

N-Mineralisation beim Brutversuch korrelierte eng mit dem C/N-Verhältnis

Die Ergebnisse – kurzgefasst

Am Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) in Dresden-Pillnitz wurde im Winter 2013/2014 ein Brutversuch mit zwei Handelsdüngern tierischer Herkunft, zwei gemüsebaulichen Ernterückständen sowie zwei Gründüngungspflanzen durchgeführt. Die Bebrütung mit Oberbodenmaterial eines Lehmbodens wurde bei 15°C über 14 Wochen durchgeführt.

Die N-Mineralisation der Düngemittel mit relativ engem C/N-Verhältnis verlief bis zum 25. Tag nahezu linear, flachte dann aber mehr oder weniger schnell ab. Insgesamt konnten die Mineralisationsverläufe sehr gut mit 'monomolekularen Funktionen' beschrieben werden. Phacelia-Material mit einem weiten C/N-Verhältnis von 27 führte zu einer N-Immobilisation. Ein Dünger auf Schafwollbasis sowie Buschbohnen-Ernterückstände zeigten eine verzögert einsetzende Mineralisation, die sich gut mit einer logistischen Funktion beschreiben ließ.

Die mit Hilfe der Funktionen geschätzte maximale Netto-N-Mineralisation lag, je nach Düngemittel, zwischen -16 (Phacelia) und 55 % (Haarmehl-Pellets) und korrelierte sehr eng mit dem C/N-Verhältnis der Materialien.

Versuchsfrage und Versuchshintergrund

In einem Brutversuch mit verschiedenen organischen Handelsdüngern (LABER 2013) zeigte sich bei einem Dünger auf Schafwollbasis ein im Vergleich mit den anderen getesteten Düngern 'ungewöhnlicher' Mineralisationsverlauf. Dieser sollte in einem von Gartenbaustudenten der HTW Dresden-Pillnitz betreuten Versuch überprüft werden. Gleichzeitig wurden verschiedene pflanzliche Materialien sowie ein in der Praxis verbreitet angewendeter organischer Handelsdünger untersucht.

Material und Methoden

Um den Mineralisationsverlauf bei 'üblicher' Düngerkonzentration zu untersuchen, wurde bei dem Brutversuch eine Düngung von 100 kg Gesamt-N/ha (100 kg N_t/ha) bei 10 cm tiefer Einarbeitung simuliert. Unter derartigen Bedingungen beträgt die Nährstoffmenge in der Einarbeitungsschicht 100 mg N_t/l Boden bzw. 66,7 mg N_t/kg Boden_{trocken}, wenn eine Ausgangsdichte d_B von 1,5 kg/l unterstellt wird.

Das Fassungsvermögen der verwendeten Vierecktöpfe ('Rosentöpfe' aus PP, ca. 12 × 12 × 20 cm) entsprach rund 2,25 kg Boden_{trocken}. In das Bodenmaterial (A_p-Horizont) des schwach sandigen Lehms (17,4 % Ton, 41,7 % Schluff, 40,9 % Sand; C_t: 1,17 %) wurden entsprechend den zuvor analysierten N_t-Gehalten jeweils die erforderliche Menge an Dünger eingemischt (Tab. 1).

Das pflanzliche Material war im Vorfeld mit einem handelsüblichen Gartenhäcksler geschreddert und damit auch homogenisiert worden. Bis zum Ansatz des Brutversuchs wurde es bei -18 °C eingefroren. An einer Teilprobe von rund 150 g wurde der Trockensubstanzgehalt durch Trocknung bei 105 °C ermittelt. Das getrocknete Material sowie die Handelsdünger wurden vermahlen und auf deren N_t- und C_t-Gehalt hin untersucht. Damit lag zum Zeitpunkt des Versuchsansatzes der N_t-Gehalt der Düngemittel vor. Die eingefrorenen pflanzlichen Materialien wurden vor der Einarbeitung in den Boden angetaut.

