moränen. Hingegen unterscheiden sich die Nährelementgehalte in Baumkompartimenten zwischen den beiden Standortstypen nicht signifikant. Wie sich unterschiedliche Bewirtschaftungsszenarien auf die Nährstoffnachhaltigkeit auswirken, werden die weiteren Analysen zeigen.

Schwermetallfreisetzung aus Urnenbeisetzungen in Friedhofsböden

Iris Zimmermann; Annela Mordhorst; Heiner Fleige; Rainer Horn

Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Die Einäscherung von Verstorbenen ist in vielen Ländern der Welt, so auch in Deutschland, die häufigste Bestattungsart geworden. Die Asche des menschlichen Körpers wird nach der Kremation in eine Urne überführt und zumeist im Boden beigesetzt. Die möglichen Umweltauswirkungen von Feuerbestattungen auf Böden und Grundwasser sind jedoch noch wenig untersucht, so dass noch unklar ist ob die Freisetzung von Schwermetallen wie Chrom, Zink, Kupfer, Nickel und Blei aus Urnen ein Umweltproblem in Friedhofsböden darstellt.

Vor diesem Hintergrund wurde der (Schwer-)Metallgehalt in Urnengräbern auf 6 Friedhöfen in Nord- und Westdeutschland analysiert. Die Bodenproben wurden unterhalb der Bestattungstiefe von insgesamt 42 Urnen (nach Ablauf der Ruhezeit) und von Referenzböden ohne Urnenbestattungen (gleicher Friedhofsstandort und Tiefe) entnommen.

Die Ergebnisse zeigen eine hohe Variabilität der (Schwermetall-)Gehalte in den Bodenproben unter den beigesetzten Urnen. Wie erwartet, nahm die Anreicherung einiger Elemente (z. B. Blei und Zinn) im Boden mit höherem Zersetzungsgrad der Urnen zu, aber auch unter nur leicht korrodierten, noch nicht durchlöcherten Urnen, die häufig aus kupferhaltigen Legierungen bestanden, wurde eine Anreicherung mit Kupfer, Chrom, Nickel und Eisen festgestellt. Dies zeigt, dass die Schwermetallfreisetzungen in den Friedhofsböden sowohl von den Ascheresten als auch vom Urnenmaterial herrühren. Die potenziell schädlichen Auswirkungen auf die Umwelt beschränken sich jedoch auf die ersten 10 cm unterhalb der Bestattungstiefe einzelner Urnen (13 von 42 Urnen), in denen mindestens eines der Elemente Blei, Zink, Kupfer und Nickel den kritischen Vorsorgewert überschritten hat.

MICROSOIL - Investigation of Alternative Test Methods to Correctly Assess the Impact of Plant Protection Products, Biocides and Pharmaceuticals on Soil Microorganisms

Marie Winter¹; Leonie Homes¹; Gabrielle Broll²; Pia Kotschik³; Silvia Pieper³; Jens Schönfeld³; Frank Zielinski³; Karsten Schlich¹

¹ Fraunhofer IME; ² Universität Osnabrück; ³ German Environment Agency (UBA)

For the risk assessment of plant protection products (PPP) potential effects on soil microorganisms are addressed by investigating if N-transformation (OECD 216), an important soil function, may be affected. However, by focussing on only one central function of the microbial community, other effects might be neglected.

To determine potential other effects of PPP on functional microbial activity, one objective of the project MIROSOIL is to investigate the sensitivity of three alternative test methods, i.e. substrate induced respiration (MicroResp™), measurement of enzymatic activities (ISO 20130) and effects on ammonium oxidizing bacteria (ISO 15685, AOB). To gather information about the sensitivity of these methods, six model substances were investigated (fungicides: tebuconazole, pyraclostrobin, propamocarb; herbicide: ethofumesate; antibiotic: tiamulin hydrogen fumarate; biocide: DDAC). For sensitivity assessment, results are compared to OECD 216 data.

Up to now, tests were performed in the sandy soils LUFA 2.1 and RefeSol 04A. Three to four nominal test concentrations, e.g. 1x, 5x and 10x of the intended application rate, were tested. Measurements for each test method were performed after 14 and 28 days. If effects above 25% occurred after 28 days, the test duration was extended up to 84 days.

MicroResp™ indicated in general a low sensitivity, substance-independently. The group of AOB was strongest inhibited by the test substances. Especially for DDAC (LUFA 2.1 test results), concentration related effects > 25% were determined after 28 days of exposure. For ethofumesate in Refosol 04A, the extracellular enzymatic activities, e.g. phosphatase, altered over the exposure period between stimulation and inhibition. In general, effects > 25% occurred on specific time points, followed by recovery of the respective enzyme activity on the following measurements.

Upcoming experiments with RefeSol 02A will help to identify potential influence of soil properties to the ecotoxicological results. To encounter the impact on the group of fungi, arbuscular mycorrhiza (ISO 10832, Funneliformis mosseae) will be investigated under substance exposure. These assessment results of the different soil organisms referring to functional diversity will be complemented by ARISA (Automated Approach for Ribosomal Intergenic Spacer Analysis) structural analysis and presented at the conference.

The study was funded by the German Environment Agency FKZ 3720 64 4110.

