

Einfluss verschiedener Zwischenfrüchte auf die Stickstoffdynamik über Winter

Einleitung

Neben dem Anbau von Futterleguminosen in Hauptfruchtstellung sind Zwischenfrüchte im Ökologischen Landbau eine weitere wichtige Möglichkeit zur Steigerung der betriebsinternen Stickstofffixierungsleistung und zur Verbesserung der Humusreproduktion. Die Vermeidung von Nährstoffverlusten über Winter ist dabei ein zentraler Aspekt des Zwischenfruchtanbaus sowohl unter dem Gesichtspunkt des Gewässerschutzes als auch im Hinblick auf die Limitierung von Nährstoffimporten im ökologisch wirtschaftenden Betrieb.

Neben der Auswaschung von Nitrat und organischen Verbindungen spielen dabei auch gasförmigen Verluste eine wesentliche Rolle (Badawi et al. 2011). Die Möglichkeiten zur Vermeidung dieser Verluste und die Optimierung der Düngewirkung für die Nachfrüchte wurden seit Sommer 2016 unter verschiedenen Standortbedingungen in NRW geprüft.

Fragestellung

Die Bedeutung von Zwischenfrüchten als Stickstoffsенke zur Reduzierung der Nitratverlagerung über Winter ist mittlerweile allgemein akzeptiert. Ungelöst sind jedoch aus Sicht von Beratung und Praxis folgende Fragen:

1. Wie hoch sind die N-Verluste (flüssig und gasförmig) aus der Sprossmasse der Zwischenfrüchte über Winter?
2. Welchen Beitrag kann der „Restspross“ nach Winter zur Stickstoffversorgung der Nachfrucht leisten?
3. Wie beeinflusst eine Bearbeitung der Zwischenfrucht die N-Dynamik?

Versuchsbeschreibung

In faktoriellen Feldversuchen sowie in artifiziellen Lagerungsversuchen wurden 2016 an zwei Standorten in NRW orientiert an der Methodik von Badawi et al. (2011) die Nährstoffverluste über Winter aus verschiedenen Zwischenfrüchten gemessen und die Nährstoffnachlieferung im Folgejahr untersucht. Badawi et al. schnitten den Zwischenfruchtspross und lagerten diesen über Winter in Gitterboxen über geschlossenen Behältern, um den mit dem Regenwasser ausgewaschenen Stickstoff aufzufangen.

VERSUCHE ZUM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU IN NRW

Aus dem *Stickstoff im Spross vor Winter* minus *N im Spross nach Winter* minus die *ausgewaschene Menge N* bilanzierten sie die gasförmigen N-Verluste. Da davon auszugehen ist, dass bei artifizierter Lagerung in Gitterboxen die Abbaurate durch Mikroorganismen niedriger sein wird, als bei Lagerung mit Bodenkontakt, wurde in den eigenen Versuchen die Methode von Badawi et al. um den Faktor Bodenlagerung erweitert (s. Abb. 1).

