

Stofftransport im Boden: Skalenabhängige Streuung der Messungen und Unsicherheit in der Risikoabschätzung

Wolf-Anno Bischoff* & Andreas Schwarz*

Problematik

Der Stofftransport wird in einer thematischen Karte häufig aus bekannten Bodeneigenschaften abgeleitet. Dabei besteht oft das Problem, dass die Überprüfung durch Messungen zu deutlich abweichenden Ergebnissen führt.

Die Gründe dafür können sowohl in der Messung als auch in der theoretischen Ableitung für die Karte liegen. Es kann unzulässig sein, von Boden- auf Transporteigenschaften zu schließen. Oder die punktuellen Messungen zur Überprüfung sind nicht repräsentativ für das bearbeitete Gebiet. Bisher konnte im Einzelfall nur gemutmaßt werden, welcher der beiden Fehler gegebenenfalls überwog.

Eine Auswertung einer großen Anzahl von Stofftransportmessungen soll zur Klärung einen Beitrag liefern.

Fragestellungen:

- Wie groß ist die Variabilität der Stoffflüsse?

- Was bedeutet das für die Gefährdungsabschätzung aus Messungen?

- Was bedeutet das für die Unsicherheit bei generalisierten Aussagen aus Karten?

Material & Methoden

Im Zeitraum von 7 Jahren wurden insgesamt über 3.000 Halbjahresmessungen zum Nitrattransport durchgeführt. Es wurden 47 Standorte mit ca. 120 Bewirtschaftungsvarianten (Kulturen, Dünger, Bearbeitung) in 7 Regionen Deutschlands untersucht.

Der Nitrat-Transport wurde als Sickerfracht in $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{Halbjahr}^{-1}$ mit Selbst-Integrierenden Akkumulatoren gemessen. Bei dieser Methode wird ein Quarzsand-Quarzschluffgemisch mit Adsorbieren seitlich von der Profilwand aus in den ungestörten Boden eingebaut. Danach wird das Profil wieder geschlossen. die oberflächliche Bearbeitung wie zum Beispiel Pflügen und Säen kann dann ungehindert während der Messperiode erfolgen. Aus dem Sickerwasser wird die Zielsubstanz (hier: Nitrat) auf geeigneten Adsorbieren festgelegt, während das Wasser weiter fließt. Danach kann dann die Gesamtmenge des Nitrats von den Adsorbieren extrahiert und gemessen werden.

Die so gewonnenen Daten wurden normiert, um die Streuungsmaße auf unterschiedlichen Skalen vergleichbar auswerten zu können. Als Streuungsmaß wird der Variationskoeffizient = Standardabweichung / Mittelwert verwendet.