Jahrestagung der
Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft
DBG 2023

Kommission VII

Bodenmineralogie

Aluminum and iron cycling in the acidic soils of the Fichtelgebirge

Roukaya Eid; Kai Totsche; Karin Eusterhues

Friedrich Schiller Universität Jena/Institut für Geowissenschaften

The breakdown of coniferous stands in response to climate change may result in adverse effects like those known from the forest decline of the late 20th century due to strong acidification. With pH values ranging from 2.6 at the topsoil to around 4.3 at the subsoil horizons of the Cambisols in Fichtelgebirge Germany, the effect of the acidification processes is reflected by elevated concentrations of Fe and Al in soil solution and B-horizons. To study Al and Fe biogeochemistry, sites were selected with long-term cultivation with conifers that differed in lithologies. For mineral and OM analysis, soil material was sampled from the soil horizons and the regolith. Seepage water is collected from topsoil and subsoil employing tension-controlled lysimeters at the topsoil/subsoil interface and the subsoil/regolith interface. Soil materials were analyzed for pH(H₂O, CaCl₂), electric conductivity, soil organic and inorganic carbon, total nitrogen, cation exchange capacity, bulk density, water content, and texture. Elemental contents were measured by ICP-OES after total digestion. The analytical strategy also included several selective dissolution techniques, to understand the distribution of Fe, Al, and Si in organic and inorganic phases in relation to their natural setting. Bulk soil and clay fractions were analyzed using X-ray diffractometry (XRD) and Fourier-transform infrared (FTIR) spectroscopy. The primary results show that the acidification level in Fichtelgebirge is similar to those measured in 1995, and forest soils are showing an increase in the level of Aluminum with depth. More data will be available before the annual meeting in September.

Reduced denitrification by sorption of water-soluble organic matter to minerals?

Miriam Kempe¹; Manuel Eckstein; Corinna M. Schimpf; Leopold Sauheitl; Klaus Kaiser; Jürgen Böttcher; Robert Mikutta

¹ MLU Halle-Wittenberg

In soil, both denitrification and its product ratio are strongly affected by easily available water-soluble compounds derived from fresh plant residues. Sorption to minerals is known to potentially limit the microbial use of organic matter, however, its effect on the bioavailability of the water-soluble organic matter (WSOM) typically fuelling denitrification has not been addressed so far. We hypothesized that sorption processes reduce WSOM and therefore the potential denitrification but will favour complete denitrification to compensate for the limited carbon availability.

We studied the effect of sorptive minerals (goethite and illite) on WSOM content and decomposition on total potential denitrification and its product ratio in microcosm incubation experiments under anoxic conditions. Soil suspensions spiked with nitrate, two different WSOM solutions derived from either stems or leaves of *Lolium perenne*, and each two additions of the minerals were incubated for 24 hours. The WSOM solutions were analysed for C, N, and aromaticity as indicators of bioavailability, and gas chromatography was used to determine CO₂ and N₂O emissions over the experimental period. The acetylene inhibition technique was applied to a second set of incubations to distinguish incomplete and complete denitrification.

The observed reduction in water-soluble organic carbon (WSOC) in presence of the two minerals; the effect increased with the amount of added minerals, and was stronger for goethite than for illite. The aromaticity remaining in solution decreased, which hints at preferential sorption of aromatic compounds. Surprisingly, the reduction in WEOC did not result in decreases in CO₂ emissions. This suggests that those compounds fuelling short-term microbial respiration are not much prone to sorption. Accordingly, the potential denitrification (N₂O+N₂) was not reduced by the minerals either. However, we observed varying effects on the denitrification product ratio. For one WSOM, the presence of the minerals tended to shift the product ratio towards N₂, i.e., it favoured complete denitrification. In turn, for the other WSOM, the presence of minerals promoted shifted the denitrification to larger shares of N₂O. Our results indicate that sorption to minerals has little effect on the denitrification potential of WSOM, but may induce variations in denitrification products. The latter effect, however, remains unexplained.

Mineral transformation and mineral-organic matter interactions during remediation of sulfuric soils by submergence and organic matter addition

Angelika Kölbl¹; Klaus Kaiser¹; Robert Mikutta¹; Pauline Winkler¹; Werner Häusler²; Rob Fitzpatrick³; Petra Marschner³; Luke Mosley³; Aaron Thompson⁴

¹ Martin Luther Universität Halle-Wittenberg, Bodenkunde und Bodenschutz ; ² Lehrstuhl für Bodenkunde, Technische Universität München, Freising; ³ The University of Adelaide; ⁴ The University of Georgia

Remediation of acid sulfate soils via re-establishment of reducing conditions requires submergence and sufficient amounts of biodegradable organic carbon (OC) to support reducing bacteria. Addition of fresh plant litter has been shown to activate reducing bacteria, likely due to the release of readily available soluble organic matter. Here, we tested the potential of wheat straw-derived dissolved OC (DOC) to remediate sulfuric (pH < 4) soils.

In a first set of anoxic incubation experiments, we used a mineralogically simple sandy sulfuric subsoil with low OC concentration (~3 mg/g). Addition of DOC induced reductive conditions and rapid increases in pH by 2-3 units within 3 weeks of incubation. We found increased concentrations of Fe and S in the soil solutions, indicating the redox- and pH-induced dissolution of Fe oxyhydroxy sulfate phases such as jarosite. This was confirmed by Mössbauer spectroscopy and X-ray diffraction, revealing jarosite losses. In turn, short range-ordered Fe(III) oxyhydroxides were formed, most likely by Fe(II)-catalysed transformation of jarosite. In addition, Mössbauer spectroscopy suggested the possible presence of organically complexed Fe(II) and Fe(III). No Fe(II) sulfides were detected, suggesting that growth of sulfate-reducing bacteria is limited as long as redox conditions are governed by the Fe(II)–Fe(III) redox couple. Since Fe oxyhydroxides, unlike Fe sulfides, are not prone to support renewed acidification in the case of future aeration, this result has important implications for the remediation of sulfuric soils.