N-Mineralisation beim Brutversuch korrelierte eng mit dem C/N-Verhältnis

Tab. 1: Herkunft sowie analysierte Stickstoff- und Kohlenstoff-Gehalte der verwendeten organischen Düngemittel

	Gründüngung		Ernterückstände		org. Handelsdünger ³⁾	
	Phacelia ¹⁾	Luzerne ²⁾	Gemüse- erbsen	Busch- bohnen	floraPell ⁴⁾	Haarmehl- Pellets
Herkunft	Versuchsfeld DD-Pillnitz				DS ⁶⁾	B&B ⁵⁾
TS-Gehalt [%]	11,7	14,9	20,0	18,8	–	–
N_t [% i. d. TS]	1,53 ⁷⁾	4,22	3,42	2,68	12,00 ⁸⁾	14,00 ⁸⁾
C_t [%i. d. TS]	41,3	42,4	43,9	42,0	44,4 ⁸⁾	48,8 ⁸⁾
C/N-Verhältnis	27,0	10,0	12,8	15,7	3,7	3,5
Einwaage [g/1,5 l]	54,3	23,8	21,9	29,7	1,25	1,07

- 1): Gründungsbestand, fortgeschrittene Blüte; 2): mehrjähriger Bestand, Entnahme bei Beginn Blüte;
 3): gleiche Partien wie im Vorversuch; 4): pelletierte Roh-Schafwolle; 5): Beckmann & Brehm GmbH, Beckeln;
 6): DS Technologie Entwicklungs- und Betriebsgesellschaft mbH, Lauchhammer;
 7): der N-Gehalt lag zu Versuchsbeginn nicht vor. Die Düngerbemessung erfolgte auf Basis einer Schätzung, so dass tatsächlich nur 43,04 mg N_t/kg Boden_{trocken} bzw. 64,6 kg N/ha gedüngt wurden; 8): bezogen auf das Originalprodukt

Aufgrund anhaltend feuchter Witterungsbedingungen stand leider nur sehr feuchtes Bodenmaterial (s.u.) zur Verfügung. Das Bodenmaterial war zuvor durch mehrmaliges Umschäufeln homogenisiert worden. Dabei wurden auch die nur in geringen Mengen vorhandenen Streubestandteile sowie Regenwürmer etc. entfernt. An einer Teilprobe wurde durch Trocknung bei 105°C ein Wassergehalt von 18,7 Gew.-% ermittelt, so dass für jeden Topf 2,671 kg [1,5 l × 1,5 kg/l × 1,187] Boden eingewogen werden mussten.

Das Bodenmaterial wurde mit der jeweiligen Düngermenge intensiv vermischt und dann in die Töpfe überführt. Um ein Herausrieseln von Bodenmaterial durch die Abzugslöcher der Töpfe zu verhindern, war zuvor der Topfboden mit einem Stück handelsüblichem 17-g-PP-Verfrühungsvlies abgedeckt worden. Für jeden geplanten Untersuchungstermin wurden zwei Töpfe gefüllt (zwei Wiederholungen), für die 'Kontrolle' wurde entsprechend ungedüngtes Bodenmaterial eingefüllt.

Das Bodenmaterial sollte auf eine nutzbare Feldkapazität (nFK) von 70 % eingestellt werden. Diese entsprach bei einer aus Bewässerungsversuchen bekannten nutzbaren Feldkapazität des Standortes von 12,8 Vol.-% und einem abgeschätzten Totwassergehalt von 14,4 % einem Wassergehalt von 23,4 Vol.-% [0,7 × 12,8 Vol.-% + 14,4 Vol.-%] bzw. 15,6 Gew.-%. Mit einem aktuellen Wassergehalt von 18,7 Gew.-% (= 28,0 Vol.-%) lag der Bodenwassergehalt aber zunächst etwa bei Feldkapazität. Erst nach einigen Wochen wurde durch Verdunstung der angestrebte Wassergehalt von 70 % nFK erreicht. In der Folge wurden dann die Töpfe wöchentlich mit entmineralisiertem Wasser auf ein Bodengewicht von 2,600 kg [1,5 l × 1,5 kg/l × 15,6 Gew.-%] mit Hilfe einer Spritzflasche aufgefüllt. Dabei betrug der auszugleichende Wasserverlust zumeist nicht mehr als 20-40 ml/Topf.

