

# 10 Jahre

## Modellbetriebe 2024

Etablierung grundwasserschonender  
Anbauverfahren für die Landwirtschaft und  
den Gartenbau

Wasser- und  
Ressourcen-  
schutz

# Strahlwirkung der Modellbetriebe



# Zwischenfruchtanbau



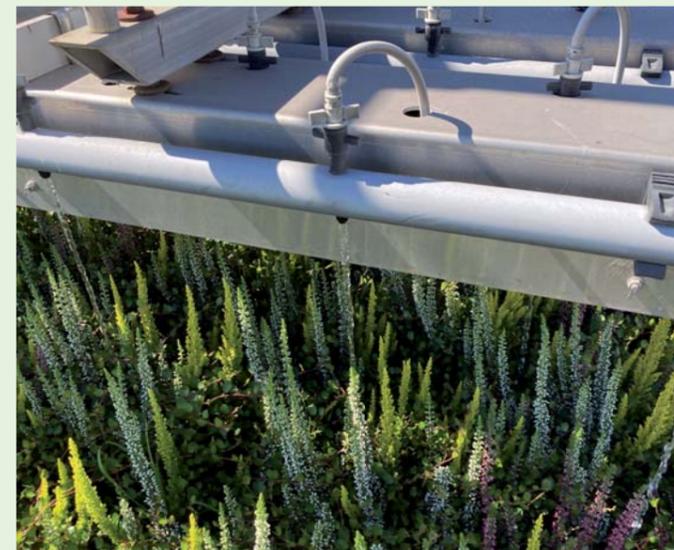
# Dem Stickstoff auf der Spur



# Bodenbearbeitung



# Grundwasserschonender Düngemiteleinatz



# Bewässerung



# Inhalt

1   Modellbetriebsberater in NRW	6
2   Lage der Modellbetriebe und Saugplattenanlagen	7
3   Strahlwirkung der Modellbetriebe	8 - 11
4   Dem Stickstoff auf der Spur	12 - 22
a. Böden und Niederschlagsmengen beeinflussen die NO <sub>3</sub> -Konzentrationen im Sickerwasser	
b. Einfluss der Bewirtschaftung auf die Sickerwasserkonzentrationen	
I. Hohe N-Werte nach der Winterweizenaussaat sind zu relativieren	
II. Minderungsstrategien im Gemüseanbau	
III. Verringerung von Reststickstoff nach der Maisernte	
IV. Zwischenfrüchte als zentrales Element der Bewahrung des Nährstoffkreislaufs	
c. Nährstoffbelastungen bei der Freilandhaltung von Schweinen – Praxisbericht aus der Begleitung im Rahmen der WRRL	
5   Grundwasserschonender Düngemitelesatz	23 - 33
a. Wirtschaftsdünger zu Mais Unterfuß platziert	
b. Düngung im Gartenbau	
c. Digitalisierung: NIRS – Einsatz zur Düngung und Bestandespflege „Grain-Sensing“	
d. Den pH-Wert des Ackerbodens nicht aus der Sicht verlieren!	
6   Zwischenfruchtanbau	34 - 49
a. Planting Green	
b. Direktsaaten bei Zwischenfrüchten	
c. Zwischenfrucht-Management im Gartenbau	
d. Bio Strip Till in konventionell wirtschaftenden Betrieben	
e. Grasuntersaaten im (konventionellen) Maisanbau	
7   Bodenbearbeitung	50 - 57
a. Dauerdemoanlage Bodenbearbeitung und Controlled Traffic Farming (CTF)	
b. Maisaussaats im Dreiecksverband	
c. Hacken, Striegeln, Bandspritzung, Digitalisierung: Pflanzenschutzmittel (PSM) Reduktion durch moderne Technik	
8   Bewässerung	58 - 77
a. Raindancer mit GPS und Sektorsteuerung	
b. Erste Erfahrungen mit der Tropfberegnung bei Kartoffeln	
c. Tropfbewässerung im Rhabarberanbau	
d. Bodenfeuchtemonitoring auf ausgewählten Modellbetrieben mit Bewässerung	
e. Bewässerung nachhaltig gestalten – Unterflur-Pilotanlagen in NRW Modellbetrieben	
f. Bewässerung im Zierpflanzenbau – Demoanlagen im Pfingstrosenanbau	
I Demoanlagen im Zierpflanzenbau	
II Exaktgießwagen im Zierpflanzenbau	
III Drainwasserrückführung von Stellflächen im Zierpflanzenbau	
9   Ausblick	78
Impressum	79

