

Zwischenfruchtanbau zur Verringerung der Herbst- N_{\min} -Gehalte und Nitrat- auswaschung mit dem Sickerwasser

Richard Beisecker und Theresa Seith (Kassel)

Zusammenfassung

Zwischenfrüchte können im Herbst bei ausreichender Bestandsentwicklung noch ca. 20–35 dt/ha Trockenmasse bilden und dabei 30 bis >90 kg/ha Stickstoff in die Biomasse aufnehmen. Dabei ist die N-Aufnahme unabhängig von der Artenzusammensetzung in erster Linie vom Biomassertrag abhängig. Um einen guten Zwischenfruchtbestand zu etablieren, kommt der Einhaltung des optimalen Aussaatzeitpunktes und einer guten Saatbettbereitung mit sorgfältiger Aussaat eine herausragende Bedeutung zu. Durch Zwischenfruchtanbau können die Herbst- N_{\min} -Gehalte und entsprechend die Nitratauswaschung deutlich verringert werden. Die Verminderung der Nitratauswaschung durch Zwischenfrüchte ist zum einen der N-Aufnahme durch die Biomasse und zum anderen der Reduzierung der Sickerwassermenge geschuldet. Eine herbstliche N-Düngung der Zwischenfrucht ist nur erforderlich, wenn nach der Ernte der Vorfrucht sehr geringe Reststickstoffgehalte im Boden verbleiben und die N-Nachlieferung aus dem Bodenvorrat im Herbst nicht ausreicht, um den N-Bedarf der Zwischenfrucht zu decken. Beim Anbau abfrierender Zwischenfrüchte und ausreichenden Niederschlägen im Winter/Frühjahr ist auch in Trockengebieten nicht mit negativen Auswirkungen auf den Wasserhaushalt der folgenden Hauptfrucht zu rechnen, sofern die Bodenwasservorräte wieder aufgefüllt werden. Werden diese nicht wieder aufgefüllt, kann es in Trockenjahren und bei Standorten mit Frühsommertrockenheit zu einem Wasserdefizit der nachfolgenden Hauptfrucht kommen. Um eine nachhaltige Verringerung der Nitrat-
auswaschung über mehrere Jahre zu erreichen, ist es zwingend erforderlich, den von der Zwischenfrucht aufgenommenen Stickstoff auf den N-Düngebedarf der Folgefrucht anzurechnen. Am besten können Kulturen mit langsamer Jugendentwicklung und langer Wachstumsdauer, wie Mais oder Zuckerrüben, die N-Nachlieferung aus einer vorherigen Zwischenfrucht verwerten.

Schlagwörter: Zwischenfruchtanbau, N-Aufnahme, Herbst- N_{\min} -Gehalt, Sickerwasser, Nitratauswaschung, Bodenwasserhaushalt

DOI: 10.3243/kwe2021.01.003

Abstract

Cultivating catch crops to reduce autumn N_{\min} levels and nitrate leaching with leachate

Catch crops can still produce 20-35 dt/ha of dry mass in autumn in the case of sufficient growth, absorbing 30 to >90 kg/ha of nitrogen into biomass in the process. Nitrogen uptake depends mainly on the yield rather than the composition of catch crop species. Choosing the ideal sowing date and good seedbed preparation with careful sowing are essential to establish good catch crop growth. The cultivation of catch crops can significantly reduce autumn N_{\min} levels and thus nitrate leaching. Catch crops help to reduce nitrate leaching through the absorption of nitrogen by biomass and by reducing the amount of leachate.

Catch crops only need to be fertilised with nitrogen in the autumn if minimal amounts of nitrogen are left in the soil after the previous crop has been harvested and if nitrogen delivery from the soil is not enough to cover the catch crops' need for nitrogen. When growing freezing catch crops and when enough rain falls in winter/spring, negative effects on the water balance for the following main crop are not expected, even in dry areas, as long as the groundwater table is recharged. If not recharged, there might be a shortage of water for the subsequent main crop in dry areas and in places where there is a drought in early summer. It is essential to consider nitrogen uptake by catch crops when calculating required nitrogen fertilisation for the following main crop in order to reduce nitrate leaching in the long run. In a best-case scenario, main crops with slow youth development and long growing periods, such as sugar beets and maize, are well-suited to utilise nitrogen from the previous catch crop.

Key Words: catch crop cultivation, N-uptake, autumn N_{\min} levels, percolation water, nitrate leaching, soil water balance

1 Einleitung

Der Anbau von Zwischenfrüchten bietet viele ackerbauliche Vorteile. Durch die gelungene Etablierung eines Zwischenfruchtbestandes mit ausreichender Bodenbedeckung wird nicht nur die Infiltrationsfähigkeit erhöht und der Boden vor Erosion und Oberflächenabfluss geschützt [1], sondern durch die

Durchwurzelung und biogene Bodenlockerung [2] auch das Bodenleben und die Bodenstruktur gefördert und der Humushaushalt [3,4] verbessert. Aufgrund der Herbst-/Winterbegrünung können zudem positive Effekte hinsichtlich der Unterdrückung von Unkräutern und Ungräsern und durch die Erweite-

Fruchtfolge oftmals auch eine Verminderung des Schädlingsdrucks beobachtet werden [5,6]. Außerdem sind positive Auswirkungen auf die Biodiversität und den Insektenschutz möglich, zum Beispiel beim Anbau von Zwischenfrüchten als Bienenweide.

Die verpflichtende Einführung des „Greenings“ im Rahmen der GAP-Reform 2015 und die Anrechnung der Zwischenfruchtflächen als ökologische Vorrangflächen (ÖVF) hat zu einer deutlichen Zunahme des Zwischenfruchtanbaus geführt. Insbesondere für tierhaltende Betriebe ist der Zwischenfruchtanbau von Bedeutung, da die Zwischenfrüchte nach aktueller Düngeverordnung (DüV) [7] im Herbst, sofern ein Stickstoffbedarf besteht, noch gedüngt und dadurch die Güllelager vor Winter entlastet werden können. Da die Zwischenfrüchte bei guten Aussaatbedingungen in der Lage sind im Herbst noch verhältnismäßig viel Stickstoff aufzunehmen, können sie organische Dünger gut verwerten. Auch die Nutzung der Zwischenfruchtbiomasse für die Produktion von Biogas hat in den vergangenen Jahren zunehmende Bedeutung erlangt, während demgegenüber die Futternutzung in den Hintergrund getreten ist. Allerdings wurden in den vergangenen zwei Trockenjahren Zwischenfrüchte wieder verstärkt zur Futtergewinnung genutzt.