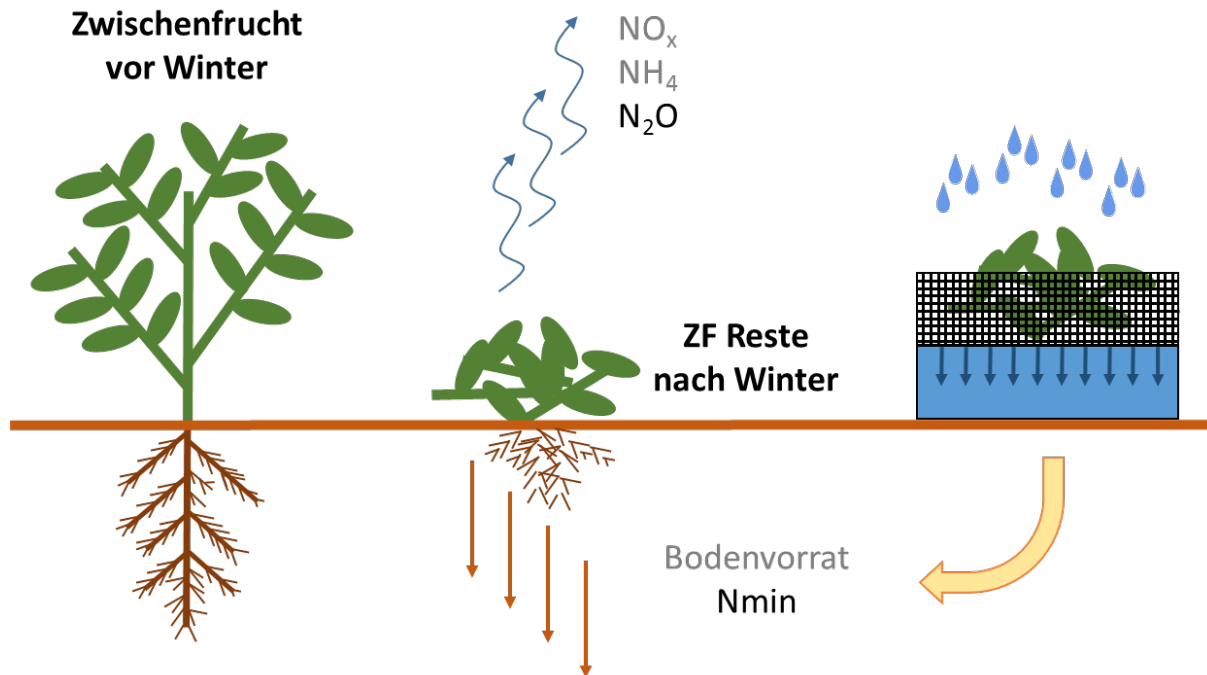


Abb. 1: Validierung der Methode nach Badawi et al. (2011): Vergleich der Lagerung von gemulcheter bzw. gewalzter Sprossmasse in Kisten und auf dem Boden im Vergleich zu stehenden Beständen.

Versuchsanlage

2016 wurden folgende Zwischenfrüchte (Saatstärke kg/ha) in einfaktoriellen Blockanlagen ausgesät: Sandhafer (80 kg/ha), Grünroggen (200 kg/ha), Sommerwicke (120 kg/ha), Zottelwicke (80 kg/ha), Phacelia (15 kg/ha), Ölrettich (25 kg/ha), Winterrüben (20 kg/ha)

Die Aussaat auf dem **Leitbetrieb Finkeshof** in Borken (50 m ü. NN, 10,2 °C, 760 mm, IS, 18-45 BP) erfolgte nach Pflugfurche und Saatbettbereitung mit der Kreiselegge am nach Gemüseerbsen am 27.07.2016.

Auf dem **Versuchsbetrieb Wiesengut** in Hennef/Sieg (65 m ü. NN, 10,3 °C, 840 mm, sL-uL, 60 BP) erfolgte die Saat am 15.08.2016.

VERSUCHE ZUM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU IN NRW

Ergebnisse

Die Stickstoffaufnahme in den Spross der verschiedenen Zwischenfrüchte wurde vor Winter am 28. November 2016 anhand aus einer Zeiternte ($2 \times 0,25 \text{ m}^2$) ermittelt. Weitere Schnitte von je $0,25 \text{ m}^2$ wurden für die Lagerung in einer Gitterbox bzw. mit Bodenkontakt vorgenommen. Aus diesen Proben wurde nach Winter ebenso der N-Gehalt bestimmt wie aus dem Schnitt der Sprossreste. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in Abb. 2 & 3 dargestellt. Am Standort Wiesengut hatte die Sommerwicke mit 120 kg N/ha signifikant die höchste Stickstoffaufnahme in den Spross, gefolgt von Zottelwicke (80 kg), Phacelia (70 kg) und Sandhafer (55 kg). Diese vier Varianten nahmen auch am Standort Finkeshof, dort mit mindestens 100 kg/ha , die höchste Menge Stickstoff in den Spross auf. Nach Winter wurde in einzelnen Varianten deutlich weniger Stickstoff in den Sprossresten wiedergefunden. Besonders hoch war der Unterschied an beiden Standorten bei der Sommerwicke mit über 50% N-Verlusten. Ähnlich gravierend waren diese auch bei Phacelia, gefolgt von Sandhafer.