Die gefüllten Töpfe wurden in Kunststoff-Gitterkisten gestellt, innerhalb der Kisten für einen Probenahmetermin waren die Töpfe zufällig verteilt. Die Töpfe bzw. Kisten wurden in eine Kühlzelle mit Heizmöglichkeit bei konstant 15°C im Dunklen aufgestellt. Diese Temperatur entspricht in etwa der am Standort gemessenen mittleren Bodentemperatur in 5 cm Tiefe des Monats Mai.

N-Mineralisation beim Brutversuch korrelierte eng mit dem C/N-Verhältnis

Um insbesondere bei den oberen Töpfen einen übermäßigen Wasserverlust durch Verdunstung zu verhindern, wurde der Kistenstapel mit einer handelsüblichen 500er-PE-Lochfolie abgedeckt. In den ersten ein bis zwei Wochen liefen in den Töpfen einige Unkräuter auf, die sich aber auf Grund der Dunkelheit nur zu 'weißen Fäden' entwickeln konnten. Diese wurden herausgezogen und auf der Bodenoberfläche abgelegt.

Zu den Probenahmeterminen wurden die jeweiligen Töpfe einzeln in einen Eimer entleert und das Bodenmaterial intensiv durchmischt. Eine Teilprobe von ca. 400 bis 500 g wurde bis zur N_{\min} -Analyse bei -18°C eingefroren. Die N_{\min} -Analyse ($\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$) erfolgte nach der gängigen Methode für Freilandböden (VDLUFA-Methode A 6.1.4.1, Methodenbuch Band I).

Die (scheinbare) Netto-N-Mineralisation [$\text{mg } N_{\min}/\text{kg Bodentrocken}$] zum Zeitpunkt t errechnete sich aus dem gefundenen N_{\min} -Gehalt der Düngervariante [$\text{mg } N_{\min}/\text{kg Bodentrocken}$] abzüglich des über die beiden Wiederholungen gemittelten N_{\min} -Gehaltes der ungedüngten Kontrolle zum Zeitpunkt t . Dieser Wert wurde in Relation zur ursprünglich gedüngten N-Menge ($66,7 \text{ mg } N_t/\text{kg Bodentrocken}$ bzw. ggf. davon abweichender Werte vgl. Tab. 1) gesetzt und als Prozentwert ausgegeben.

Der zeitliche Verlauf der Netto-N-Mineralisation wurde, soweit möglich, mit Hilfe von so genannten 'monomolekularen' Funktionen ('Reaktion erster Ordnung') beschrieben. Da an den Düngern nicht der $\text{NO}_3\text{-N}$ - und $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalt ermittelt werden konnte, wurde als Ausgangswert (N_0) ein Startwert von 0 zugrunde gelegt. Die Anpassung der Funktionen an die Messwerte erfolgte mit dem 'Solver' des Kalkulationsprogramms 'Excel'.

Ergebnisse im Detail

In der ungedüngten Kontrolle wurde, umgerechnet auf eine Bodenschicht von 30 cm, eine N-Nachlieferung von durchschnittlich $1,12 \text{ kg N/ha}$ pro Tag bzw. $7,8 \text{ kg N/ha}$ pro Woche ermittelt (Abb. 1). Dieser Wert liegt, im Gegensatz zum Vorversuch, leicht über der 'gängigen Faustzahl' von 5 kg N/ha pro Woche. Die gefundenen $\text{NH}_4\text{-N}$ -Mengen lagen maximal bei $0,5 \text{ kg N/ha}$.

