

Tagungsbeitrag zu: Jahrestagung der DBG
Titel der Tagung: Unsere Böden - Unser Leben
Veranstalter: DBG
Termin und Ort: 5. – 10. September 2015, München
Berichte der DBG (nicht begutachtete online Publikation)
<http://www.dbges.de>

Vergleich von Berechnungsansätzen zur standortspezifischen Ermittlung der Stickstoff-Mineralisation von Ackerböden

Seith, Theresa¹ & Dr. Beisecker, Richard¹

Schlüsselworte

N-Nachlieferung, gewässerschonende N-Düngung, organische Bodensubstanz

Veranlassung und Zielsetzung

Die Stickstoff (N)-Nachlieferung des Bodens als Differenz aus N-Mineralisation und N-Immobilisierung wird beeinflusst von Standortfaktoren wie Bodengüte, Humusgehalt, Witterung sowie von der Bewirtschaftungsweise in Form von angebauter Kultur und Düngung (organisch/mineralisch). Sie spielt eine wichtige Rolle für den N-Haushalt und die Ernährung der Pflanzen. Trotz intensiver Düngung in Wasserschutzgebieten Kooperationen werden nach wie vor hohe N-Überschüsse festgestellt, da die standortspezifische N-Nachlieferung nicht genau bekannt ist und somit häufig Sicherheitszuschläge bei der N-Düngung gegeben werden. Mit den erzielten Ergebnissen soll die standortspezifische N-Nachlieferung des Bodens zur Verbesserung der gewässerschonenden N-

Düngebedarfsermittlung abgeschätzt werden, um die N-Überschüsse und die Nitratauswaschung ins Grundwasser nachhaltig vermindern zu können.

Vorgehen

Im Rahmen des DVGW-F- und E-Vorhabens "N-Nachlieferung" (BEISECKER et al., 2015) wurden auf acht Praxisschlägen in Südhessen und NRW jeweils zwei Messplätze für drei Jahre eingerichtet und in drei Tiefenstufen (15, 30 und 45 cm) Bodentemperatur und Bodenfeuchte gemessen. Monatlich wurden begleitend Boden- und Pflanzenproben genommen. Alle Flächen liegen im Tiefland mit einer verhältnismäßig hohen Jahresmitteltemperatur und hohen Niederschlägen. Das Spektrum der Bodeneigenschaften umfasst Sand-, Lehm und Tonböden, was sich auch in den Ackerzahlen von 20 bis 79 widerspiegelt. Die N-Mineralisation (MIN_N) wurde für die 16 Messplätze für die Jahre 2012 bis 2014 berechnet.

Berechnung der N-Mineralisation

Die Berechnungen beruhen auf der Mineralisationsfunktion mit einer Reaktionskinetik 1. Ordnung nach STANFORD & SMITH (1972):

$$MIN_N(t) = N_{slow} \cdot (1 - e^{-k_{slow}(T,\theta) \cdot t}) + N_{fast} \cdot (1 - e^{-k_{fast}(T,\theta) \cdot t})$$

Diese Gleichung wurde durch verschiedene Inkubations- und auch Freilandversuche bestätigt (z.B. MOLINA et al., 1980; FRANKO, 1997 oder HEUMANN, 2003) und weitere Arbeiten zeigen, dass die N-Mineralisation am besten über eine Gleichung beschrieben wird, die zwei unterschiedliche N-Pools mit unterschiedlichen Abbauraten (k_{fast} , k_{slow}) berücksichtigt:

¹ Ingenieurbüro für Ökologie und Landwirtschaft (IfÖL), Windhäuser Weg 8, 34119 Kassel
Kontakt: ts@iföel.de

N_{slow} : langsam abbaubare N-Fraktion aus organischer Bodensubstanz, schwer zersetzbaren Pflanzenrückständen und organischen Düngern

N_{fast} : schnell abbaubare N-Fraktion aus leicht abbaubaren N-Verbindungen der frischen Ernterückstände

Basierend auf dieser Gleichung wurde die N-Mineralisation nach zwei verschiedenen

Ansätzen berechnet, bei denen die Eingangsparmeter unterschiedlich abschätzt werden (Tabelle 1):