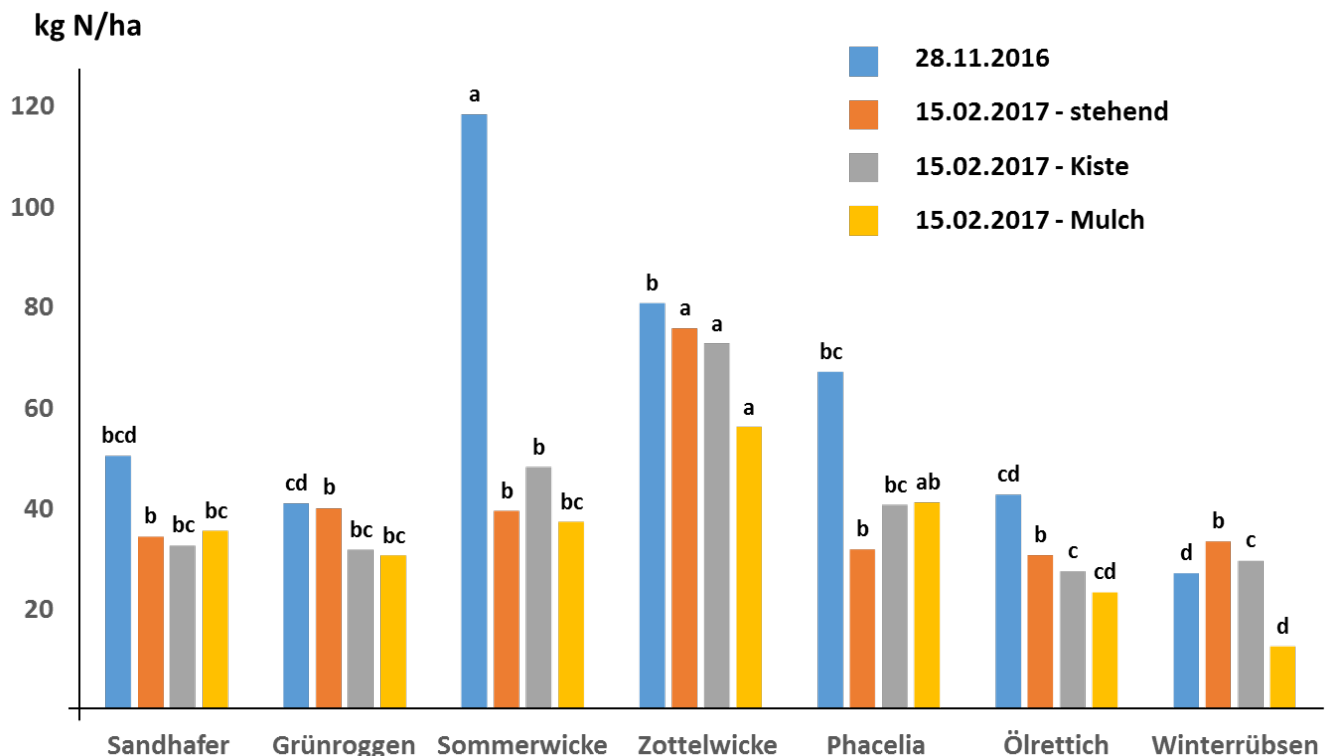


Abb. 2: Einfluss verschiedener Zwischenfrüchte auf die Stickstoffaufnahme in den Spross vor und nach Winter am Standort Wiesengut. Varianten die sich innerhalb eines Termins signifikant unterscheiden wurden mit verschiedenen Buchstaben gekennzeichnet, Tukey ($\alpha = 0,05$).

VERSUCHE ZUM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU IN NRW

Deutlich niedriger waren die Verluste hingegen bei Ölrettich, der jedoch aufgrund hoher Kruziferenanteilen in der Fruchtfolge des Gemüsebaubetriebes Finkeshof nur auf dem Wiesengut angebaut wurde, sowie in den überwinterten Zwischenfrüchten. Während auf dem Wiesengut zu allen Probenahmeterminen signifikante Unterschiede in der Stickstoffaufnahme in den Spross zwischen den verschiedenen Zwischenfrüchten nachgewiesen werden konnten, war dies am Standort Finkeshof aufgrund großer Heterogenität im Feld nur bei Lagerung als Mulch auf dem Boden möglich (s. Abb. 3). Die Hypothese, dass bei Lagerung in Kisten weniger Sprossmasse mikrobiell abgebaut wird als bei Lagerung am Boden (Mulch), konnte bis auf wenige Ausnahmen an beiden Standorten bestätigt werden; bei Lagerung am Boden wurden bis zu 30 kg N/ha höhere Verluste im vgl. zur artifiziellen Lagerung in Kisten festgestellt.