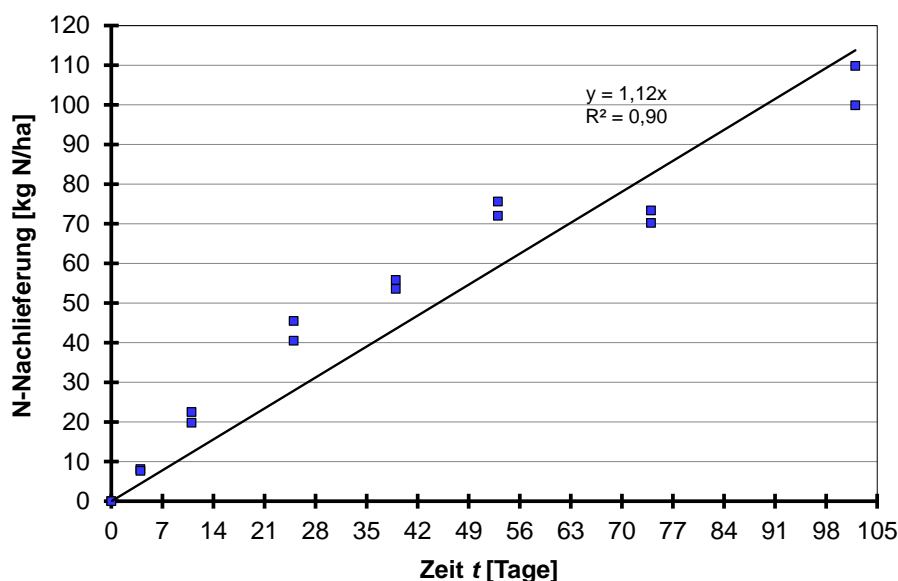


Abb. 1: Verlauf der N-Nachlieferung während der Bebrütungszeit in der ungedüngten Kontrolle (Berechnet auf eine Schichtdicke von 30 cm)

N-Mineralisation beim Brutversuch korrelierte eng mit dem C/N-Verhältnis

Die Netto-N-Mineralisation lief bei den **Haarmehl-Pellets** weniger 'zügig' als im Vorversuch an (Abb. 2), erreichte aber mit einem N_{max} von 54,5 % sogar noch einen etwas höheren Wert als im Vorjahr (Abb. 3). Zunächst verlief auch bei der **Luzerne** und den Erbsen-Ernterückstände (**Erbsen-ER**) die Mineralisation ähnlich wie bei den Haarmehl-Pellets, flachte dann aber nach rund 40 Tagen deutlich ab (Abb. 4 und 5). Insgesamt zeigten diese Düngemittel bis zum 25. Tag einen nahezu linearen Mineralisationsverlauf.

Bei den **Schafwollpellets** ('floraPell') setzte die Mineralisation wie im Vorversuch verzögert ein („lag-Phase“), insgesamt konnte hier der Mineralisationsverlauf gut mit einer logistischen Funktion (diese ist allerdings nur bei einem Startwert $N_0 > 0$ definiert) beschrieben werden (Abb. 6). Mit 44,1 % wurde ein um rund 6 %-Punkte höheres N_{max} als im Vorversuch ermittelt. Auch die **Bohnen-ER** zeigten zunächst eine geringe, kurzfristig sogar leicht negative N-Freisetzung (= N-Immobilisation) (Abb. 7).

Die **Phacelia** führte schnell zu einer dann dauerhaft anhaltenden N-Immobilisation (Abb. 8), die absolut (aufgrund der hier abweichenden Düngergabe von umgerechnet 64,6 kg N_t/ha) bei durchschnittlich 10,5 kg N/ha lag. Bei diesem Material errechnete sich bedingt durch relativ hohe Mineralisationswerte (bzw. eine nur geringe N-Immobilisation) am vorletzten Probenahmetermin nur eine geringe Korrelation mit einem monomolekularen Reaktionsverlauf (ohne die Daten des vorletzten Termin liegt das R² bei einem N_{max} von -18,1 bei 0,85). Aber auch die anderen Düngemittel (Ausnahme Luzerne) zeigten am vorletzten Termin einen 'Peak', der sich durch die relativ geringen N_{min} -Mengen in der Kontrolle (vgl. Abb. 1) an diesem Termin ergibt.