- I. Ansatz nach NORDMEYER & RICHTER (1985) (*N&R*), auf dem auch das N-Simulationsmodell *HERMES* (KERSEBAUM, 1989) basiert
- II. Ansatz von *Heumann* (HEUMANN et al., 2011a, b)

Tabelle 1: Übersicht der Eingangsparmeter zur Berechnung der N-Mineralisation nach den Ansätzen NORDMEYER & RICHTER (1985) und HEUMANN et al. (2011a, b)

Mineralisationsparameter	Ansatz I) NORDMEYER & RICHTER (1985) HERMES nach KERSEBAUM (1989)	Ansatz II) HEUMANN et al. (2011a, b)
N_{slow} Poolgröße der langsam abbaubaren N-Fraktion	Faustformel $N_{slow} = 13\% (N_t)$ $N_t = \text{Gesamtstickstoffgehalt}$	Pedotransferfunktion $N_{slow} = 202,0 + 4,55 \cdot \text{Tongehalt} + 173,4 \cdot N_t$ Ton = Tongehalt $N_t = \text{Gesamtstickstoffgehalt}$
N_{fast} Poolgröße der schnell abbaubaren N-Fraktion	Faustformel $N_{fast} = \text{N-Gehalt in Ernteresten Hauptfrucht und Zwischenfrucht mit kulturartsspezifischem Ernterestfaktor}$	Pedotransferfunktion $N_{fast} = 189,4 + 0,425 \cdot \text{Tongehalt} - 12,6 \cdot \text{mft}$ Ton = Tongehalt mft = mittlere Herbsttemperatur
k_{slow} Reaktionskoeffizient des langsam abbaubaren N-Pools	Inkubationsexperimente $k_{slow} = 4 \cdot 10^9 \cdot e^{\left(\frac{-8400}{T+273}\right)}$ T = Temperatur	Inkubationsexperimente $k_{slow} = 1,34 \cdot 10^{-5} + 1,12 \cdot 10^{-6} \cdot T^{2,5} - 1,38 \cdot 10^{-7} \cdot T^3$ T = Temperatur
k_{fast} Reaktionskoeffizient des schnell abbaubaren N-Pools	Inkubationsexperimente $k_{fast} = 5,6 \cdot 10^{12} \cdot e^{\left(\frac{-9800}{T+273}\right)}$ T = Temperatur	Inkubationsexperimente $k_{fast} = 3,90 \cdot 10^{-3} + 3,23 \cdot 10^{-6} \cdot T^{2,5} + 3,59 \cdot 10^{-17} \cdot e^T - 3,90 \cdot 10^{-3} \cdot e^{-T}$ T = Temperatur
Reduktionsfaktor für k in Abhängigkeit des Wassergehaltes	Faktor zwischen 0 und 1 für $pF < 1,8$ und $pF > 2,5$	WG < 3,2 $RF_{\theta} = 0$ 3,2 - 22,0 $RF_{\theta} = -0,1721 + 0,05328 \cdot \theta$ 22,0 - 39,0* $RF_{\theta} = 1$ * 22,0 - 35,0 für $T \geq 20^{\circ}\text{C}$

Ergebnisse und Diskussion:

Die N-Poolgrößen der Messplätze in Abhängigkeit der Hauptbodenart lassen sich in zwei Gruppen unterteilen: leichte Sand- und Schluffböden mit einem N_{slow} -Pool von im Mittel 700 kg N ha^{-1} und schwere Lehm- und Tonböden mit durchschnittlich $1200 \text{ kg N ha}^{-1}$.

Im Vergleich der Ansätze haben die schweren Böden nach von HEUMANN et al. (2011b) einen deutlich höheren N_{slow} - und N_{fast} -Pool, da der Tongehalt direkt in die Berechnung eingeht. Allerdings ist für diese Böden die Stichprobenanzahl gering, so dass weitere statistische Auswertungen nicht sinnvoll sind.

Die berechnete mittlere jährliche Gesamt-Mineralisation aus beiden Bodenpools ($\text{MIN}_{\text{N}\Sigma}$) nach den verschiedenen Ansätzen liegt bei 175 kg N ha^{-1} . Allerdings gibt es große Differenzen zwischen den Ansätzen *N&R* und *HERMES* im Vergleich mit dem Ansatz nach Heumann. Nach Heumann hat die Mineralisation aus dem N_{fast} -Pool ($\text{MIN}_{\text{Nfast}}$) einen Anteil von 67,7% an $\text{MIN}_{\text{N}\Sigma}$. Die Ergebnisse nach

N&R und *HERMES* lassen sich nicht signifikant voneinander unterscheiden. Hier macht $\text{MIN}_{\text{Nfast}}$ nur 21% der $\text{MIN}_{\text{N}\Sigma}$ aus.