Für den Gewässerschutz und die Verminderung der Nitrat- auswaschung während der winterlichen Sickerperiode ist die Stickstoffbindung und N-Konservierung in der Biomasse der Zwischenfrüchte entscheidend. Dadurch kann der nach der Ernte der Hauptfrucht noch im Boden vorhandene und im Herbst mineralisierte Stickstoff von den Zwischenfrüchten aufgenommen und vor der Verlagerung mit dem Sickerwasser geschützt werden. Da es vielfältige Literatur zu den anbautechnischen und pflanzenbaulichen Fragen des Zwischenfruchtanbaus gibt [6, 8, 9, 10], werden nachfolgend vor allem die für den Gewässerschutz relevanten Aspekte des Zwischenfruchtanbaus behandelt.

2 Bestandsentwicklung und Stickstoffbindung

Die Anbauverfahren von Zwischenfrüchten sind vielfältig (Abbildung 1). Neben der am weitesten verbreiteten Herbstaussaat nach Getreide vor einer nachfolgenden Sommerung (i. d. R. Mais oder Zuckerrüben) ist bei zwei aufeinanderfolgenden

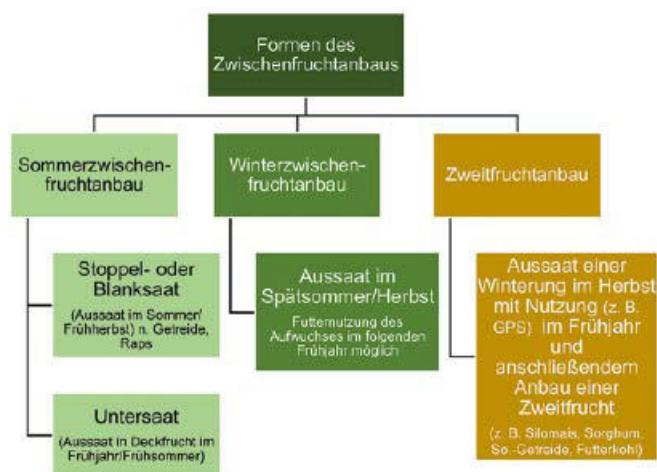


Abb. 1: Schematische Darstellung der Formen des Zwischenfruchtanbaus (eigene Darstellung)

Winterungen auch die Untersaat eine gute Möglichkeit, um die Bildung von ausreichend Biomasse bis zur Aussaat der Folgekultur zu gewährleisten.

Die Biomasseentwicklung und damit die Stickstoffaufnahme in die oberirdische Pflanzenmasse (N-Entzug) hängt neben der im Herbst noch verfügbaren Vegetationszeit auch von der Bodenbearbeitung und dem Aussaatverfahren, den Bodenverhältnissen (Bodengüte, Wasserhaushalt) und der jeweiligen Witterung (Niederschlag, Temperatur) ab (Abbildung 2). Winterzwischenfrüchte benötigen für eine ausreichende Ertragsbildung vor Winter mindestens 40-60 Wachstumstage [6], Sommerzwischenfrüchte sollten möglichst 60-80 Wachstumstage haben. Daher kommt der Einhaltung des optimalen Aussaatzeitpunktes eine herausragende Bedeutung zu.

Wie bei der Herbstaussaat von Winterfrüchten ist auch bei Zwischenfrüchten eine gute Saatbettbereitung und sorgfältige Aussaat mit Kreiselegge und Sämaschine das sicherste Verfahren zur Etablierung eines gut entwickelten Zwischenfruchtbestandes. Vor allem bei Gemengen und Feinsämereien hat sich eine Aussaat „wie zur Hauptfrucht“ bewährt. Bei extensiveren Aussaatverfahren, z. B. Aussaat nach einer Stoppelbearbeitung mit dem Düngerstreuer, besteht die Gefahr eines lückigen und nicht bodendeckenden Bestandes. Zudem sind nicht alle Kulturen dafür geeignet. Am besten können Senf, Örettich und Buchweizen ohne intensive Bodenbearbeitung nach der ersten Stoppelbearbeitung ausgesät werden. Aber auch dabei ist es wichtig, dass ausreichend Krume und Bodenschluss vorhanden sind, um ein sicheres und flächendeckendes Auflaufen zu gewährleisten. Bei der Auswahl der geeigneten Zwischenfruchtart sind nicht nur die Saatgutkosten, sondern vor allem Fruchtfolgekriterien zu berücksichtigen. Dabei sind innerhalb einer Fruchtfolge nicht alle Arten als Zwischenfrucht geeignet. Grundsätzlich sind gleiche Pflanzenfamilien wie bei den Hauptkulturen zu meiden.

Neben dem Aussaattermin und der Witterung beeinflussen auch die Bodenverhältnisse sowie die Herbstdüngung die Ertragsentwicklung und damit die Stickstoffaufnahme in die oberirdische Biomasse. Verschiedene Versuchsergebnisse [11, 12, 13, 14, 15] bestätigen, dass ein gut entwickelter Zwischenfruchtbestand im Herbst noch Erträge von 20-35 dt/ha Trockenmasse (TM) (und mehr) bilden kann. Dementsprechend können zwischen 30 bis >90 kg N/ha in die oberirdische Biomasse aufgenommen und vor der Verlagerung während der winterlichen Sickerperiode geschützt werden. In sehr trockenen Jahren mit Wassermangel ist auf leichten Böden allerdings auch mit deutlich niedrigeren Erträgen (3-12 dt TM/ha) und