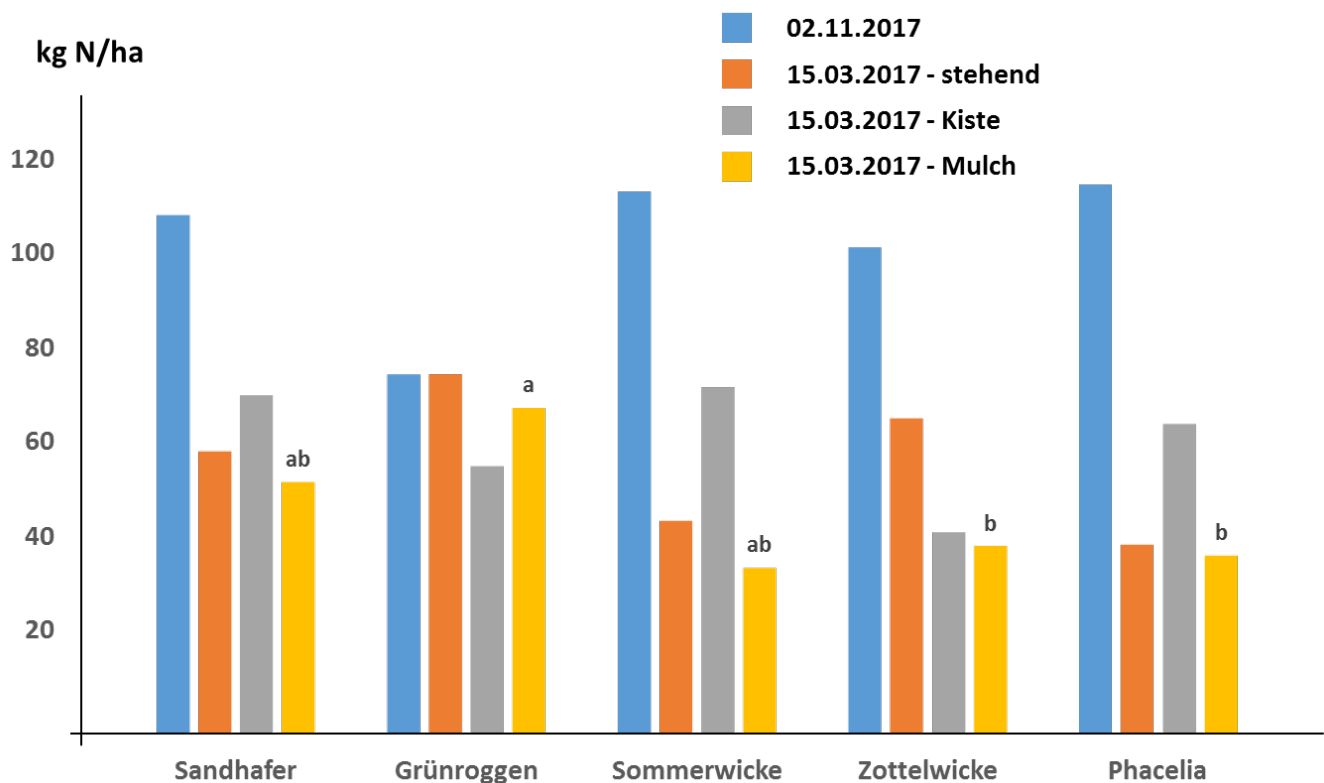


Abb. 3: Einfluss verschiedener Zwischenfrüchte auf die Stickstoffaufnahme in den Spross vor und nach Winter am Standort Finkeshof. Varianten die sich innerhalb eines Termins signifikant unterscheiden, wurden mit verschiedenen Buchstaben gekennzeichnet, Tukey ($\alpha = 0,05$).

Am Standort Wiesengut lag der Ausgangsgehalt an mineralischen Stickstoff in der Bodenlösung am 23.08.2016 zur Versuchsanlage bei 71,2 kg N/ha in der Bodenschicht 0-30 cm sowie bei 30,1 kg N/ha in 30-60 cm und bei 10,1 kg N/ha in 60-90 cm.