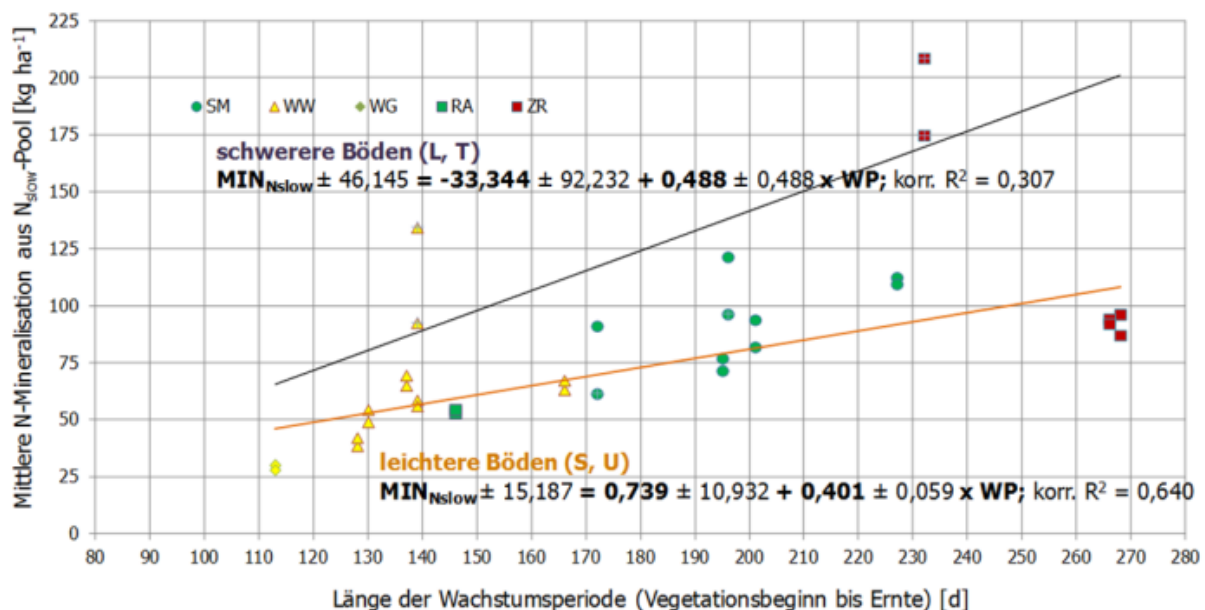
Der Hauptunterschied der Ansätze ist, dass bei Heumann $\text{MIN}_{\text{Nfast}}$ die bedeutende Rolle spielt. Hingegen macht nach *HERMES* und *N&R* $\text{MIN}_{\text{Nslow}}$ den Hauptanteil der jährlichen $\text{MIN}_{\text{N}\Sigma}$ aus.

Rangkorrelationsanalysen der jährlichen MIN_{N} zwischen *N&R* und Heumann zeigen gute Korrelationen für $\text{MIN}_{\text{N}\Sigma}$ und $\text{MIN}_{\text{Nslow}}$ mit $R^2 = 0,63$ und $0,67$. Für $\text{MIN}_{\text{Nfast}}$ konnte erwartungsgemäß kein Zusammenhang zwischen beiden Ansätzen gefunden werden.

Ferner wurde der Einfluss der Bodeneigenschaften C_{org} , N_t - und Tongehalt auf $\text{MIN}_{\text{Nslow}}$ untersucht. Für den C_{org} -Gehalt konnten signifikant positive Korrelationen mit den Ansätzen *N&R* und *HERMES* nachgewiesen werden. Der N_t -Gehalt korreliert mit allen drei Ansätzen, der Tongehalt nur mit $\text{MIN}_{\text{Nslow}}$ nach *N&R* und nach Heumann. (Rangkorrelation nach Spearman $R^2 = 0,81$).