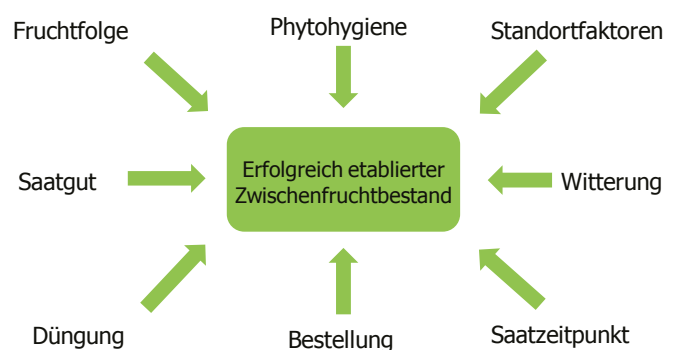


Abb. 2: Einflussfaktoren für die erfolgreiche Etablierung eines Zwischenfruchtbestandes (eigene Darstellung)

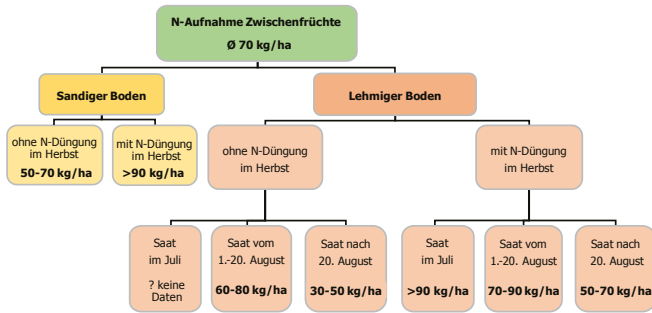


Abb. 3: Schema zur Abschätzung der N-Aufnahme von Zwischenfrüchten in Abhängigkeit der Bodenart, dem Aussaatzeitraum und der herbstlichen N-Düngung (eigene Darstellung)

entsprechend geringeren N-Entzügen (7–33 kg/ha in oberirdischer Biomasse) zu rechnen [2]. Zwischenfruchtgemenge mit Leguminosen zeigen in der Praxis zwar tendenziell geringere Trockenmasseerträge, aber durch die symbiontische N-Fixierung der Rhizobien höhere N-Gehalte in der Trockenmasse und damit gleiche oder sogar höhere N-Aufnahmen in die oberirdische Biomasse als Gemenge ohne Leguminosen oder Reinsaaten [17].

Ergebnisse von Demonstrationsflächen auf Praxisschlägen [18, 19], bei denen anhand von Meterschnitten die oberirdische Biomasse gewogen und deren Stickstoffgehalte laboranalytisch bestimmt wurden, zeigen, dass die N-Entzüge von Zwischenfrüchten je nach Aussaatzeitpunkt und Bodengüte in Abhängigkeit der herbstlichen N-Düngung deutlich variieren (vgl. Abbildung 3). Im Mittel betrug die N-Aufnahme in die oberirdische Biomasse ca. 70 kg/ha, was sehr gut mit den oben genannten Literaturergebnissen übereinstimmt. Dabei lagen bei den im Herbst mit Stickstoff gedüngten Flächen die N-Entzüge im Mittel bei ca. 85 kg/ha, bei denjenigen ohne N-Düngung bei durchschnittlich 64 kg/ha. Dies verdeutlicht, dass die N-Aufnahme unabhängig von der Artenzusammensetzung in erster Linie vom Biomasseertrag abhängig ist [5]. Die Abschätzung des Biomasseertrags ist daher wichtig, um die N-Aufnahme der Zwischenfrüchte einordnen zu können.

Für den Landwirt ist es in der Praxis jedoch schwierig, die N-Aufnahme in die oberirdische Biomasse zuverlässig abzuschätzen. Auf Grundlage der Analyseergebnisse wurde daher ein Schema entwickelt, mit dem die N-Aufnahme überschlägig eingeordnet werden kann (Abbildung 3). Zusätzlich wurde ein Schema zur visuellen Abschätzung der N-Aufnahme erarbeitet, mit dem in der Praxis die N-Aufnahme anhand der Bestandsentwicklung eingeschätzt werden kann (Abbildung 4).

3 Herbst-N_{min}-Gehalte und N-Auswaschung

Praxiserhebungen über mehrere Jahre im Rahmen der Wasser-schutzberatung zeigen, dass gut entwickelte Zwischenfrüchte in der Lage sind, sowohl den nach der Ernte der Hauptfrucht noch vorhandenen als auch den im Laufe der herbstlichen Mineralisation noch freiwerdenden Stickstoff dem Boden zu entziehen und dadurch die Herbst-N_{min}-Gehalte zum Ende der Vegetationsperiode um im Durchschnitt ca. 20 kg/ha zu verringern (Abbildung 5). Vergleichbare Ergebnisse werden auch von anderen Autoren berichtet [12, 14, 15]. Dabei kann die Reduzierung der Herbst-N_{min}-Gehalte je nach Standort und Witterung auch bis zu 40-50 kg/ha betragen [15], in Feldversuchen



Abb. 4: Visuelle Abschätzung der N-Aufnahme von Zwischenfrüchten anhand der Bestandsentwicklung Mitte/Ende Oktober (eigene Darstellung)

im Einzelfall auch bis zu 100 kg/ha [26]. Als Faustzahl ist unter Praxisbedingungen im Mittel von einer Reduzierung der Herbst-N_{min}-Gehalte von ca. 20–40 kg/ha auszugehen.

Wie die Auswertung von Demonstrationsversuchen auf Praxisschlägen von Tendler & Beisecker [19] zeigen, führt eine herbstliche N-Düngung der Zwischenfrüchte zwar zu einer höheren N-Aufnahme in die oberirdische Biomasse, dennoch steigen auch die Herbst-N_{min}-Gehalte im Boden geringfügig an. Abbildung 5 verdeutlicht, dass rein rechnerisch nur ca. die Hälfte der Herbstdüngung von der Zwischenfrucht aufgenommen wird, der Rest wandert in den Stickstoffpool des Bodens oder