VERSUCHE ZUM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU IN NRW

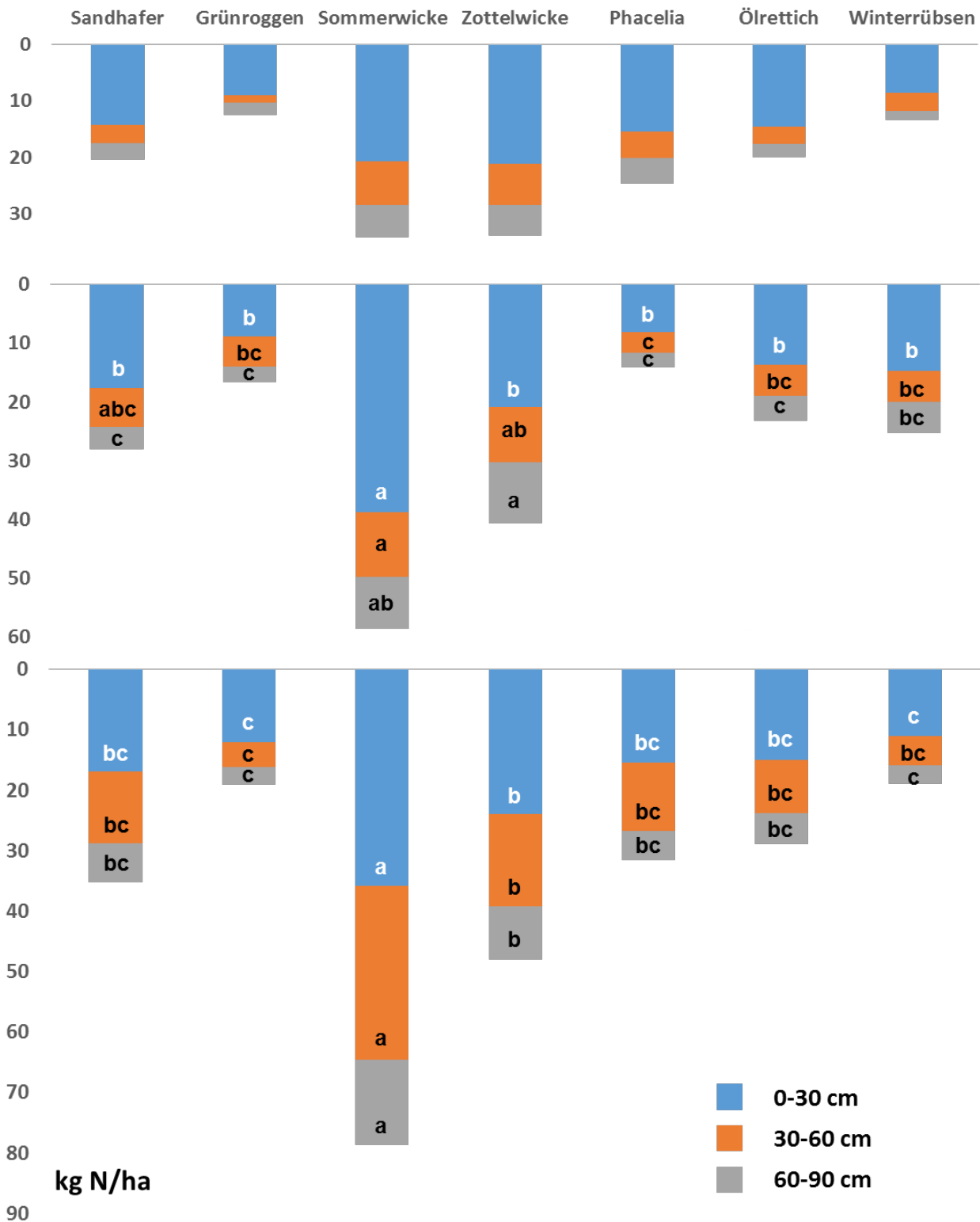


Abb. 4: Einfluss verschiedener Zwischenfrüchte auf den mineralischen Stickstoffgehalt in der Bodenlösung über Winter (von oben nach unten: 31.10.2016, 05.01.2017 und 03.03.2017) am Standort Wiesengut. Varianten die sich innerhalb einer Bodenschicht und eines Termins signifikant unterscheiden wurden mit verschiedenen Buchstaben gekennzeichnet, Tukey ($\alpha = 0,05$).

VERSUCHE ZUM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU IN NRW

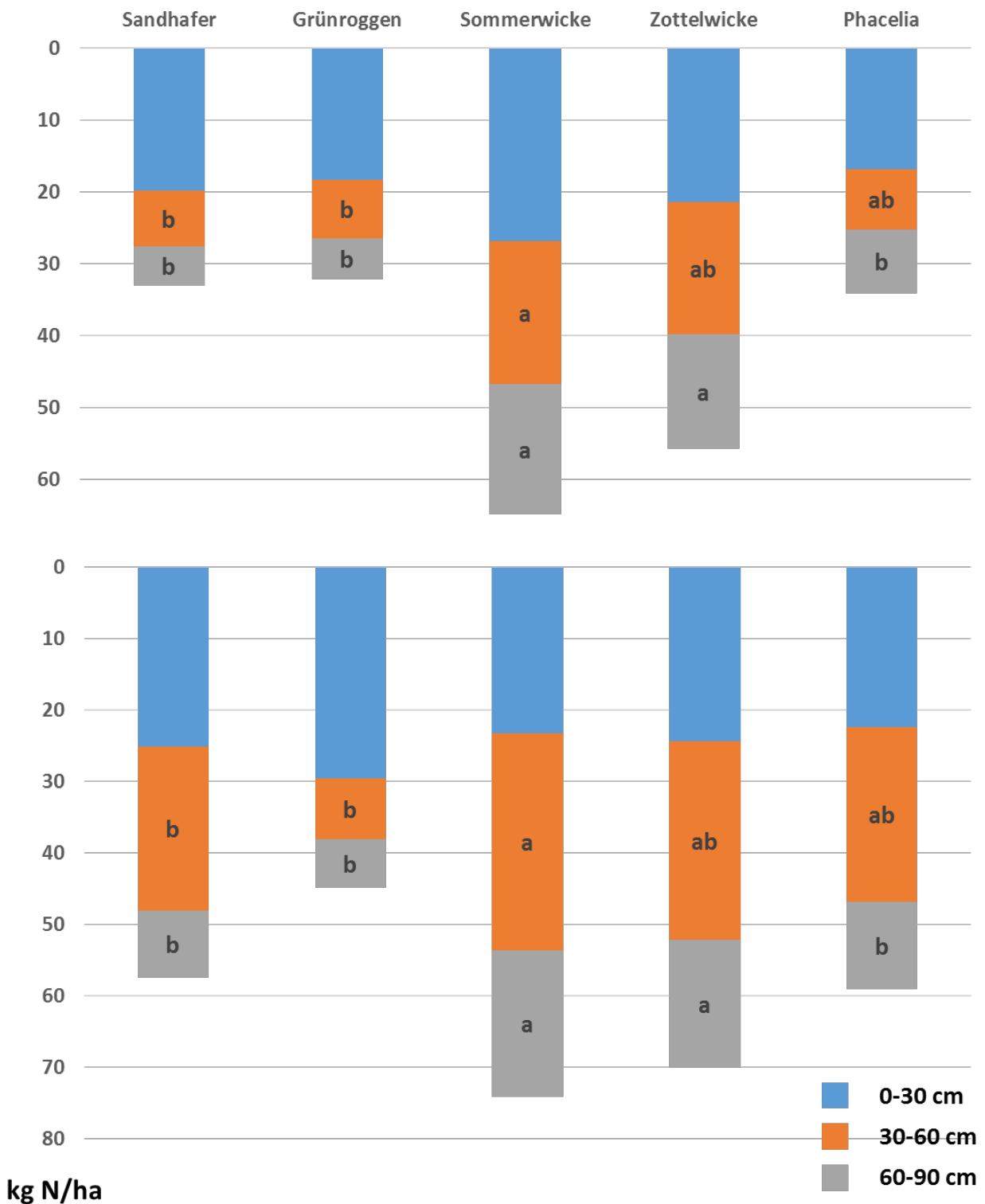


Abb. 5: Einfluss verschiedener Zwischenfrüchte auf den mineralischen Stickstoffgehalt in der Bodenlösung über Winter (von oben nach unten: 29.11.2016, 18.01.2017) am Standort Finkeshof. Varianten die sich innerhalb einer Bodenschicht und eines Termins signifikant unterscheiden wurden mit verschiedenen Buchstaben gekennzeichnet, Tukey ($\alpha = 0,05$)