## Verzeichnis der Abkürzungen:

- › GROWA: Regionalisierte Quantifizierung der diffusen Stickstoff- und Phosphoreinträge in das Grundwasser und die Oberflächengewässer Nordrhein-Westfalens
- › N: Stickstoff | › ZF: Zwischenfrucht | › NO<sub>3</sub>: Nitrat | › NH<sub>4</sub>: Ammonium
- › NIRS: Nahinfrarotspektroskopie, damit können Inhaltsstoffe der Gülle quantifiziert werden
- › Nmin: Ist der mineralisch verfügbare Stickstoff im Boden, ermittelt durch eine Analyseverfahren bei der LUFA
- › WRRL: Wasserrahmenrichtlinie
- › UF: Unterfuß, dabei erfolgt die Düngerablage unterhalb des Samenkorns
- › P205: Phosphat
- › RTK: Real Time Kinematic: Verfahren zur Vermessung mit 1-2 cm Genauigkeit, z. B. bei Feldarbeiten, werden in Echtzeit berechnet
- › m<sup>3</sup>: Kubikmeter | › cm: Zentimeter | › ha: Hektar | › FM: Frischmasse (Ertrag)
- › CTF: Controlled Traffic Farming | › PSM: Pflanzenschutzmittel

# Vorwort



## Zehn Jahre Modellbetriebe der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) in NRW

Es ist uns eine große Freude, Ihnen mit dieser Broschüre einen Einblick in die bisherige Arbeit zu gewähren. Tauchen Sie ein in innovative Lösungen für eine nachhaltigere Landwirtschaft. Diese Jubiläumsbroschüre stellt sowohl einen Rückblick auf unsere Erfolge, als auch einen Wegweiser für mögliche zukünftige Entwicklungen dar.

Die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) bildet das Fundament unseres Engagements. Sie fordert von uns einen verantwortungsvollen Umgang mit der kostbaren Ressource Wasser und verpflichtet uns dazu, die Grundwasserqualität nachhaltig zu verbessern. Die Modellbetriebe der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (LWK-NRW) sind Pioniere auf diesem Weg des Wandels. Durch ihr Engagement, ihre Experimentierfreudigkeit und ihre Bereitschaft zu Neuem haben sie Maßstäbe verschoben und entwickeln Standards, die in der hiesigen Landwirtschaft Beachtung finden.

In den vergangenen zehn Jahren haben wir einiges erreicht. Durch die Implementierung innovativer Bewirtschaftungsmethoden, den Einsatz modernster oder neu entwickelter Technologien und die Förderung des Austauschs zwischen Landwirten, Beratern, Forschern und Behörden sind wir auf dem Weg, nachhaltigere Landwirtschaftspraktiken zu verbreiten. Dabei standen stets die Prinzipien der Übertragbarkeit auf andere landwirtschaftliche und gartenbauliche Betriebe im Mittelpunkt unseres Handelns. Doch trotz des bisher Erreichten, es gibt noch Vieles zu testen, zu prüfen und auszuprobieren. Die Modellbetriebe können in den kommenden Jahren eine Schlüsselrolle dabei spielen, um Lösungen für geringere Einträge ins Grundwasser zu finden und diese in die Praxis umzusetzen.

Wir möchten allen Beteiligten danken – den Landwirten und Gärtnern, den Kollegen, den Wissenschaftlern, den Behörden und allen anderen. Gemeinsam leisten wir einen Beitrag zur Verbesserung des Grundwassers im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie. Ganz besonderen Dank gilt den Ministerien für Landwirtschaft und Verbraucherschutz sowie Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes NRW für das entgegengebrachte Vertrauen und die finanzielle Unterstützung.

Möge diese Jubiläumsbroschüre nicht nur ein Rückblick auf bisherige Ergebnisse sein, sondern auch eine Vision für die Zukunft.

*Das Modellberaterteam aus NRW*



# 3

## Strahlwirkung der Modellbetriebe

### 3 | Strahlwirkung der Modellbetriebe

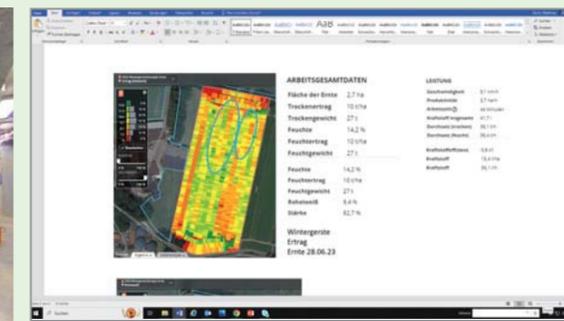
– Unsere Arbeit trägt Früchte –

Die Aktivitäten in den Modellbetrieben führten in der Vergangenheit bereits zu Aussagen oder vielversprechenden Ergebnissen, die eine intensivere Untersuchung in Folgeprojekten bewirken. Auszugsweise sind dort zu benennen:

- An den Saugplattenstandorten in Nörvenich und Korschenbroich hat das Forschungszentrum Jülich Lysimeter entnommen und in Jülich aufgestellt. In Kooperation mit dem Forschungszentrum werden die Saugplattenanlagen validiert und zusätzliche Parameter wie C-Bilanzen, Sickerwassermengen, N-Verlagerung usw. bei identischer Bewirtschaftung ermittelt.
- Die Nahinfrarotspektroskopie (NIRS-Sensor zur nährstoffgenaueren Wirtschaftsdüngerabgabe) wurde in den Modellbetrieben intensiv untersucht und die Anerkennung durch die DLG angeregt und durchgeführt. NIRS wird jetzt auch im Versuchswesen der LWK-NRW eingesetzt.
- In mehreren Modellbetrieben wird die Nutzung der Digitalisierung auf eine Erhöhung der N-Effizienz und eine Verringerung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes geprüft. Daraus erwachsen ist die AG Digitalisierung bei der LWK-NRW.
- Insbesondere im Münsterland starteten in den Modellbetrieben erste Demoanlagen zur Gülleensäuerung nach dänischem Muster. Die Ergebnisse waren sehr vielversprechend. Mittlerweile ist daraus das „Modell- und Demonstrationvorhaben (MUD) Säure Plus im Feld“ hervorgegangen.
- Ein wichtiger Schritt der Eintragsreduzierung von Stickstoff (N) waren technische Entwicklungen zur Realisierung der Reihendüngung im Gartenbau, die im Austausch mit Rheinland Pfalz (Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum) stattfanden. Mittlerweile nutzen mehrere Betriebe in NRW die Reihendüngung, in den Modellbetrieben mit Gartenbau – konventionell wie öko – ist sie Standard geworden. Das Versuchswesen und die Landesinitiative Gartenbau hat die Reihendüngung mit aufgenommen.



a. Lysimeteranlage Jülich;  
Foto: Dr. Gabriele Alscher



b. Ertragskarte mit NIRS



d. Angesäuerter Wirtschaftsdünger,  
höheres Volumen, bessere Fließfähigkeit,  
weniger Ammoniakausgasung



e. Maschine Reihendüngung



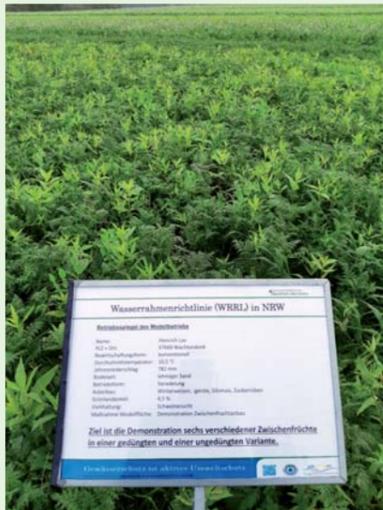
e. Reihendüngung

- f. Im Gartenbau setzen Modellbetriebe EDV-Programme ein, um die N-Nachlieferung abzuschätzen und sachgerechter düngen zu können. Mittlerweile wird das Programm NDICEA (Nitrogen Dynamics In Crop rotation in Ecological Agriculture) in einer Landesinitiative mit Versuchen zur N-Nachlieferung weiter verfeinert. In den Modellbetrieben wurden die Daten auf Demoflächen mit erhoben.
- g. Aufgrund von Demoanlagen und den Ergebnissen aus der Arbeit mit den Saugplatten – unterstützt durch trockene Jahre – erfolgen nun mit einer 1/2 Arbeitskraft in den Modellbetrieben Demoanlagen zu Bewässerungssystemen. In den Modellbetrieben wurden Pilotanlagen errichtet, u. a. auch zur Unterflurbewässerung. Nach den ersten Erfahrungen hat die Bewässerung von ausgewählten Feldfrüchten in das Versuchswesen der Landwirtschaftskammer Eingang gefunden.
- h. Die Reduzierung von Pflanzenschutzmitteln durch Hacken, Bandspritzung und ergänzender Digitalisierung wird in ausgewählten Modellbetrieben untersucht und getestet. Diese Erfahrungen sollen in eine Landesinitiative des Pflanzenschutzdienstes (PSD) der Landwirtschaftskammer einfließen.
- i. Aus der engen Zusammenarbeit mit dem Pflanzenschutzdienst und den Modellbetrieben wurden Konzepte zur flachen Bodenbearbeitung erarbeitet. Ziele sind die Reduzierung von Ungräsern, Erosionsminderung, wassersparende Bewirtschaftung und die Einsparung von Pflanzenschutzmitteln
- j. Langjährige Demoanlagen in den ökolog. Modellbetrieben zu Speicherleistung & Verlusten von Zwischenfrüchten und wie diesen begegnet werden kann, sind in das Versuchswesen (u.a. Leitbetriebe Uni Bonn und Wiesengut) aufgenommen und behandelt worden. Ideen zur Anlage von Streifensaaten wurden nachgebildet und überprüft. Diese Erkenntnisse aus der Modellbetriebs- & Versuchsarbeit sind die Grundlage für weitere Versuchsreihen im Praxisforschungsnetzwerk Hessen in Zusammenarbeit mit der Uni Witzenhausen und Hochschule Rhein-Waal.
- k. Aus den Erfahrungen der Direktsaat auf Modellbetrieben ist ein Arbeitskreis Direktsaat an der Kreisstelle Warendorf entstanden.