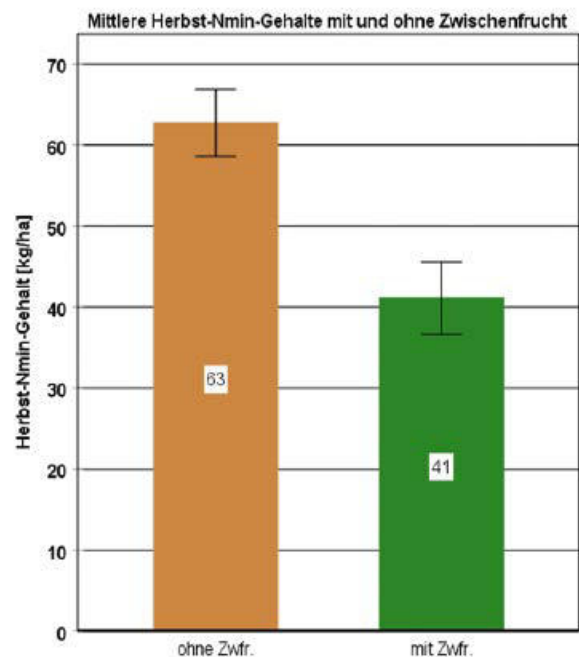


Abb. 5: Mittlere Herbst-N_{min}-Gehalte [kg/ha] zum Ende der Vegetationsperiode auf Praxisschlägen mit und ohne Zwischenfrüchten; N = 519 (Fehlerbalken bei 95 % Vertrauensintervall; eigene Darstellung)

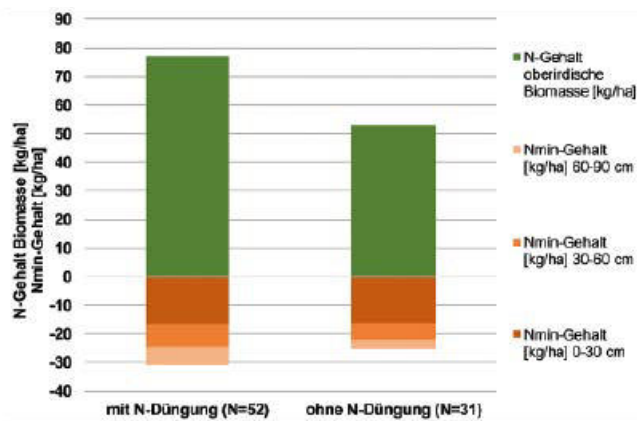


Abb. 6: Mittlere N-Gehalte in der oberirdischen Biomasse (kg/ha) von Zwischenfruchtbeständen mit und ohne herbstliche N-Düngung mit dazugehörigen Herbst-N_{min}-Gehalten [kg/ha] im Boden (Daten aus [19]; eigene Darstellung)

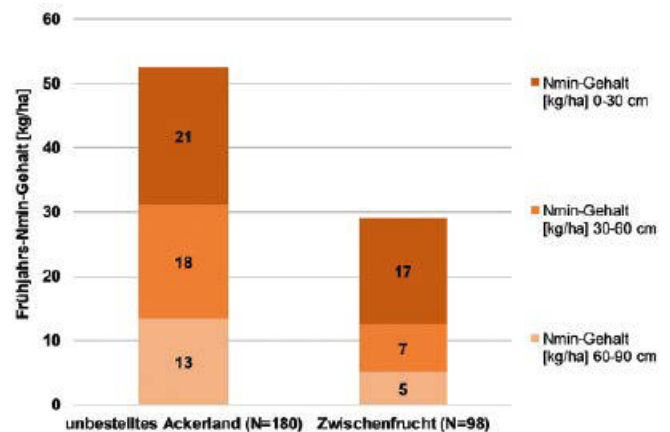


Abb. 7: Frühjahrs-N_{min}-Gehalte [kg/ha] im Boden zu Vegetationsbeginn auf Flächen mit und ohne Zwischenfrüchten zu nachfolgenden Sommerkulturen (Daten aus [19]; eigene Darstellung)

findet sich teilweise in den Herbst-N_{min}-Gehalten wieder. Versuchsergebnisse der Landwirtschaftskammer Niedersachsen [20] und des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) in Sachsen [13] bestätigen, dass nur ein Teil des zur Zwischenfrucht gedüngten Stickstoffs vom Pflanzenbestand aufgenommen wurde. Lysimeterversuche mit ¹⁵N-markierten Stickstoffdünger auf einem leichten Sandboden in Brandenburg [21] ergaben, dass nur ca. 16–32 % des gedüngten Stickstoffs in der Zwischenfruchtbiomasse wiedergefunden wurden. Auch Schmidt et al. [13] kommen anhand der Auswertung von Zwischenfruchtversuchen in Sachsen zu dem Ergebnis, dass durch eine N-Düngung zwar die Biomasseerträge und die N-Entzüge von Zwischenfrüchten erhöht werden, allerdings nicht der gesamte gedüngte Stickstoff von der Biomasse aufgenommen wird. Bei Böden, die im Herbst gut mit Stickstoff versorgt sind, kann es sogar zu einem Anstieg der Frühjahrs-N_{min}-Gehalte kommen. Sofern Zwischenfrüchte im Herbst gedüngt werden, muss die N-Düngung so früh wie möglich erfolgen, damit noch genügend Vegetationszeit zur Verfügung steht, um den Stickstoff aufzunehmen [13]. Allerdings waren die Herbst-N_{min}-Gehalte der gedüngten Zwischenfruchtflächen immer niedriger als die von Flächen ohne Zwischenfrüchte (Winterbrache), selbst wenn auf diesen Flächen Ausfallgetreide als Selbstbegrünung gewachsen war. Dies bestätigt, dass Ausfallgetreide, abgesehen von den phytosanitären Problemen (Übertragung von Krankheiten und Schädlingen), weder in Bezug auf Biomasseentwicklung noch mit der N-Aufnahme mit Zwischenfrüchten vergleichbar ist.

Die Unterschiede in den Herbst-N_{min}-Gehalten zwischen Flächen mit und ohne Zwischenfrüchte finden sich in den Frühjahrs-N_{min}-Gehalten zu Vegetationsbeginn allerdings kaum noch wieder (vgl. Abbildung 6). Dies verdeutlicht, dass auf den Flächen ohne Zwischenfrüchten ein Teil des mineralischen Stickstoffs mit dem Sickerwasser über Winter ausgewaschen wurde, während die Zwischenfrüchte diesen Stickstoff in der Biomasse konserviert haben.