VERSUCHE ZUM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU IN NRW

Am Standort Finkeshof wurden am 27. Juli 2016 bei Versuchslänge 62,2 kg/ha mineralischer Stickstoff in der Bodenlösung in der Bodenschicht 0-30 cm sowie 27,2 kg N/ha in 30-60 cm und 13,8 kg N/ha in 60-90 cm gemessen. Während die nicht legumen Zwischenfrüchte die im Herbst vorhandenen Mengen mineralisch gelösten Stickstoffs aufnahmen und damit vor der Verlagerung in tiefere Bodenschichten über Winter bewahren konnten, war dies vor allem bei der Sommer- aber auch bei der Zottelwicke deutlich weniger der Fall. Beide konnten über symbiotische Stickstofffixierung ihren Nährstoffbedarf insoweit ausreichend decken, als dass sie größere Mengen mineralisch gelösten Stickstoff im Boden ungenutzt ließen und dieser, vor allem auf dem Standort Wiesengut, in tiefere Bodenschichten verlagert wurde (Abb. 4). In dieser Abbildung ist auch erkennbar, wie die N_{min}-Werte in der oberen Bodenschicht zum letzten Termin im März wieder ansteigen, besonders auch dort in den Varianten mit Sommer- und Zottelwicke, welche das engste CN-Verhältnis im Spross und damit potentiell auch die schnellste Mineralisierungsrate aufweisen (vgl. Abb. 7)

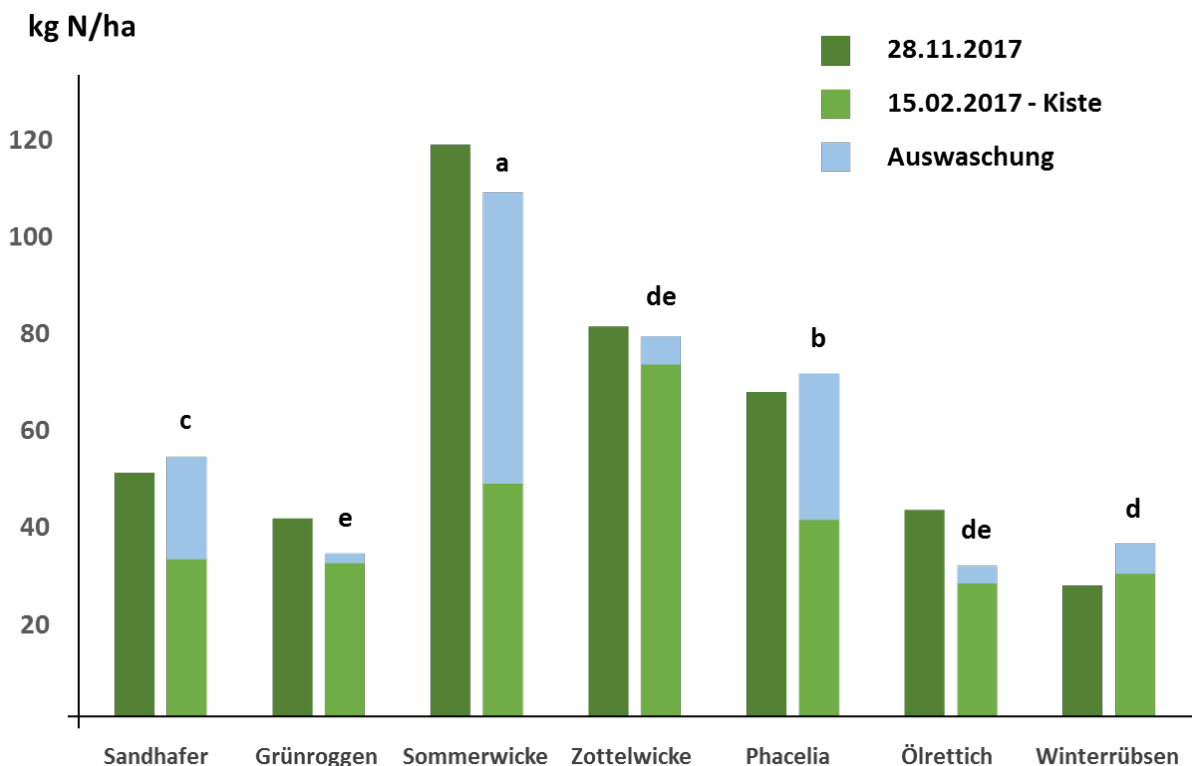


Abb. 6: Einfluss verschiedener Zwischenfrüchte auf die Stickstoffaufnahme in den Spross vor und nach Winter, sowie die bei artifizierlicher Lagerung in Gitterboxen durch Niederschläge ausgewaschene Menge Stickstoff am Standort Wiesengut. Werte mit verschiedenen Buchstaben beim Parameter Auswaschung unterscheiden sich signifikant nach Tukey ($\alpha = 0,05$), die Signifikanzen der beiden Parameter kgN/ha im Spross am 28.11.2016 und nach Lagerung in der Kiste am 15.02.2017 sind bereits in Abb. 2 kenntlich gemacht.