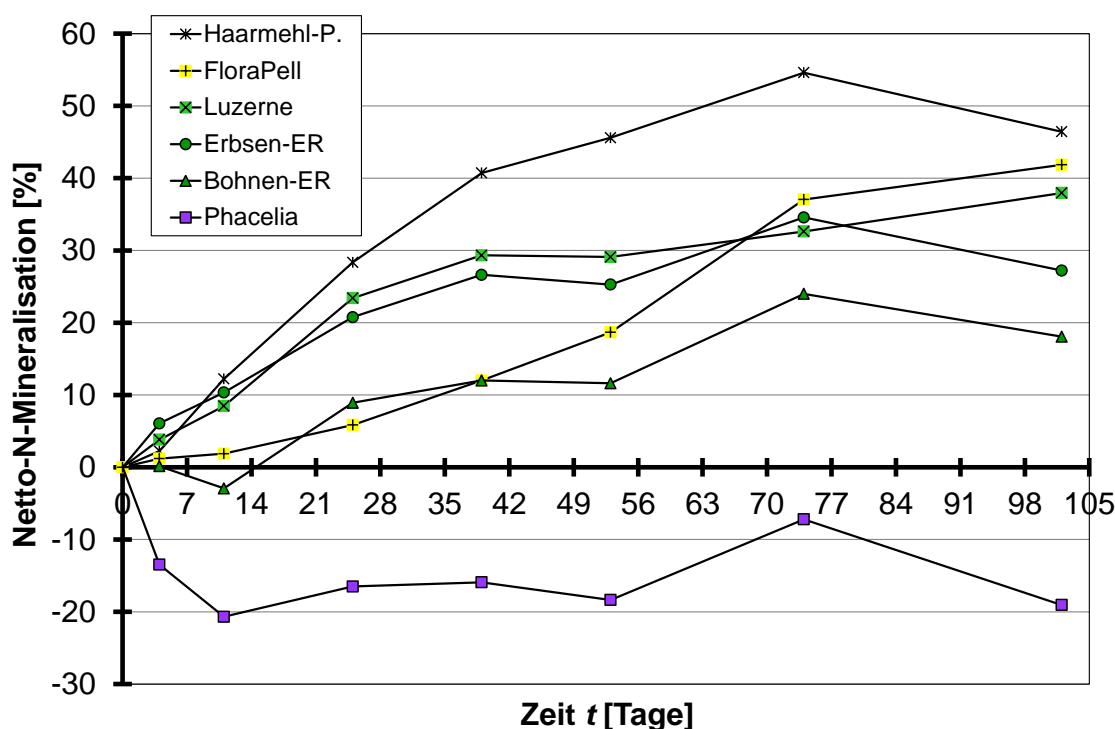


Abb. 2: Verlauf der Netto-N-Mineralisation bei den getesteten Düngern
(Mittelwerte über die Wiederholungen)