Auch der Zeitpunkt des Umbruchs der Zwischenfruchtbestände spielt eine wichtige Rolle. Erfolgt der Umbruch bereits im Spätherbst, können die Nitratgehalte im Boden durch die Zersetzung der Biomasse wieder ansteigen. Je früher die Zwischenfrucht umgebrochen wird, desto mehr Stickstoff kann,

insbesondere in milden Wintern, wieder mineralisiert werden und dann gegebenenfalls auch zu einer höheren N-Auswaschung über Winter als bei den im Frühjahr umgebrochenen Beständen führen.

Wie dreijährige Versuche der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft [22] beispielhaft belegen, ist die N-Auswaschung unter Zwischenfrüchten immer deutlich niedriger als bei Flächen ohne Zwischenfrüchte. Wurde die Zwischenfrucht im Spätherbst umgebrochen, wurde eine etwas höhere N-Auswaschung ermittelt als beim Umbruch im Frühjahr (Tabelle 1).

Auch Sickerwasseruntersuchungen von Konen & Schäfer [12] auf einem humosen Sandboden (Plaggenesch) mit geringer Wasserspeicherkapazität bei Oldenburg bestätigen, dass nach Winterroggen die Nitratkonzentration im Sickerwasser und die mit dem Sickerwasser verlagerten N-Frachten unter Zwischenfrüchten erheblich niedriger sind als ohne Zwischenfrucht. Dabei führte die Düngung der Zwischenfrüchte mit 60 kg N/ha zwar zu höheren Nitratkonzentrationen und N-Frachten, diese lagen dennoch erheblich unter denjenigen der Versuchsvarianten ohne Zwischenfrüchte (Tabelle 2).

Diese Beispiele bestätigen, dass Zwischenfrüchte die Herbst-N_{min}-Gehalte im Boden deutlich reduzieren folglich den Stickstoff effektiv in der Biomasse speichern und damit vor der Auswaschung während der winterlichen Sickerperiode schützen. Werden die Zwischenfrüchte im Herbst gedüngt, kann zwar nicht die gesamte gedüngte N-Menge von der Biomasse aufgenommen werden. Dennoch sind sowohl die Herbst-N_{min}-Gehalte als auch die N-Auswaschung der gedüngten Zwischenfruchtflächen deutlich niedriger als diejenigen der Winterbrache.

Aussaat	Umbruch	N-Auswaschung [kg N/ha]	
		o. Zwfr.	m. Zwfr.
Anfang August	Spätherbst	64	29
Ende August	Spätherbst	63	39
	Frühjahr		27

Tabelle 1: N-Auswaschungsverluste [kg/ha] mit und ohne Zwischenfrüchten bei unterschiedlichem Aussaattermin und verschiedenen Umbruchzeiträumen (Daten aus [22]; eigene Darstellung)

Parameter (Sickerwasser)	o. Zwfr.	Zwfr. ungedüngt	Zwfr. organisch gedüngt (60 kg N/ha)	Zwfr. mineralisch gedüngt (60 kg N/ha)
Mittlere Nitratkonzentration [mg/l]	84	19	24	31
Mittlere N-Fracht [kg/ha]	65	14	18	24

Tabelle 2: N-Auswaschung nach Winterroggen mit und ohne Zwischenfrüchten und unterschiedlicher N-Düngung im Herbst (Daten aus [12]; eigene Darstellung)

Inwieweit Zwischenfrüchte im Herbst mit Stickstoff gedüngt werden müssen, führt in der Praxis immer wieder zu heftigen Kontroversen. Diese Frage lässt sich nicht pauschal beantworten. Entscheidend ist, ob das N-Angebot des Bodens den N-Bedarf der Zwischenfrucht decken kann. Untersuchungen zur N-Nachlieferung von Ackerböden [23] belegen, dass im Herbst bei ausreichender Bodenfeuchte die potenzielle N-Nachlieferung aus dem Bodenvorrat durchaus 40-60 kg/ha und mehr betragen kann. Bei einer mittleren N-Aufnahme der Zwischenfrüchte von 70-80 kg/ha ist also entscheidend, wieviel Stickstoff nach der Ernte der Vorfrucht noch im Boden vorliegt und ob bei Getreidevorfrucht das Stroh abgefahren oder eingearbeitet wird. Wird das Stroh abgefahren und sind im Boden mehr als 40 kg/ha Nachernte-N_{min}-Gehalt vorhanden, ist eine N-Düngung der Zwischenfrucht nicht erforderlich. Wird das Stroh nach der Ernte eingearbeitet oder liegt der Nachernte-N_{min}-Gehalt niedriger als 40 kg/ha, ist eine N-Düngung der Zwischenfrucht im Rahmen der nach Düngeverordnung [7] möglichen N-Gaben sinnvoll, um einen ausreichend entwickelten Zwischenfruchtbestand zu etablieren. Spät gesäte Zwischenfrüchte haben aufgrund ihrer geringeren N-Aufnahme keinen N-Düngebedarf. Auch Zwischenfruchtgemenge mit überwiegend Leguminosenanteil benötigen in der Regel keine N-Düngung.

4 Zwischenfrüchte und Wasserhaushalt

Immer wieder kontrovers diskutiert wird die Frage, ob Zwischenfrüchte aufgrund ihres Wasserbedarfs eine Konkurrenz für die nachfolgende Hauptfrucht darstellen. Als Faustzahl wird davon ausgegangen, dass ein Zwischenfruchtbestand im Herbst einen Wasserbedarf von ca. 100 mm hat [24]. Insbesondere in Trockengebieten wird daher befürchtet, dass dieses Wasser der nachfolgenden Hauptfrucht im Frühjahr fehlt.