In another set of incubation experiments, we studied mineralogically more complex clayey sulfuric soils with native OC concentrations of ~15 mg/g and found that much higher DOC additions were needed to sustain reducing conditions and pH values of > 5.0. Sorption experiments showed that most of the added OC was immediately bound to soil minerals, making it less available for microorganisms. Compared to the sandy sulfuric soil, pH values remained lower, despite similarly low redox potentials were achieved. We assume that the high amount of organic acids identified in the native OC partly compensates for the proton consumption associated with reduction reactions. Similar to the sandy sulfuric soil, increased Fe concentrations in the soil solution point at pH- and redox-induced dissolution of jarosite. Under the resulting pH and redox conditions, formation of Fe sulfides is unlikely as well.

Charakterisierung und Stabilität organo-mineralischer Bodenhilfsstoffe aus Eisenhydroxidschlämmen

Lydia Pohl¹; Pauline Winkler²; Jan Rücknagel³; Werner Gerwin⁴

¹ BTU Cottbus - Senftenberg, Lehrstuhl Bodenschutz und Rekultivierung; ² Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Bodenkunde und Bodenschutz; ³ Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Allgemeiner Pflanzenbau und ökologischer Landbau; ⁴ BTU Cottbus - Senftenberg, Forschungszentrum Landschaftsentwicklung und Bergbaulandschaften (FZLB)

Die Lausitz zählt schon heute zu einer der niederschlagärmsten Regionen in Deutschland. Durch den Klimawandel wird sich diese Situation noch weiter verstärken und die Wahrscheinlichkeit von extremen Trockenperioden während der Hauptvegetationsphase wird weiter zunehmen. Eine der zentralen zukünftigen Herausforderungen wird es somit sein, die geringe Wasserhaltekapazität der vor allem sandigen Böden in dieser Region zu steigern.

Im Rahmen des laufenden Verbundvorhabens StabilOrg wurden Bodenhilfsstoffe auf Basis von regional verfügbaren Ausgangsstoffen (Eisenhydroxidschlämme, Tone und organisches Material) entwickelt. Eisenhydroxidschlämme (EHS) fallen in der Lausitz in großen Mengen bei der Aufbereitung von Grubenwässern und überregional bei der Trinkwasseraufbereitung an. EHS aus Absetzanlagen und der Fließgewässersedimenten weisen hierbei vor allem einen erhöhten Gehalt an organischem Material auf (z.B. Wurzeln, Detritus etc.). Aus bodenkundlicher Sicht bieten sie damit als Bodenadditiv zwei entscheidende Vorteile: (I) es werden Eisen(hydro)oxide eingebracht, die natürlicherweise bereits in Böden vorkommen und die zur langfristigen Stabilisierung von Kohlenstoff und Nährstoffen beitragen und (II) es wird gleichzeitig organisches Material eingebracht, das sich positiv auf die Nährstoffverfügbarkeit und die Wasserhaltekapazität auswirkt. Durch Mischungen mit weiteren Komponenten, wie z.B. Ton oder Kompost, können die positiven Auswirkungen ggf. noch weiter gesteigert werden.

Erste Untersuchungsergebnisse zeigen, dass sich vor allem durch die Bodenhilfsstoffe mit einem erhöhten Anteil an EHS, die Wasserhaltekapazität von sandigen Böden steigern lässt. Zudem weisen die Bodenhilfsstoffe einen erhöhten Kohlenstoff- und Stickstoffgehalt, sowie niedrige Konzentrationen an Schwermetallen (insbesondere Arsen und Nickel) auf. Um die Stabilität der entwickelten Bodenhilfsstoffe im Boden abschätzen zu können, soll in ersten Säulenexperimenten die Nähr- und Schadstoffauswaschung untersucht werden. Zudem sind Experimente geplant, die den Einfluss der EHS auf das Abbauverhalten des beigemischten Kompostes untersuchen sollen.

Größendifferenzierte Freisetzung von Al, Fe, Si und DOM aus Oberböden von Braunerden und Podsolen - ein Hinweis auf die Dynamik schwach kristalliner Aluminosilikate?

Thilo Rennert; Lisa Commer; Agnes Krettek; Mathias Stein; Katharina Lenhardt

Fachgebiet Bodenchemie mit Pedologie, Institut für Bodenkunde und Standortslehre, Universität Hohenheim