VERSUCHE ZUM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU IN NRW

In Abbildung 6 ist der Stickstoffgehalt im Spross vor und nach Winter 2016/17 auf dem Versuchsbetrieb Wiesengut dargestellt, wobei für die Messung am 15. Februar nur die Sprossmasse aus der artifiziellen Lagerung in Kisten berücksichtigt wurde. Die hellblauen Balken im Stapeldiagramm geben zusätzlich die mit der Kjeldahl-Methode bestimmte Menge Stickstoff in der Auswaschungsflüssigkeit unter den Gitterboxen an. Dabei zeigen die Daten der N-Auswaschung in Kisten deutlich, dass die Relation der Verluste der einzelnen Zwischenfrüchte stimmig ist, absolut sind diese bei mehreren Zwischenfrüchten jedoch deutlich zu hoch, besonders wenn man berücksichtigt, dass es sich bei den dargestellten Verlusten nur um die vertikale Auswaschung handelt und die von Badawi et al. (2011) mit bis zu 30 % bilanzierten gasförmigen Verluste nicht mit einbezogen wurden.

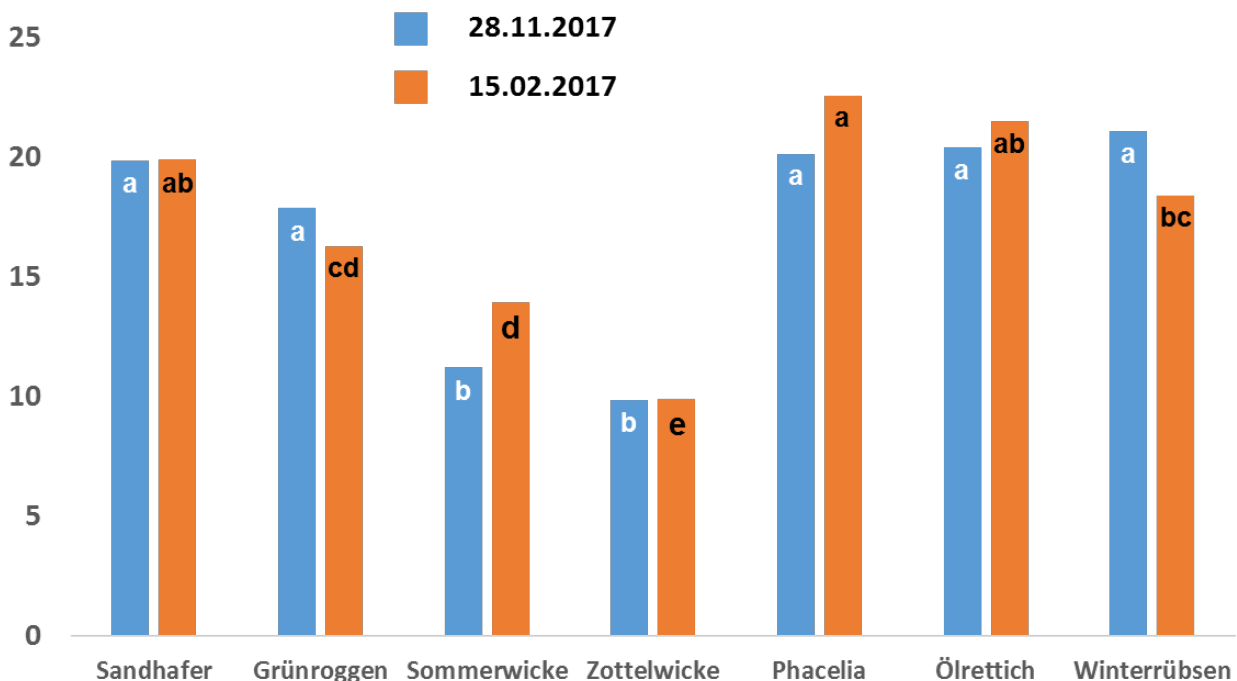


Abb. 7: Einfluss verschiedener Zwischenfrüchte auf das CN-Verhältnis im Spross vor und nach Winter auf dem Standort Wiesengut. Werte mit verschiedenen Buchstaben zum selben Termin unterscheiden sich signifikant nach Tukey ($\alpha = 0,05$).