Ein Einfluss der Kulturart auf die $\text{MIN}_{\text{N}\Sigma}$

Abbildung 1: Regressionen zwischen der Dauer der Wachstumsperiode und der berechneten $\text{MIN}_{\text{Nslow}}$ (*HERMES*) für leichtere und schwerere Böden der Feldmessflächen



wurde über die kulturartsspezifische Wachstumsperiode (Vegetationsbeginn bis Ernte) geprüft. Es konnten Mittelwerte für die zu erwartende $MIN_{N\Sigma}$ für die jeweilige Erntekultur aus den Datensätzen der drei Jahre ermittelt werden (Tabelle 2).

Tabelle 2: Berechnete mittlere kulturartsspezifische N-Gesamtmineralisation nach *HERMES*, *N&R* und *Heumann* in der Wachstumsperiode

Kulturart	$\bar{\varnothing} MIN_{N\Sigma} [kg N ha^{-1}]$
Wintergerste	42
Winterraps	54
Winterweizen	96
Silomais	127
Zuckerrübe	156

Aus MIN_{Nslow} nach *HERMES* und der Länge der Wachstumsperiode der einzelnen Kulturen und Feldmessflächen als Einzelwerte konnten zwei getrennte Regressionsgleichungen, einmal für die leichteren Sand- und Schluffböden und zum anderen für die schwereren Lehm- und Tonböden, berechnet werden (Abbildung 1):

Für die Regressionsanalysen liegen von den schwereren Lehm- und Tonböden deutlich weniger Einzelwerte vor, so dass diese Regressionsgleichung unsicherer ist und durch weitere Untersuchungen untermauert werden sollten.

Fazit

Die N-Mineralisation konnte mit allen Ansätzen für die Feldmessflächen berechnet werden. Trotz signifikant unterschiedlicher Gewichtung der MIN_{Nfast} und MIN_{Nslow} führen die zwei verschiedenen Ansätze zu einer vergleichbaren jährlichen Gesamtmineralisation. Daher ist es mit den vorliegenden Daten schwierig, einen Ansatz zu favorisieren. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der Einfluss der Kultur auf die N-Mineralisation hinreichend über die Dauer der kulturartsspezifischen

Wachstumsperiode erfasst und abgeschätzt werden kann. Die Ergebnisse können auch in der gewässerschonenden N-Düngeberatung eingesetzt werden.

Literatur:

Beisecker, R.; Piegholdt, C.; Seith, T. & Helbing, F. (2015): Abschätzung der standortsspezifischen Stickstoffnachlieferung zur Optimierung der gewässerschonenden Stickstoff-Düngung – Band II: Textband (Auswertungen und Ergebnisse); Vorläufiger Abschlussbericht zum DVGW-Forschungsvorhaben W1-01-11; Kassel.

Franke, U. (1997): Modellierung des Umsatzes der organischen Bodensubstanz. *Arch. Acker- Pfl. Boden*, 41, 527–547.

Heumann, S. (2003): Parameterizing net N mineralization in NW German sandy arable soils with different former land-uses. Dissertation, Universität Hannover.

Heumann, S.; Ringe, H. & Böttcher, J. (2011a): Field-specific simulations of net N mineralization based on digitally available soil and weather data. I. Temperature and soil water dependency of the Heumann, S.; Ringe, H. & Böttcher, J. (2011b): Field-specific simulations of net N mineralization based on digitally available soil and weather data. II. Pedotransfer functions for the pool sizes. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 91, 339-350.

Kersebaum, K. C. (1989): Die Simulation der Stickstoff-Dynamik von Ackerböden. Dissertation, Universität Hannover.

Molina, J.A.E.; Clapp, C.E. & Larson, W.E. (1980): Potentially mineralizable nitrogen in soil: the simple exponential model does not apply for the first 12 weeks of incubation. *Soil Science Society of America Journal*, 44, 442-443.

Nordmeyer, H. und Richter, J. (1985): Incubation experiments on nitrogen mineralization in loess and sandy soils. *Plant and Soil*, 83, 433-445.

Nuske, A. (1983): Ein Modell für die Stickstoff-Dynamik von Acker-Lößböden im Winterhalbjahr – Messungen und Simulationen. Dissertation, Universität Hannover.

Stanford, G. & Smith, S.J. (1972): Nitrogen mineralization potentials of soils. *Soil Science Society of America Journal*, 36, 465-472.