Fortschreitende Verwitterung führt in humosen Oberböden zur Mobilisierung anorganischer Spezies zusätzlich zu der von gelöster organischer Substanz (DOM). Wir untersuchten in Beregnungsexperimenten die Freisetzung von Al, Fe, Si und DOM aus Oberböden zunehmenden Podsolierungsgrads aus äolischem Sand (Podsol-Braunerde bis Normpodsol) sowie von Locker-/Humusbraunerden aus Schutt/Fließerden magmatischer/metamorpher Gesteine. Die Eluate aus Beregnungsexperimenten wurden als solche analysiert, nach Filtration (0,45 µm) sowie nach Dialyse (1 kDa), um zwischen partikulären (> 0,45 µm), kolloidalen/als gelöst definierten (1kDa-0,45 µm) und „echt gelösten“ (< 1 kDa) Spezies zu unterscheiden. Zudem führten wir Speziationsrechnungen unter Verwendung der Aktivitäten freier Al^{3+} -Ionen und H_4SiO_4 sowie Essigsäure als Modell der DOM in dialysierten Lösungen durch. Bei allen untersuchten Horizonten waren Al, Fe und DOM größtenteils in der Fraktion 1 kDa-0,45 µm zu finden. Enge Korrelationen zwischen Metall- und DOC-Konzentrationen in dieser Fraktion deuteten auf Assoziationen der Metalle mit organischer Substanz hin, z.B. in kolloidaler Form oder als Assoziationen der Metalle mit komplexerer DOM als einfache niedermolekulare organische Säuren. Silizium hingegen dominierte in der Fraktion < 1 kDa bei den Podsolen und den Braunerden aus magmatischen/metamorphen Gesteinen, was auf die Freisetzung als monomere Kieselsäure hinweist. Die Speziationsrechnungen zeigten eine geringe Untersättigung bzw. ein Gleichgewicht mit Imogoliten an. Die Existenz/Verlagerung solcher schwach kristallinen Aluminosilikate in den untersuchten Bodentypen wird seit langem diskutiert. Die Speziationsrechnungen wiesen also darauf hin, dass die Al- und Kieselsäureaktivitäten von der Auflösung schwach kristalliner Aluminosilikate gesteuert wurden, auch wenn sich die Böden stark in den Gehalten Oxalat-extrahierbaren Siliziums als Indikator dieser Aluminosilikate unterschieden (< 23 mg/kg bei Böden aus Sand; 36-1010 mg/kg bei Böden aus magmatischen/metamorphen Gesteinen). Die größendifferenzierte Analyse von Freisetzungsdaten ist ein einfach anzuwendender Ansatz, um Informationen zur Speziation in der Lösungsphase und, in Kombination mit Speziationsrechnungen, zu potenziell aktivitätsbestimmenden Mineralphasen zu erlangen.

Silicon affects phosphorus mobilization from iron minerals

Peter Uhuegbue¹; Karsten Kalbitz²; Mathias Stein¹; Martin Obst³; Jörg Schaller¹

¹ Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research, ZALF, Silicon Biogeochemistry Group, Eberswalder str. 84, 15374 Müncheberg; ² Institute of Soil Science and Site Ecology, Technische Universität Dresden, Piennner Str. 19, 01737 Tharandt ; ³ Bayreuth Centre for Ecology and Environmental Research (Bayceer), Universität Bayreuth, Dr. Hans-Frisch-Straße 1-3, 95448 Bayreuth

In soils, phosphorus (P) is important for metabolic pathways and carbon (C) turnover. The availability of P in soils has a significant impact on terrestrial ecosystems' primary productivity. However, P limitation occurs in many soils as it is tightly adsorbed to mineral surfaces, and thus inaccessible to plants. Silicon (Si) can mobilize P from strong binding sites as shown for arctic and paddy soils. Furthermore, Si competes also with dissolved organic carbon (DOC) for binding. But the interdependent mechanisms are still poorly understood. This study aims to elucidate the mechanism of the interdependency of P, DOC, and Si on the binding to goethite and hematite. The experiment was conducted at pH 5 and 7, because changes in pH values cause a change in the surface charge of Fe minerals, altering the surface properties. Here, we used goethite and hematite synthesized in our labs. The minerals were preloaded with 2 mM of PO₄³⁻. For subsequent mobilization, two different forms of Si were used: 100 mg hydrophilic fumed silica and 50 mg monomeric silicic acid. The samples were left to incubate for 30 days. Sampling was conducted at five different dates (after 0.2, 1, 3, and 30 days). Scanning transmission X-ray microscopy (STXM), an approach that employs spatially resolved near-edge X-ray absorption fine structure (NEXAFS) spectroscopy was used to analyze directly and indirectly the binding mechanisms of Si, P, and DOC to the Fe-oxides and their interdependency. The result of the adsorption experiment revealed that about 0.23 mg L⁻¹ and 0.25 mg L⁻¹ phosphate were adsorbed after 24 hours at pH 5 and 7 on goethite, respectively. After 30 days of incubation, the amorphous Si released 12 mg L⁻¹ and 99 mg L⁻¹ Si (Si < 200 nm) into the solution at pH 5 and 7, respectively. This resulted in the mobilization of about 0.02 mg L⁻¹ and 0.06 mg L⁻¹ P which is more than the amount released in the control (< 0.001 mg L⁻¹ P) at both pH values from the goethite surface. Compared to the reference (where no Si was added to P suspension), a release of 0.03 mg P was observed at pH 7. At pH 5 however, a higher P release (0.1 mg L⁻¹ P) was observed. In conclusion, it should be noted that silicon has a significant role in controlling P mobility in Fe minerals, which is important for the management of P availability in soils.