Wasserhaushaltsuntersuchungen von Bodner et al. [25] zeigen, dass im pannonischen semi-ariden Trockengebiet in Ostösterreich mit Jahresniederschlägen von <650 mm auf Schwarzerdeböden mit hohem Wasserspeichervermögen eine Evapotranspiration der Zwischenfrüchte von 130 mm bei 120 Tagen Vegetationszeit und 60 dt TM/ha ermittelt wurde. Dabei lag die Verdunstung (Bodenevaporation) der Winterbrache ohne Zwischenfrucht bei diesen Böden bereits bei 90 mm. Bei Betrachtung aller Wasserhaushaltskomponenten (Evaporation, Transpiration, Oberflächenabfluss, Sickerwasserbildung, Infiltrationsvermögen) kamen die Autoren zu dem Ergebnis, dass die Zwischenfrüchte die Verlustgrößen des Wasserhaushaltes (Evaporation, Oberflächenabfluss, Sickerwasserbildung) verringern und dadurch ihren Wasserbedarf teilweise kompensieren. Zwischenfrüchte benötigen im Spätsommer und Frühherbst mehr Wasser als die Brache. Aufgrund des im Spätherbst zurückgehenden Verdunstungsanspruchs der Atmosphäre, der bei abfrierenden Zwischenfrüchten verdunstungshemmenden Wirkung der Mulchdecke sowie der Herbst-/Winter-Nieder-

schläge wurden am Ende des Winters annähernd gleiche Bodenwassergehalte wie bei der Winterbrache gemessen [6, 25, 26]. Hinzu kommen die positiven Effekte des Zwischenfruchtanbaus wie die Verbesserung des Infiltrationsvermögens des Bodens und die Verminderung des Oberflächenabflusses bei hanggeneigten Flächen. Dies spielt insbesondere bei Starkregenereignissen für die Verminderung von Oberflächenabfluss und Sturzfluten eine entscheidende Rolle [1].

Allerdings kann es bei Sommertrockenheit zu Schwierigkeiten bei der Etablierung des Zwischenfruchtbestandes kommen [27]. Wasserhaushaltsuntersuchungen von abfrierenden und winterharten Zwischenfrüchten von Böttcher et al. [28] auf drei Standorten (leichter, mittlerer und schwerer Boden) in Nord- und Mittelsachsen über drei Jahre zeigen, dass die Bodenwassergehalte der Zwischenfruchtbestände im Herbst etwa 10 % der nutzbaren Wasserspeicherkapazität (nFK) unter denen der Winterbrache lagen. Zum Jahresende näherten sich die Bodenwassergehalte dann aufgrund der besseren Infiltration der Niederschläge und der verdunstungshemmenden Wirkung der Mulchaufgabe wieder an. Fehlen allerdings die Niederschläge im Herbst und Winter, kann das Bodenwasserdefizit bis zum Vegetationsbeginn der nachfolgenden Hauptfrucht nicht mehr aufgefüllt werden. Zudem steigt bei den nicht abfrierenden,

Anzeige

Unser Expertentipp



Regelwerk aktuell

Erzeugung von Biomasse für die Biogasgewinnung unter Berücksichtigung des Bodens- und Gewässerschutzes
9. Februar 2021
Online
110,00 €/90,00 €**



DWA-M 911

Möglichkeiten der Effizienzkontrolle von Maßnahmen zur grundwasserschonenden Bodennutzung am Beispiel des Stickstoffs
August 2013, fachlich geprüft 2017
36 Seiten, A4
ISBN: 978-3-944328-13-3
56,00 €/44,80 €*



DWA-M 920-4

Bodenfunktionsansprache – Teil 4: Ableitung von Kennwerten des landwirtschaftlichen Ertragspotenzials nach dem Müncheberger Soil Quality Rating
Dezember 2018
34 Seiten, A4
ISBN: 978-3-88721-709-9
51,50 €/41,20 €*

* für fördernde DWA-Mitglieder
** für DWA-Mitglieder

winterharten Zwischenfrüchten der Wasserverbrauch zu Beginn der Vegetationsperiode wieder an, woraus insbesondere bei Frühjahrstrockenheit für die nachfolgende Hauptfrucht (Mais, Zuckerrüben) ein erhebliches Wasserdefizit resultieren kann.

Alle Wasserhaushaltsuntersuchungen zeigen, dass es bei den Zwischenfruchtvarianten zu einem späteren Beginn der Sickerwasserbildung und auch geringeren Sickerwassermengen im Vergleich zur Winterbrache kommt. Winterbegrünungsversuche von Spiess et al. [29] an 18 Lysimetern mit unterschiedlichen Böden (leicht, mittel, schwer) der Lysimeterstation Bern-Lieberfeld in der Schweiz (\varnothing 1058 mm Jahresniederschlag) und einer siebenjährigen Fruchtfolge ergaben eine im Mittel 170 mm niedrigere Sickerwassermenge der Zwischenfruchtvarianten im Vergleich zur Winterbrache. Dabei konnte bei einem mittleren N-Entzug von 141 kg/ha auch die Nitrat- auswaschung um im Mittel 110 kg/ha reduziert werden. Der Wasserverbrauch durch die Zwischenfrüchte führte zu keinem Wassermangel bei den nachfolgenden Hauptkulturen, da die Niederschläge am Versuchsstandort immer ausreichend waren. Die Verminderung der Nitrat- auswaschung durch Zwischenfrüchte ist dabei zum einen in der N-Aufnahme durch die Biomasse und zum anderen durch die Reduzierung der Sickerwassermenge begründet.

Zusammenfassend ist beim Anbau abfrierender Zwischenfrüchte mit ausreichenden Niederschlägen im Winter/Frühjahr auch in Trockengebieten nicht mit negativen Auswirkungen auf den Wasserhaushalt der folgenden Hauptfrucht zu rechnen. Dabei spielen auch die Bodengüte und die Wasserspeicherkapazität des Bodens eine Rolle. Winterbrachen sind nur dann wasserschonender, wenn diese durchgehend bewuchsfrei bleiben, da auch eine Selbstbegrünung (z. B. Ausfallgetreide) höhere Verdunstungsverluste im Herbst hat. Bei trockenen Witterungsverhältnissen im Spätsommer kann es zu Schwierigkeiten bei der Etablierung eines Zwischenfruchtbestandes kommen. Werden die Bodenwasservorräte dann durch fehlende Winter- niederschläge nicht mehr aufgefüllt, kann es insbesondere in Regionen mit Frühsommertrockenheit zu Wassermangel bei der nachfolgenden Hauptfrucht kommen.