- l. Der Modellbetrieb Finkes Hof überzeugte die Jury durch ein besonders nachhaltiges Konzept zum Bio-Gemüsebau und wurde dafür in der Kategorie „Ressourcenschutz, Naturschutz und Landschaftsgestaltung“ als Bundessieger ausgezeichnet. Nach Einschätzung der Jury ist es dem Finkes Hof gelungen, unter schwierigen Rahmenbedingungen auf sehr leichten Böden einen innovativen Bio-Betrieb mit dem Schwerpunkt Gemüsebau zu etablieren und zukunftsfähig aufzustellen. Die Saugplattenanlagen und die Begleitung als Modellbetrieb wurden besonders erwähnt.
- m. Darüber hinaus errang der Zierpflanzenbaubetrieb Dercks mit der Entwicklung des Exaktgießwagens samt Energiekette den IGUS-award. Vertreter aus Fachmedien, Wirtschaft und Forschung verliehen dem Modellbetrieb Dercks Gartenbau GmbH für ein besonders nachhaltiges Projekt den grünen Vektor. Es hatten sich 232 Unternehmen aus 36 Ländern beworben (Quelle: IGUS)



g. Messtation mit Bodenfeuchtsensor



i. Test Zwischenfruchtanbau und Einsparung Pflanzenschutzmittel



j. Streifensaart



l. Preisverleihung Finke (Foto aus Internet)



m. IGUS Adward 2022 – Preisverleihung; Foto IGUS

# 4

## Dem Stickstoff auf der Spur



## 4 | Dem Stickstoff auf der Spur

Im Jahr 2016 wurden die Saugplattenanlagen in NRW an 12 Standorten eingebaut. Damit stehen nun 6 Sickerperioden für Aussagen zu einer grundwasserschonenderen Bewirtschaftung zur Verfügung.



Abb.: Saugplattenanlage



Abb.: Sickerwasserprobe

Im Jahr 2023 wurden an den Standorten in Nörvenich und Korschenbroich Bodenausschnitte entnommen. Diese stehen nun in der Lysimeteranlage im Forschungszentrum Jülich. Mithilfe genauerer Untersuchungen werden so die Ergebnisse der Saugplattenuntersuchungen validiert. Zusätzlich werden weitere Informationen über die Böden gewonnen, wie z. B. die stufenweise Nährstoffverlagerung, Humusveränderungen, Temperatureinflüsse, Sickerwassermengen usw.

Abb.: Lysimeteranlage im Forschungszentrum Jülich



### a. Böden und Niederschlagsmengen beeinflussen die NO<sub>3</sub>-Konzentrationen im Sickerwasser

An allen Standorten wurden parallel zum Einbau der Saugplatten Daten zur Evaluierung erhoben. Dazu zählten auch bodenphysikalische Untersuchungen. Diese liefern Aussagen zu den Feldkapazitäten. Wetterstationen zeichnen die Wetterdaten, Bodenfeuchtigkeit und -temperaturen auf. Beim GROWA-Projekt werden im Forschungszentrum Jülich einmal jährlich die Sickerwassermengen modelliert. Diese erhalten wir für alle Saugplattenstandorte. In Kombination mit den an den Saugplatten ermittelten Sickerwasserkonzentrationen können die Verluste in kg N/ha abgeleitet werden.