Microbial processing and mineral filtering define the composition of mineral-associated organic matter in soil

Susanne Ulrich¹; De Shorn Bramble²; Marion Schrumpf²; Robert Mikutta¹; Klaus Kaiser¹

¹ Martin Luther University Halle-Wittenberg; ² Max Planck Institute for Biogeochemistry

Formation of mineral-associated organic matter (MAOM) supports accumulation and stabilization of carbon in soil, and thus, is a key factor in the global carbon cycle. Yet, the processes relevant for the formation of MAOM are not completely understood. One open question is still what determines the composition of the organic matter (OM) that becomes associated with minerals. Is land use, i.e., vegetation, and hence plant-derived OM, or microbial input, or rather the nature of minerals and their affinity for specific OM compounds crucial? We addressed this research question by exposing mineral containers with pristine minerals (goethite, as a representative of oxide-type mineral phases, and illite, representing layered aluminosilicates) for five years to ambient soil conditions at 5 cm in 150 grassland and 150 forest plots in three regions across Germany. At 27 grassland and 27 forest plots, mineral containers were additionally placed at 30 cm depth. After recovery, the content of organic carbon (OC) and nitrogen (ON) was determined. For a subset of plots, the carbon accumulated at the surface of the minerals was analysed for its various oxidation states using X-ray photoelectron spectroscopy (XPS). Irrespective of land use type, highly oxidized carboxylic carbon accumulates disproportionately strong on mineral surfaces, especially on the surfaces of goethite. In subsoils, the proportion of carboxylic mineral-bound carbon was less than in topsoils, suggesting that carboxylic functional groups are more important for the retention than the mobility of OM in soil. The role of carboxylic functional groups also underlines the importance of microbial oxidation of OM in the formation of MAOM. Land use resulted only in variations in the C:N ratios of the MAOM, possibly linked to the C:N ratio of the plant-derived OM inputs, but had no effect on the share of oxidized carbon. Our results suggest, that the minerals, especially oxides, act as strong filters by retaining mainly highly oxidized OM. The mineral filtering might be an immediate result of strong microbial processing of plant-derived OM inputs.

Potential of iron oxide sludge in promoting soil organic matter build-up in sandy dump soils

Pauline Winkler¹; Julia Floßfeder¹; Christian Hildmann²; Klaus Kaiser¹; Angelika Kölbl¹; Robert Mikutta¹

¹ Martin Luther University Halle-Wittenberg; ² Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften Finsterwalde

Open-pit lignite mining destroys developed soils and generates acid mine drainage. Acid mine drainage results in the precipitation of tremendous amounts of iron (Fe) oxide sludge in watercourses and after mine closure lost soil functions need be restored. The restoration of soil functions focuses on the build-up of soil organic matter (SOM), usually supported by the cultivation of legumes as initial organic matter (OM) source. In the lignite mining area of Lusatia (eastern Germany), the starting point of soil re-development is a sandy substrate. Sand, however, is lacking sorptive minerals so that OM is mineralized quickly and is thus lost to the atmosphere as CO₂. In developed soils and in laboratory experiments, Fe oxides have been found to strongly interact with OM. The interaction of OM with Fe oxides impedes its mineralization and therefore promotes SOM formation. Hence, the idea arose to use Fe oxide sludge excavated from mining-affected watercourses as amendment for sandy dump soils requiring SOM build-up.

In order to test the OM stabilizing effect, sandy dump soil and Fe oxide sludge from Lusatia were incubated with alfalfa biomass for 7 weeks. Sandy dump soil and alfalfa without Fe oxide sludge addition were incubated as control. The release of CO₂ was monitored throughout the incubation and results are currently processed. The soils were dried at the end of the experiment and the contained SOM will be fractionated by density to determine differences in the amount of mineral-associated OM between treatments. Results will show if the addition of Fe oxide sludge has the potential to accelerate SOM build-up during the initial phase of sandy dump soil restoration.

Schnelle Wechselwirkungen zwischen organischer Bodensubstanz und Bodenmineralen

Verena Zöphel¹; Tamara Polubesova²; Benny Chefetz²; Thilo Rennert¹

¹ Universität Hohenheim; ² The Hebrew University of Jerusalem

Stabilisierung und Verbleib der organischen Bodensubstanz (OBS) prägt maßgeblich Bodeneigenschaften und –prozesse, vor allem durch Wechselwirkungen mit mineralischen Oberflächen. Die Mechanismen dieser Interaktionen und die Stabilität der OBS-Mineral-Komplexe ist daher von besonderer Bedeutung.

Aus diesen Gründen wurde die schnelle Kinetik der Interaktion von Birnessiten unterschiedlicher Kristallinität sowie Zwei-Linien-Ferrihydrit und Goethit mit wichtigen Vertretern der OBS (Phenolsäuren und Peptide) untersucht. Hierfür wurde die Leitfähigkeitsänderung über die Zeit ($t \leq 10$ s) nach Reaktion beider Substanzen in einer Stopped-Flow-Apparatur aufgezeichnet. Die resultierenden Reaktionsgeschwindigkeitskonstanten ergeben über den Zusammenhang der Arrheniusgleichung Aktivierungsenergien, welche Aufschluss über die stattfindenden Prozesse ermöglichen.

Zunächst wurde die Interaktion zwischen den Einzelkomponenten (Mineralsuspension + Lösung einer OBS) analysiert, um den Einfluss der funktionellen Gruppen der OBS und der Kristallinität der Minerale festzustellen. Es hat sich gezeigt, dass innerhalb der Messzeit zwei unterschiedliche Prozesse stattfinden: ein schneller Prozess (chemische Reaktion) und ein langsamerer physikalischer Prozess. Des Weiteren wurde deutlich, dass die spezifische Oberfläche der Minerale und die unterschiedlichen funktionellen Gruppen der organischen Komponenten eine untergeordnete Rolle spielen.