N-Mineralisation beim Brutversuch korrelierte eng mit dem C/N-Verhältnis

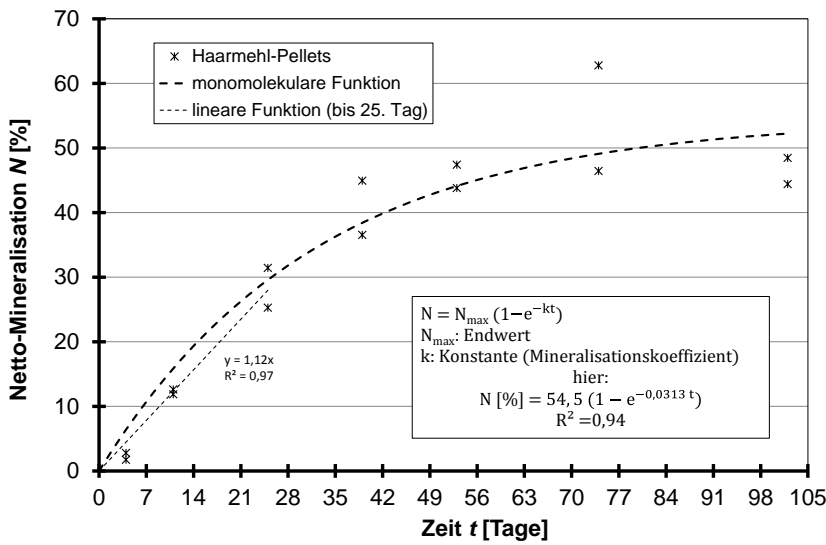


Abb. 3: Verlauf der Netto-N-Mineralisation bei Haarmehl-Pellets

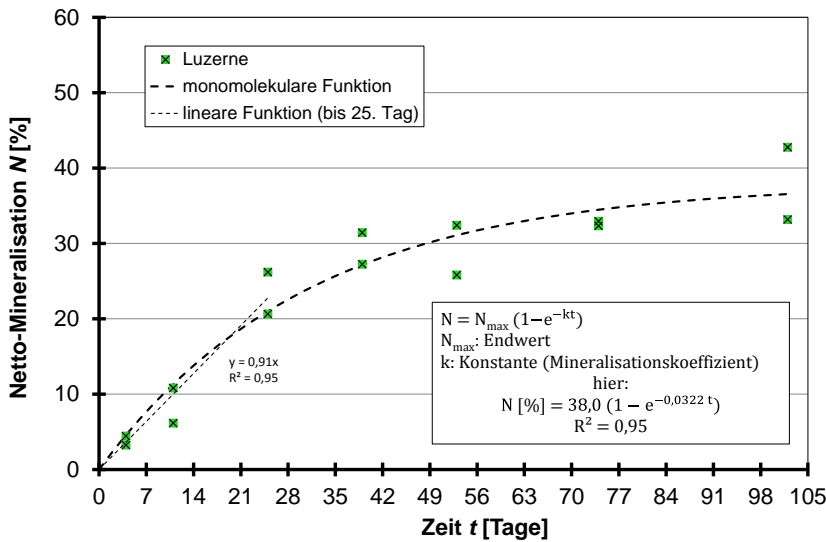


Abb. 4: Verlauf der Netto-N-Mineralisation bei Luzerne

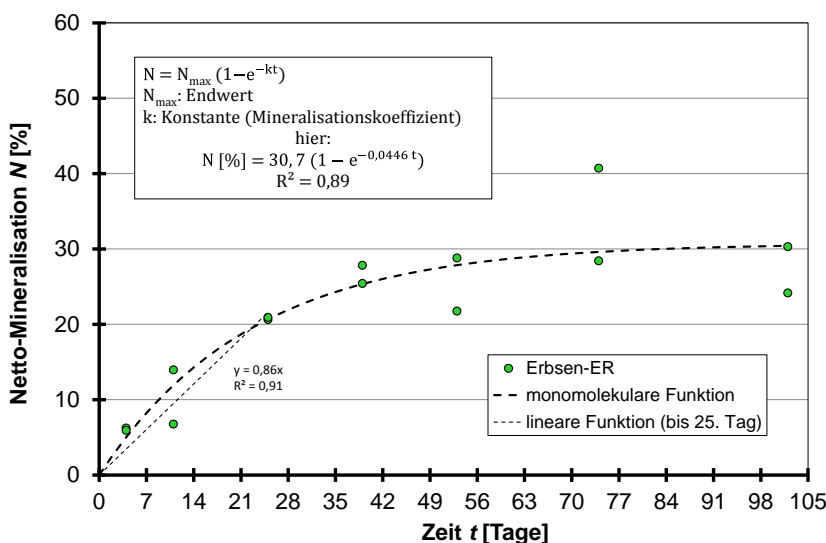


Abb. 5: Verlauf der Netto-N-Mineralisation bei Erbsen-Erterückständen

N-Mineralisation beim Brutversuch korrelierte eng mit dem C/N-Verhältnis

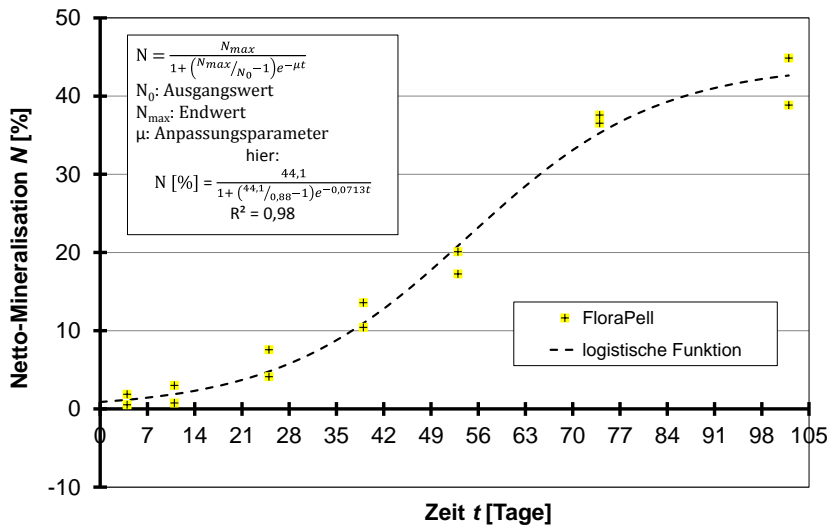


Abb. 6: Verlauf der Netto-N-Mineralisation bei Schafwollpellets ('floraPell')