In wie weit Zwischenfrüchte mit dem im Herbst in den Spross aufgenommenen Stickstoff einen Beitrag zur Nährstoffversorgung der Nachfrüchte leisten können, hängt neben den Verlusten über Winter entscheidend von der Umsetzbarkeit der Sprossreste nach Winter und damit eng vom CN-Verhältnis ab. In Abbildung 7 ist dieses für den Standort Wiesengut vor und nach Winter dargestellt. Dabei wird deutlich, dass außer den Leguminen alle anderen Zwischenfrüchte ein vglw. weites CN-Verhältnis

VERSUCHE ZUM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU IN NRW

aufwiesen, welches mehr auf eine Stickstofffestlegung zumindest zu Beginn der Vegetationszeit hindeuten könnte, denn auf eine Quelle der raschen Nährstoffnachlieferung für die Folgefrucht. Am Standort Finkeshof waren die Werte ähnlich, nur das CN-Verhältnis von Sandhafer war aufgrund der früheren Saat und dem damit einhergehenden Entwicklungsvorsprung mit 1:35 noch deutlich weiter als auf dem Wiesengut.

Fazit & Ausblick

Die höchste Stickstoffaufnahme in den Spross vor Winter wurde mit 120 kg N/ha bei der Sommerwicke festgestellt. Ähnlich hohe Werte wurden an einem von zwei Standorten auch bei Zottelwicke, Phacelia und Sandhafer ermittelt, am zweiten Standort waren sie jedoch bei diesen z.T. deutlich geringer.

Nach Winter wurde in mehreren Varianten nur noch ein Teil dieser Stickstoffaufnahme in den Sprossresten wiedergefunden. Besonders hoch war der Unterschied an beiden Standorten bei der Sommerwicke mit über 50 % N-Verlusten. Ähnlich gravierend waren diese auch bei Phacelia und Sandhafer.

Die Hypothese, dass bei Lagerung in Kisten weniger Sprossmasse mikrobiell abgebaut wird, als bei Lagerung am Boden, konnte bis auf wenige Ausnahmen an beiden Standorten bestätigt werden. Da bei direkter Lagerung die Mulchreste im Frühjahr nur schwer aufzusammeln waren, kann neben der vermuteten höheren mikrobielle Aktivität bei Bodenlagerung auch die Probenahme für die höheren Werte bei Kistenlagerung verantwortlich sein. Um letzteres zu minimieren erfolgte 2017 die Lagerung auf dem Boden an Herbst in Säcken, wodurch die Probenahme im Frühjahr 2018 deutlich vereinfacht wurde.

Die nicht legumen Zwischenfrüchte nahmen den mineralisch gelösten Stickstoffs weitestgehend vor Winter auf und bewahrten ihn damit vor der Verlagerung in tiefere Bodenschichten über Winter. Vor allem bei der Sommer- aber auch bei der Zottelwicke war dies jedoch deutlich weniger der Fall. Beide konnten ihren Nährstoffbedarf über die symbiotische Stickstofffixierung insoweit decken, als dass größere Mengen mineralisch gelösten Stickstoff nicht aufgenommen und vor allem auf dem Standort Wiesengut in tiefere Bodenschichten verlagert wurden.

VERSUCHE ZUM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU IN NRW

Die Daten der N-Auswaschung in Kisten zeigen deutlich, dass die Relation der Verluste der einzelnen Zwischenfrüchte stimmig ist, absolut sind diese bei mehreren Zwischenfrüchten jedoch deutlich zu hoch. Um diese Diskrepanz zu reduzieren wurde im zweiten Versuchsjahr eine Anpassung der Feld- und Labormethodik vorgenommen. Die Ergebnisse dieser Messungen stehen derzeit jedoch noch aus.

Die nichtlegumen Zwischenfrüchte wiesen in beiden Versuchen ein CN-Verhältnis von knapp unter 20 bis zu 35 auf, welches mehr auf eine Stickstofffestlegung im Frühjahr denn auf eine rasch liefernde Nährstoffquelle für die Folgefrucht hinweisen. Die legumen Zwischenfrüchte mit einem CN-Verhältnis von ca. 1:10 zeigten jedoch sowohl hohe Verluste an Spross-N als auch eine hohe Auswaschungsgefahr für Nitrat über Winter.

Da davon auszugehen ist, dass das CN-Verhältnis im Spross jedoch nicht homogen verteilt ist, wurde im zweiten Versuchsjahr eine Trennung von Blatt und Spross zur Analyse von Trockenmasse und N-Gehalt vorgenommen. Durch diese Fraktionierung soll versucht werden, die schnell abbaubare Menge Stickstoff und die eher stabileren Komponenten, durch die es potentiell auch zu Nährstofffestlegung kommen kann, separat zu betrachten. Um die Nachlieferung aus den Zwischenfrüchten zu untersuchen findet seit Frühjahr 2018 eine intensiver Beprobung der Folgefrüchte auf zwei Versuchsstandorten statt.

Die im Bericht zitierten Quellen sind beim Autor unten der in der Kopfzeile angegebenen Mailadresse auf Anfrage erhältlich.