Durch Batchversuche ($t_{\max} = 48$ h) wurden gebildete Transformationsprodukte der eingesetzten Phenolsäuren an den Mineraloberflächen ermittelt. Erneut wurde die schnelle Kinetik der Wechselwirkung zwischen den organischen Transformationsprodukten und Birnessit bzw. Zwei-Linien-Ferrihydrit betrachtet. Bisherige Resultate zeigen, dass in diesem Fall nur noch ein Prozess stattfindet: eine schnelle chemische Reaktion und kein weiterer physikalisch getriebener Prozess.

Darüber hinaus wurden voradsorbierte Komplexe von Birnessit bzw. Zwei-Linien-Ferrihydrit mit einer Phenolsäure hergestellt und die Wechselwirkung mit einem Peptid analysiert. Erste Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Interaktion zwischen den organischen Molekülen eine wichtigere Rolle spielt als die Desorption / Adsorption an der direkten Mineraloberfläche. Dies ist ein möglicher Hinweis darauf, dass sich an der Mineraloberfläche Multilayer der organischen Substanz bilden.

Jahrestagung der
Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft
DBG 2023

Kommission VIII

Boden in Bildung und Gesellschaft

Klimaschutz im Unterboden!? Oder kann ich mit dem Aufbrechen von Bodenverdichtungen unterhalb der Ackerkrume die Humusgehalte und auch die Ertragsfähigkeit meiner Böden erhöhen?

Wolfgang Behrendt

Landwirtschaftlicher Betrieb

Wie wirken sich das Aufbrechen von Bodenverdichtungen unterhalb der Krume auf die Ertragsfähigkeit, die Wasserführung und auf den Humusgehalt des Bodens aus?

In einer landwirtschaftlichen Siedlung, die 1952 nach dem zweiten Weltkrieg angelegt worden ist, wurde die Wasserzuleitung diagonal durch die Gemarkung verlegt.

Im Bereich der Wasserleitung ist vor allen Dingen in trockenen Jahren immer wieder ein deutlich besseres Wachstum zu erkennen.

Der Mehrertrag an Biomasse (Stroh und Korn) lag beispielsweise in der Ernte 2022 bei gut 20%.

Durch vergleichende Bodenproben in der Ackerkrume und im Unterboden neben sowie über der Wasserleitung habe ich die Humus- und Trockensubstanzgehalte sowie die Grundnährstoffe bestimmen lassen.

Die Möglichkeit Humus aufzubauen um damit die Bodenfruchtbarkeit zu verbessern, zusätzlichen organischen Kohlenstoff im Boden zu fixieren (Klimaschutz) und das Potential mehr Wasser speichern zu können ist nur begrenzt und hat keinen wesentlichen Einfluss auf die Ertragssteigerung.

Die höheren Erträge sind fast ausschließlich auf die intensivere Durchwurzelung des Unterbodens zurückzuführen. Wasser aus tieferen Bodenschichten konnte pflanzenverfügbar genutzt werden.

Strategy of nitrogen nutrition of corn on drip irrigation in the conditions of the South of Ukraine

Vladyslav Bondarenko

Ukraine

The southern regions of Ukraine have good conditions for growing crops using drip irrigation systems. This is due to fertile soils (mainly southern chernozems), a high sum of effective temperatures, an extensive network of channels with low-salt water etc. One of the crops grown using fertigation is corn. The yields of drip irrigated corn in the southern regions of Ukraine are from 16 to 28 t/ha. In this publication, I would like to summarize my experience and experience of some my colleagues in strategies of nitrogen nutrition of drip irrigated corn.

Every nutrient management program (NMP) must follow 4R Nutrient Stewardship. The first R is Right Place. We had observed that the best economical effect gives combination of base dressing, placing in row and fertigation.

Right Rate. For nitrogen dose calculations, reproducible results are obtained by using the equation: $D = 70 \text{ kg/ha} + Y \cdot 15 \text{ kg/ha} - [N_{\text{min}}] - [N_p]$ Where D is the dose of nitrogen (kg/ha), Y is the corn yield t/ha, [Nmin] is the content of nitrate + ammonium nitrogen in the 0-30 cm layer in kg/ha, [Np] is the amount of nitrogen in kg/ha that is expected to become available during the growing season except [Nmin]. [Np] can be determined by different analytical procedures, for example [1]. In the case of a legume forecrop, the recommended nitrogen dose should be reduced by 20-30 kg/ha. Right Source. Ammonium nitrate, urea, potassium and calcium nitrates, and ammonium sulfate can be used as a source of nitrogen. This is combined with the Right Time of application phases during growth season.

However, the situation in the southern regions of Ukraine is currently quite difficult. Almost the entire area affected by combat actions. Many people are killed or have left their places of residence. Many fields are mined or there are military installations on them. Most likely, the drip irrigation market will be practically non-existent this year. According to my estimates, the agricultural market in the south of Ukraine will shrink by 70 % in 2023. In addition, there are major problems with the supply of seeds, fertilisers, and protective equipment. As far as I know, there was a big shortage of fertilisers especially liquid compound fertilisers practically non-available..