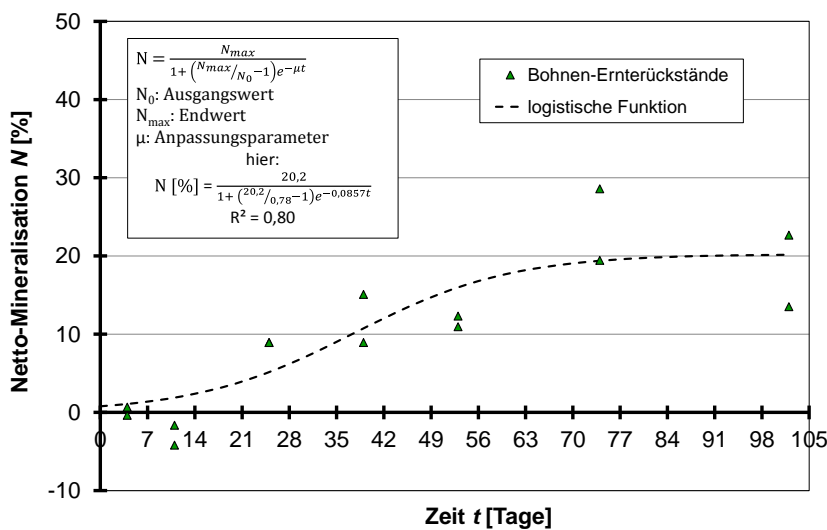


Abb. 7: Verlauf der Netto-N-Mineralisation bei Bohnen-Ernterückständen

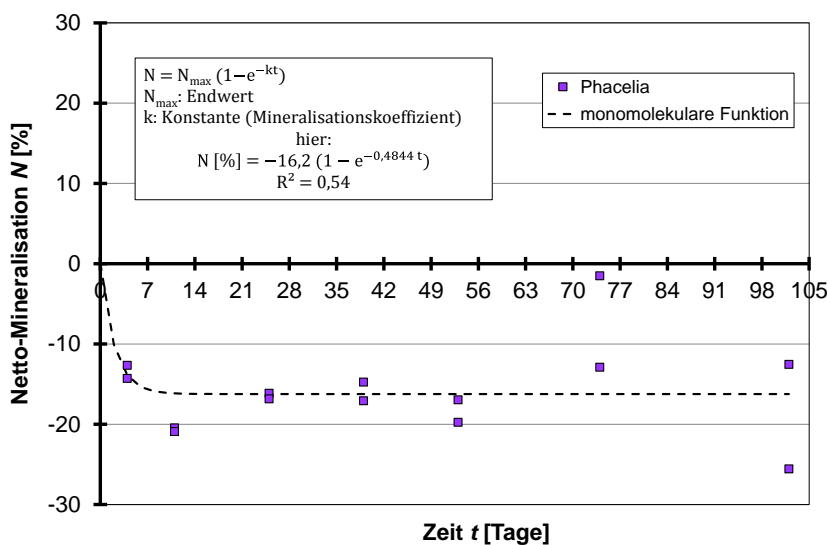


Abb. 8: Verlauf der Netto-N-Mineralisation (hier N-Immobilisation) bei Phacelia

N-Mineralisation beim Brutversuch korrelierte eng mit dem C/N-Verhältnis

Die berechnete maximale Netto-N-Mineralisation (Tab. 2) der verschiedenen Düngemittel korrelierte sehr eng mit deren C/N-Verhältnis (Abb. 9). Auch die Ergebnisse des Vorversuches, mit allerdings deutlich geringerer Spannweite der C/N-Verhältnisse der Düngemittel, fügen sich recht gut in die hier gefundene Regressionsbeziehung ein.

Tab. 2: Parameter der Anpassungsfunktionen

	Phacelia	Luzerne	Erbsen-ER	Bohnen-ER	floraPell ¹⁾	Haarmehl-P.
N_0	–	–	–	0,78	0,88	–
N_{max}	-16,2	38,0	30,7	20,2	44,1	54,5