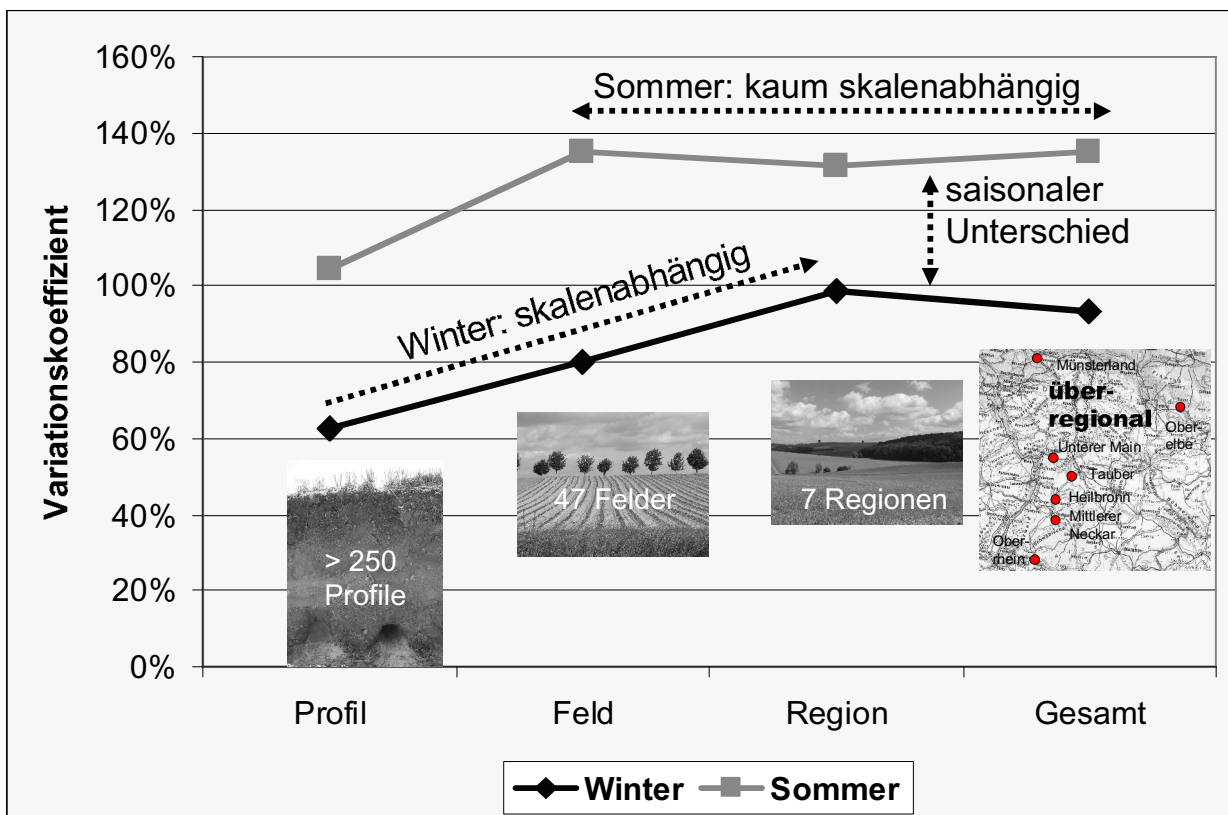


Abb. 1: Änderung des Variationskoeffizienten bei der Messung von halbjährlichen Stoffflüssen (N=3048) durch den Einfluss von Jahreszeit und Größe des untersuchten Gebiets

*Anschrift: Gutachterbüro TerraAquat; Steckfeldstr. 36; 70599 Stuttgart; www.terraquat.com.

Ergebnisse

Die Variationskoeffizienten streuen zwischen 62 % und 135 % (s. Abb. 1). Die Variation der Transporteigenschaften ist dabei skalen- und saisonabhängig. Im Sommerhalbjahr (April - September) ist die Variation höher als im Winterhalbjahr (Oktober - März). Sie nimmt von der Profilskala, also Parallelmessungen im Dezimeter-Bereich, auf die Feldskala (Abstand: 10 – 100 m) schon erheblich zu. Darüber hinaus ist nur im Winterhalbjahr ein weiterer Anstieg der Heterogenität bei den Stoffflüssen zu beobachten.

Im Sommer nimmt die Heterogenität schon auf der Feldskala etwa den Maximalwert von 135 % an. Das bedeutet anschaulich, dass im Durchschnitt zwei beliebige Messungen auf der Feldskala um mehr als das 10fache voneinander abweichen.

Neben der Betrachtung der Heterogenität sind auch die Absolutwerte der Nitratverluste bei unterschiedlichen Landnutzungen interessant (Abb. 2)

Etwa 30 % der Verluste finden im Sommerhalbjahr statt. Der Gemüsebau benötigt aufgrund der Qualitätsanforderungen an die Kulturen die höchsten N-Gaben. Entsprechend sind die jährlichen N-Verluste mit 120 kg/ha höher als im Ackerbau (43 kg/ha) und im Wald (8 kg/ha) auf den untersuchten Flächen.

Diskussion & Schlussfolgerungen

Aus der Skalenabhängigkeit der Stoffflüsse folgt zunächst, dass die Skala bei der Regionalisierung zumindest in Form der wachsenden Streuung/Unsicherheit berücksichtigt werden muss. Weiter benötigt man, wenn Ableitungen aus thematischen Karten mit Messungen überprüft werden sollen, viele Messwiederholungen, um die Flächenmittelwerte mit annehmbar kleinem Fehler schätzen zu können

Jedoch ergeben sich auch Anhaltspunkte, die den Schluss von Boden- auf Transporteigenschaften als problematisch erscheinen lassen. So zeigt die relative Skalenunabhängigkeit im Sommer, dass Standortunterschiede zwischen Feldern sich zwar im Absolutniveau, nicht aber in der Streuung unterscheiden.