Carbon sequestration potential of hedgerow soils – results from 23 hedgerow sites in Germany

Sophie Drexler; Axel Don

¹Thünen-Institut für Agrarklimaschutz

Carbon dioxide removals to mitigate climate change are gaining importance as climate protection goals become more ambitious and urgent, necessitating additional C sinks to reach these goals. One strategy to enhance natural C sinks in agricultural landscapes is the establishment of traditional agroforestry systems such as hedgerows. Recent meta-analyses have shown that hedgerows in the temperate climate zone have the potential to sequester soil organic carbon (SOC) (Drexler et al. 2021 in Reg. Environ. Change, Mayer et al. 2022 in Agric. Ecosyst. Environ.). However, the estimates of these studies were based on little empirical data. We therefore conducted a field sampling campaign at 23 hedgerows sites distributed across Germany with the aim to improve these estimates and to advance our knowledge of C sequestration in hedgerow agroforestry systems. At each hedgerow site, soil samples were taken from both the hedgerow and an adjacent cropland as a reference by soil coring to a depth of 1 m. SOC was measured at six depths intervals (0-5, 5-10, 10-30, 30-50, 50-70 and 70-100 cm). On average, hedgerow soils showed increased SOC stocks compared to adjacent cropland, confirming the SOC sequestration potential with the establishment of hedgerows. The hedgerow sites were selected to cover varying types of hedgerows, hedgerow ages (i.e. time since planting) and soil textures. We show how these factors influence SOC stocks and how the land-use change from cropland to hedgerow affects SOC depth distribution. We will discuss how soil organic matter quality, as indicated by soil C:N ratio, is influenced by hedgerows. The results of this study on the SOC stocks of hedgerows were then used to assess how ecosystem services of agricultural landscape can be synergistically enhanced by establishing new hedgerows at the scale of Germany. Besides C sequestration, erosion control, biodiversity and habitat connectivity were also considered as ecosystem functions of hedgerows. Areas were identified where these multiple benefits of hedgerows can best be combined and corresponding potentials for climate protection were calculated.

„Der Ackerboden“, Boden des Jahres 2023 - Bodenkunde oder Wissenschaftskommunikation?

Klaus Kruse¹; Maike Bosold²

¹ Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe; ² Bundesverband Boden e.V.

Die Aktion „Boden des Jahres“ ist Wissenschaftskommunikation! Für das Jahr 2023 wurde der „Ackerboden“ als Boden des Jahres ausgewählt. Allerdings ist der „Bodentyp Ackerboden“ in der Nomenklatur und Gliederung der deutschen Bodensystematik nicht vorgesehen. Die wissenschaftliche Bodenkunde beschreibt unsere Böden nach einer definierten systematischen Gliederung (siehe auch www.bodensystematik.de). Trotzdem wurde der „Ackerboden“ zum „Boden des Jahres“ 2023 bestimmt. Das ist allerdings nichts Neues. In der Vergangenheit wurde mit der Auswahl des Weinbergsbodens, des Stauwasserbodens, des Kippenbodens oder des Gartenbodens auch kein Bodentyp nach der Bodensystematik ausgewählt. Damit hat man sich schon länger bewusst von der bodenkundlichen Nomenklatur entfernt. Es stellt sich die Frage warum? Weil ein Limit durch die Anzahl der Bodentypen gesetzt ist?

Die Adressaten der Aktion zum „Boden des Jahres“ sind ausdrücklich nicht die Boden-wissenschaftler und -wissenschaftlerinnen, sondern sind die Menschen in der Gesellschaft. Das Thema muss daher für eine medienwirksame und zielgruppenorientierte Kommunikation aufbereitet und kommuniziert werden – im Sinne von Wissenschaftskommunikation. Soll die Kommunikation gelingen, muss ein persönlicher Bezug hergestellt werden. Hier ist die verwendete Sprache von Bedeutung, insbesondere die Vermeidung von Fachsprache und Fachbegriffen. Daher wird in der Aktion „Boden des Jahres“ der gewählte „Boden“ in einer allgemeinverständlichen Sprache und Darstellung präsentiert. Denn erklärtes Ziel der Aktion ist es, zur Bewusstseinsbildung für Böden und ihren Funktionen im Naturhaushalt beizutragen und möglichst viele Menschen zu erreichen. Damit soll die Verantwortung für den Schutz der lebenswichtigen Ressource Boden und ihrer Funktionen verbessert werden. Um dieses zu erreichen muss auch in den Bodenwissenschaften nach den Regeln der Wissenschaftskommunikation gearbeitet/gehandelt werden. In diesem Sinne sind die Aktion „Boden des Jahres“ und der für das Jahr 2023 gewählte „Ackerboden“ Wissenschaftskommunikation aber auch ein Teil der Bodenwissenschaften.

Kann Landnutzung vom Boden her bestimmt werden?

Nikola Patzel

Stellen wir uns vor: Die Böden sollten in Zukunft die menschliche Landnutzung bestimmen. Es sei also bisher in unserem Land nicht wirklich so. Wer könnte dann die Bedürfnisse des Bodens artikulieren? Vielleicht ein Recht auf Leben und ein Bedürfnis nach substanzieller Selbsterhaltung, nach angemessener Ernährung der Bevölkerung (des Bodens!) und nach Vernetzung mit anderen Ökosystemen? Wären dann in unseren Augen alle Böden „gleich an Würde und Rechten“, welche von uns Menschen gesehen werden sollen?

Dieser Beitrag soll Verbindungen spannen zwischen anthropozentrischen und ökozentrischen Vorstellungswelten des Bodens. Naturwissenschaftlich erkannte Grundmuster der Bodenökologie und der Boden-Selbsterhaltung (Boden-selbst-Schutz) werden heute vielleicht standardmäßig durch die menschlichen Bodennutzungen durchkreuzt, auch wenn es zugleich schon viele und langjährige Bemühungen gibt, dass die Böden ihre Nutzungsbedingungen wenigstens mitbestimmen.