k	0,4844	0,0322	0,0446	–	–	0,0313
R^2	0,54	0,95	0,89	0,80	0,98	0,94

1): berechnet mit Hilfe einer logistischen Funktion, vgl. Abb. 8 und 9

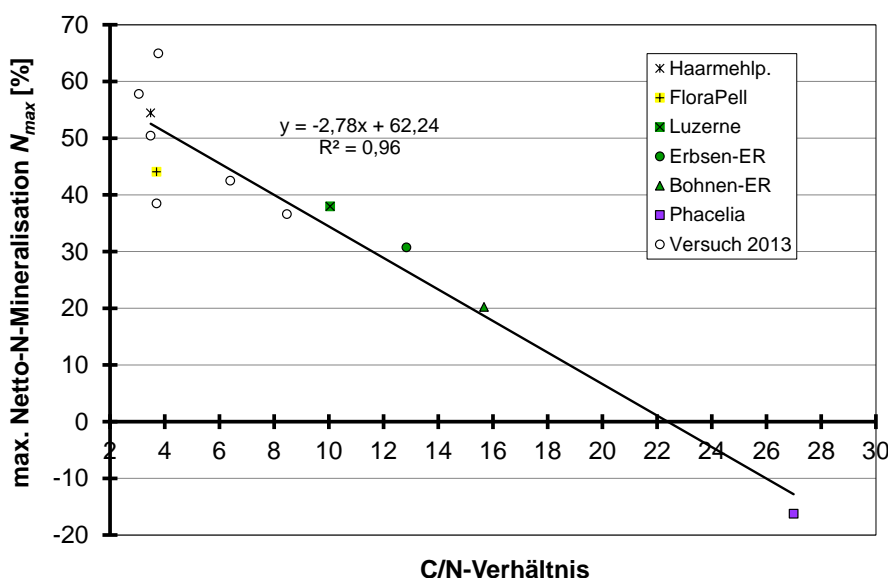


Abb. 9: Maximale Netto-N-Mineralisation N_{max} in Abhängigkeit vom C/N-Verhältnis der Düngemittel (Ergebnisse des Versuchs 2013 nicht bei der Regressionsberechnung einbezogen)

Anmerkung

Die Brutversuche werden mit weiteren Gründungspflanzen und Gemüse-Ernterückständen fortgeführt. Eine Diskussion der Ergebnisse zu diesen Materialien soll dann zum Abschluss dieser Untersuchungsreihe erfolgen. (Zur Diskussion der Ergebnisse der organischen Handelsdünger s. LABER 2013.)

Literatur:

LABER, H. 2013: Zügiger Umsatz bei vielen der im Brutversuch getesteten organischen Handelsdünger. www.hortigate.de, www.orgprints.org/22436