5 Anrechnung der Zwischenfrucht auf die Stickstoffdüngung der Folgekultur

Die Zwischenfruchtversuche von Spies et al. [29] zeigen wie viele andere Versuchsergebnisse, dass die Erträge und N-Entzüge der Nachfrucht bei den Zwischenfruchtvarianten etwa gleich hoch ausfielen wie bei der Winterbrache. Allerdings tra-

ten anschließend bei den Nachfrüchten höhere N-Auswaschungsverluste in den Zwischenfruchtvarianten auf als bei der Winterbrache. Während die Nitrat- auswaschung unter den Zwischenfrüchten beträchtlich reduziert wurde, kam es bei den nachfolgenden Kulturen zu höheren N-Auswaschungsverlusten. Versuchsbedingt wurden die Nachfrüchte nicht unterschiedlich gedüngt. Dies belegt eindrücklich, dass es unbedingt erforderlich ist, den in den Zwischenfrüchten gebundenen Stickstoff bei der Düngung der Folgekulturen entsprechend anzurechnen, um die Vorteile des Zwischenfruchtanbaus im gesamten Anbausystem optimal nutzen zu können. Nur so können über mehrere Jahre die N-Austräge in die Gewässer nachhaltig reduziert werden [30].

Praxisversuche [18, 19] zeigen, dass der über Winter gebundene Stickstoff im Laufe der folgenden Wachstumsperiode mineralisiert wird und dann der folgenden Sommerung anteilig zur Verfügung steht. Für die Umsetzbarkeit der Zwischenfruchtbiomasse ist neben den Boden- und Witterungsverhältnissen (Feuchte, Temperatur) insbesondere die Zersetzbarkeit der organischen Substanz (C/N-Verhältnis) von Bedeutung. Auch die Intensität der Bodenbearbeitung zur Einarbeitung der Zwischenfrüchte beeinflusst den Abbau der organischen Substanz. Je enger das C/N-Verhältnis der Zwischenfruchtarten ist, umso schneller kann die Biomasse mineralisiert werden (Tabelle 3). Deshalb sind Zwischenfruchtgemenge mit Leguminosen schneller umsetzbar als solche ohne Leguminosen oder mit holzigeren Arten. Erfahrungswerte zeigen, dass je nach Leguminosenanteil ca. 50-70 % der N-Aufnahme der Zwischenfrucht auf die N-Düngung der Folgekultur angerechnet werden kann.

Untersuchungen des LfULG in Sachsen [13] zur N-Nachlieferung von Zwischenfruchtgemengen vor Silomais bestätigen, dass etwa 50 % des N-Entzugs der Zwischenfrucht dem nachfolgenden Mais zugutekommt. Der restliche Teil wird in den N-Pool des Bodens (Humus) eingelagert und erst über mehrere Jahre wieder freigesetzt. Bei Böden mit einem hohen Stickstoffnachlieferungsvermögen ist die Wirksamkeit der N-Nachlieferung aus der Zersetzung der Zwischenfruchtbiomasse naturgemäß geringer ausgeprägt als bei Böden mit geringer N-Nachlieferung aus der organischen Substanz des Bodenpools. Andere Autoren berichten, dass der von der Zwischenfrucht konservierte Stickstoff nahezu vollständig vom nachfolgenden Mais genutzt werden kann [12]. Auch Steffens et al. [14] fanden auf einem Boden mit einem hohen N-Nachlieferungsvermögen, dass eine zusätzliche N-Düngung zu Silomais nach Zwischenfrucht keinen Mehrertrag bringt und der Mais den von den Zwischenfrüchten aufgenommenen Stickstoff nahezu vollständig verwerten kann. Diese Ergebnisse belegen, dass die

Zwischenfruchtart/-gemenge	C/N-Verhältnis	Umsetzbarkeit
Leguminosen	1 : 8 – 1 : 12	schnell
Landsberger Gemenge	1 : 9	schnell
Kruziferen	1 : 10 – 1 : 13	schnell
Phacelia	1 : 10 – 1 : 14	schnell
Gräser	1 : 12 – 1 : 17	schnell-mittel
Gemenge mit Leguminosen	1 : 10 – 1 : 20	schnell-mittel
Sonnenblume, Buchweizen	1 : 20	mittel
Getreidestroh	1 : 100	langsam

Tabelle 3: C/N-Verhältnisse einiger Zwischenfruchtgemenge und Umsetzbarkeit der organischen Substanz nach Einarbeitung (eigene Darstellung)

in der aktuellen Düngeverordnung [7] aufgeführten Abschläge auf den N-Düngebedarf beim Anbau von Zwischenfrüchten durchweg zu niedrig angesetzt sind.

Nicht immer folgt jedoch Mais auf eine Zwischenfrucht. Inwieweit die Folgekultur die N-Freisetzung aus der Zwischenfrucht nutzen und damit Stickstoffdünger eingespart werden kann, hängt entscheidend vom zeitlichen Verlauf der N-Aufnahme der Folgefrucht und demjenigen der N-Nachlieferung aus der organischen Substanz zusammen. Untersuchungen von Beisecker et al. [23] zur N-Nachlieferung von Ackerböden zeigen, dass insbesondere Kulturen mit langer Wachstumsdauer und dem höchsten N-Bedarf im Zeitraum Mai bis August den mineralisierbaren Stickstoff gut nutzen können, da in diesem Zeitraum auch die höchsten Mineralisationsraten ermittelt wurden. Kulturen mit kurzer Wachstumsdauer wie z. B. Sommergerste haben dagegen den höchsten N-Bedarf, wenn die N-Mineralisation noch relativ gering ist und können deshalb den Stickstoff aus der N-Freisetzung weniger gut verwerten. Hier kann es je nach Witterung beim Anbau von Zwischenfrüchten sogar zu höheren N_{min} -Gehalten nach der Ernte kommen. Am besten können deshalb Kulturen mit langsamer Jungendentwicklung und langer Wachstumsdauer wie Zuckerrüben, Silomais oder Kohl die N-Nachlieferung aus einer vorherigen Zwischenfrucht verwerten.