Wir kommen hier wieder auf den „inneren und äußeren Boden zurück“ (also auch auf Psyche und Natur) und welche Weltanschauungen heute Bodennutzungsdiskurse mit welchen Folgen und Potenzialen bestimmen. Wie könnten die Böden als Hauptbetroffene da mehr mitbestimmen?

Standortsökologische Eigenschaften in historischen Gärten in Dresden

Ursula Weiß; Georg Richter; Karl-Heinz Feger

Technische Universität Dresden, Institut für Bodenkunde und Standortlehre

Der Große Garten in Dresden und der Schlosspark Pillnitz sind historische Gartenanlagen in Dresden mit sehr vielfältigen Gestaltungselementen. Mit dem Bau der Gartenanlage „Großer Garten“ wurde 1678 begonnen, in der Parkanlage Pillnitz wurde ab 1720 der Lustgarten und Spielegarten errichtet. Beide Anlagen erfuhren über die Jahrhunderte weitere Umwandlungen. Damit einher gingen vielfältige Veränderungen der Bodendecke. Die wertvollen, meist recht alten Baumbestände litten unter den trockenen Jahren 2018 und 2019 und zeigen vermehrt eine Beeinträchtigung der Vitalität. Bäume sterben aufgrund von Stress sowie Krankheit ab.

Das Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) initiierte und fördert ein Investitionsprogramm zur Anpassung urbaner Räume an den Klimawandel. In dem darin eingegliederten Projekt „Klimawandel in historischen Gärten“ erfolgen im Großen Garten und Schlosspark Pillnitz boden- und walderkennungskundliche Untersuchungen. Über die Standortseigenschaften der Böden, die über die Jahrhunderte unterschiedlich stark anthropogen überprägt wurden (u.a. durch Übersättigung, Abgrabung, Bombardierung, Nutzung zum Gemüseanbau nach dem 2. Weltkrieg, Kiesgrube), ist im Gegensatz zur oberirdischen Vegetation nur wenig bekannt.

Nach einer Vorerkundung, u. a. mittels alter Luftbilder und Karten sowie geologischer Schichtverzeichnisse, wurden stufenweise, volumengerechte Bodenproben mittels Kammerbohrer bis in eine Tiefe von 80 cm entnommen. Schwerpunkte waren Standorte mit deutlichen Wachstumsdepressionen bzw. Krankheitssymptomen der Bäume. Im Labor wurden verschiedene chemisch-physikalische Parameter analysiert und anthropogene Zeugnisse (Gebäudeschutt, Keramik, Kunststoffe, Metall) für die jeweiligen Tiefenstufen dokumentiert. Zur Ermittlung der Baumvitalität wurden Kiefernadeln und Blätter verschiedener Laubbaumarten beprobt. In diesem Beitrag werden das Untersuchungskonzept und ausgewählte Ergebnisse dargestellt.

Prof. Dr. Willy Theodor Stöhr - Pionier der Bodenkundlichen Landesaufnahme in Rheinland-Pfalz

Thomas Wiesner

Landesamt für Geologie und Bergbau, Rheinland-Pfalz

Willy Theodor Stöhr (1924-1996) studierte von 1948 bis 1955 Geologie an der Technischen Hochschule Stuttgart. Unter dem Einfluss von Prof. Dr. Eberhard Ostendorff wandte er sich der Bodenkunde zu. Schon im Berufsleben stehend, vollendete er 1959 seine Dissertation über die Böden im nördlichen und nordöstlichen Württemberg.

Nach dem Studium arbeitete Willy Theodor Stöhr etwa zwei Jahre im Geologischen Landesamt Baden-Württemberg an der Erstellung von Bodenkarten aus den Daten der Reichsbodenschätzung.

Im Frühjahr 1957 trat Willy Theodor Stöhr als wissenschaftlicher Sachbearbeiter für Bodenkunde, Standortkartierung und Bodenschätzung in das 1953 gegründete Geologische Landesamt Rheinland-Pfalz ein. Damit war er der erste und von 1957 bis 1968 einzige fest angestellte Bodenkundler im rheinland-pfälzischen Geologischen Dienst.

Nach personellem Zuwachs wurde der seit 1965 verbeamtete Dr. Willy Theodor Stöhr im Jahr 1969 zum Leiter der Bodenkunde ernannt. Bis zu seinem Austritt (1983) blieb Dr. Willy Theodor Stöhr der Bodenkunde im Geologischen Landesamt Rheinland-Pfalz treu.

Zudem war Dr. Willy Theodor Stöhr ab 1976 Lehrbeauftragter für das Fach Bodenkunde am Fachbereich Geowissenschaften der Johannes Gutenberg-Universität Mainz. Auf Grund seiner Verdienste um die akademische Lehre wurde er 1985 zum Honorarprofessor bestellt. Die letzte Lehrveranstaltung von Prof. Dr. Willy Theodor Stöhr fand im WS 1988/89 statt.

Der Vortrag verfolgt die wichtigsten Stationen im Schaffen von Prof. Dr. Willy Theodor Stöhr. Ein Schwerpunkt wird u.a. auf den von ihm erstellten Bodenkarten unterschiedlicher Maßstäbe und seinen publizierten Fachaufsätzen liegen.