Die Unterschiede zwischen Sommer und Winter erklären sich aus den unterschiedlichen Fließregimen. Im (normalen) Winter ist über eine längere Zeit der größte Teil des Porensystems am Wasser- und Stofftransport beteiligt. Struktur- und Texturunterschiede verursachen unterschiedliche Leitfähigkeitsverteilungen. Im Sommer nehmen nach Starkregen hauptsächlich die größten Poren am Stofftransport teil. Sie haben überall grob ähnliche Leitfähigkeiten, so dass die Skala keine Rolle spielt. Die Gesamtheterogenität wächst, weil an vielen Messpunkten im Sommer überhaupt kein Stofftransport stattfindet und an anderen sehr viel.

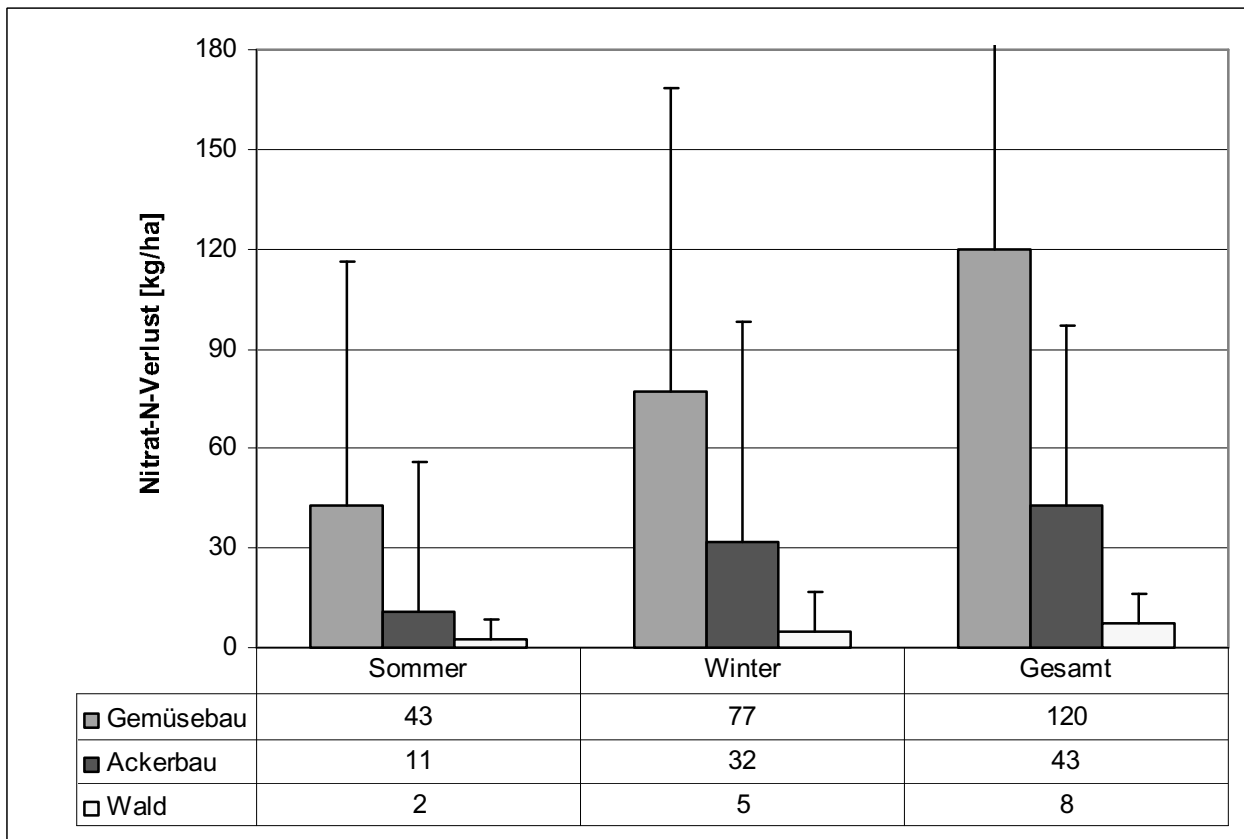


Abb. 2: Mittlere Nitrat-N-Verluste im Winter- und Sommerhalbjahr bei unterschiedlichen Landnutzungen (Fehlerbalken = Standardabweichung) von insgesamt 47 Standorten.