Literatur

[1] Beisecker R, Dießelberg F, Seith T, Senoner F, Zettl E, Strom A, Hannappel S (2019): *Veränderungen der Wasseraufnahme und -speicherung landwirtschaftlicher Böden und Auswirkungen auf das Überflutungsrisiko durch zunehmende Stark- und Dauerregenereignisse*. Endbericht Forschungskennzahl 3717 48 242 0, Berlin

[2] Bodner G, Scholl P, Loiskandl W, Kaul H-P (2013): *Einfluss von Zwischenfruchtwurzeln auf das Sekundärporensystem des Bodens*. In: Merbach W, Augustin J, Ruppel S (Hrsg) *Humusreproduktion, pflanzliche Nährstoffdynamik und Rhizosphäre*, Bd 24. Dr. Köster, Berlin, S 76–84

[3] Jacobs G (2011) *Zehrt der Maisanbau an den Humusvorräten? Mit organischer Düngung und Zwischenfrüchten auf der sicheren Seite*. *Mais* 38(3):118–121

[4] Kolbe H, Schuster M, Hänsel M, Grünbeck A, Schließer I, Köhler A, Karalus W, Krellig B, Pommer R, Arp B (2004): *Zwischenfrüchte im ökologischen Landbau*. Fachmaterial Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Dresden

[5] Grosse M, Heß J (2018): *Sommerzwischenfrüchte für verbessertes Stickstoff- und Beikrautmanagement in ökologischen Anbausystemen mit reduzierter Bodenbearbeitung in den gemäßigten Breiten*. *Journal für Kulturpflanzen* 70(6):173–183

[6] Lütke Entrup N, Bodner G, Hötte S, Kivelitz H, Laser H, Stemann G (2018): *Zwischen- und Zweitfrüchte im Pflanzenbau*

[7] Düngeverordnung DüV (2020) *Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen*

[8] Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH) (2016): *Zwischenfruchtleitfaden*, Kassel

[9] Neff R, Prediger G (2012): *Aktuelle Fachinformation Pflanzenproduktion. Zwischenfruchtanbau 2012*. Kompetenz für Landwirtschaft und Gartenbau, Bad Hersfeld

[10] Renius W, Lütke Entrup E, Lütke Entrup N, Kees H (1992): *Zwischenfruchtbau zur Futtergewinnung und Gründüngung. Ein Baustein zur Bodenfruchtbarkeit und zum Umweltschutz*, 3. Aufl. DLG-Verlag, Frankfurt (Main)

[11] Armbruster M, Wiesler F (2015): *Zwischenfruchtmischungen auf leichten Böden*. *Landwirtschaftliches Wochenblatt* (23):18–19

[12] Konen L, Schäfer W (2016): *Grundwasserschutzorientierte Dauerversuche. Einfluss einer Zwischenfrucht auf Sickerwasserqualität und Stickstoffaustrag*, Hannover

[13] Schmidt, Anja, Gläser H (2014) *Anbau von Zwischenfrüchten. Auswertung der Versuchsanlagen 2013/14*, Dresden

[14] Steffens D, Schubert S, Phielers M, Gebauer W-G (2018): *Was steckt in der Zwischenfrucht. Optimierung der Stickstoff-Düngung von Silomais*. *Landwirtschaftliches Wochenblatt* (12):18–21

[15] Thielen S (2019): *Blüten statt Brachen*. *Landwirtschaftliches Wochenblatt* (23):25–30

[16] Armbruster M, Anicker F, Wiesler F (2018): *Positive Wirkung auch bei Trockenheit im Herbst. Zwischenfruchtanbau auf leichten Böden*. *Landwirtschaftsblatt Weser-Ems* (23):26–28

[17] Schließer I, Schuster M, Kolbe H (2010): *Zwischenfrüchte im Ökolandbau*

[18] Piegholdt C, Riediger S, Beisecker R (2014): *Zwischenfrüchte schützen Stickstoff vor Auswaschung. Wieviel N-kann gebunden werden?* *Landwirtschaftliches Wochenblatt* 223(33):23

[19] Tendler L, Beisecker R (2015): *Mit so viel Stickstoff können Sie rechnen*. *dlz agrarmagazin* (11):106–110

[20] Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2019): *Grundwasserschutzorientierte Landbewirtschaftung*. *Versuchsbericht 2017*

[21] Merbach W, Hölzel D, Schalitz G, Pickert J, Jacob HJ, Latus C (1997): *Lysimeter Investigations on the Effect of Winter Catch Crops and Weeded Fallow on the N-Dynamics in a Sandy Treposol Soil of Northeast Germany*. *Isotopes in Environmental and Health Studies* 33(1-2):53–59. doi:10.1080/10256019808036359

[22] Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) (2003): *Zwischenfruchtanbau*

[23] Beisecker R, Piegholdt C, Seith T, Helbing F (2015): *Abschätzung der standortspezifischen Stickstoffnachlieferung zur Optimierung der gewässerschonenden Stickstoffdüngung* (DVGW-Forschungsvorhaben W 1-01-11). Band III – Dokumentation

[24] Lütke Entrup N (2001): *Zwischenfrüchte im umweltgerechten Pflanzenbau*. Mann, Gelsenkirchen

[25] Bodner G, Summerer H, Ecker F, Rosner J (2011): *Zwischenfruchtanbau ist auch im Trockengebiet machbar*. *Ländlicher Raum* (09)

[26] Bodner G (2013): *Hydrologische Effekte des Zwischenfruchtbaus im Trockengebiet*. *Innovation* (2):18–20

[27] Böttcher F (2013): *Wasserverbrauch und Wasserbilanz von Zwischenfrüchten auf Trockenstandorten*. *Ackerbautagung GKB und LLFG, Bernburg*

[28] Böttcher F, Schmidt M, Müller E, Schmidt A, Weiske T (2015): *Grünes Licht für Zwischenfrüchte. Ergebnisse von Wasserhaushaltsuntersuchungen im Zwischenfruchtanbau*. *Landwirtschaft ohne Pflug* (6):34–39

[29] Spiess E, Prasuhn V, Stauffer W (2011): *Einfluss der Winterbegrünung auf Wasserhaushalt und Nitratauswaschung*. 14. Gumpensteiner Lysimeteragung

[30] Mauden R, Beisecker R, Tappe N, Böge S, Fink M (2007): *Das Modellvorhaben Flussgebietsmanagement Weida. Reduzierung des diffusen Stickstoffeintrags aus landwirtschaftlich genutzten Flächen im Einzugsgebiet der Weida (Thüringen)*. Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie, Erfurt

Autorin und Autor

Dr. Richard Beisecker
 Theresa Seith, M.Sc.
 IfÖL GmbH (Ingenieurbüro für Ökologie und Landwirtschaft)
 Windhäuser Weg 8
 34123 Kassel
 Tel.: 0561 701515-10
 E-Mail: rb@iföel.de
 Internet: www.iföel.de