Vorweg eine Bemerkung zum Sickerwasser, das je nach Boden in 80 cm bis 100 cm Tiefe aufgefangen wird. Sowohl die anfallenden Sickerwassermengen als auch die Nährstoffkonzentrationen (Nitrat, Kalium, Phosphor, Schwefel) werden für die Evaluierung ermittelt. Nicht zu verwechseln mit den Sickerwasserkonzentrationen sind die Konzentrationen im Grundwasser. Bis zum Grundwasser werden die Nährstoffe weiter abgebaut. Insbesondere im Rheinland können bei den tiefgründigen Böden die Nährstoffe durch die Wurzeln ein bis zwei Meter unterhalb unserer Saugplatten noch durch die Pflanzen genutzt und vor Auswaschung in das Grundwasser bewahrt werden. Im Winter verlagern sich die Nährstoffe auf den Lösstandorten nur um ca. 1 m nach unten. So fällt es Rüben oder Weizen sehr leicht, z. B. das verlagerte Nitrat wieder zu nutzen. Auch die Böden selber haben das Potenzial über chemische und biologische Prozesse die Nährstoffe abzubauen oder in ihre Humusmasse einzubauen.



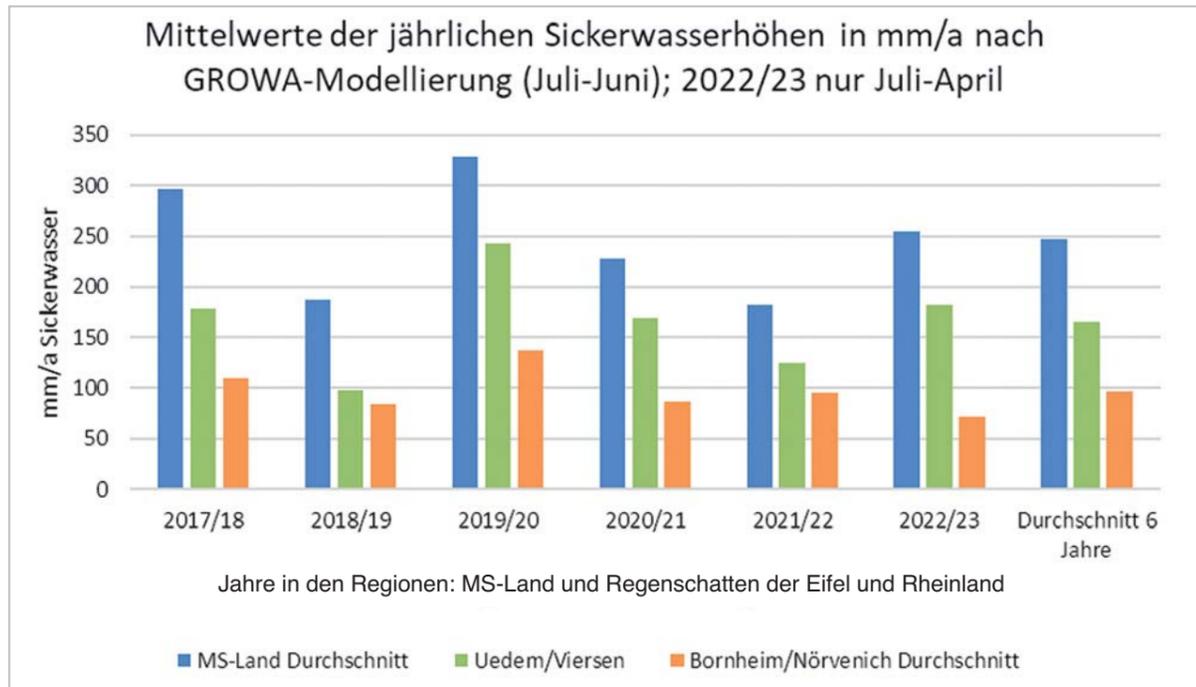


Abb. 1: Mittelwerte der jährlichen Sickerwasserhöhen. Quelle: GROWA NRW

Im Münsterland mit den sandigen Standorten (Borken/Ochtrup/Haltern am See und Gescher) ist die Sickerwasserbildung am höchsten. Im Durchschnitt der sechsjährigen Messreihe liegt sie bei knapp 250 l/m<sup>2</sup>. Auffällig ist, dass am Niederrhein die Sickerwasserbildung trotz vergleichbarer Niederschlagsmengen um ca. 80 Liter niedriger liegt. Der entscheidende Faktor sind die Feldkapazitäten. Am Niederrhein liegen diese an den Saugplattenstandorten fast genau um diese Größenordnung höher. Das Wasser wird in den Flächen am Niederrhein bis ca. 1,2 m Tiefe im Sommer quasi vollständig aufgebraucht. Eine Sickerwasserbildung kann erst beginnen, wenn die Böden wieder aufgefüllt sind. Das ist im Münsterland dank der geringeren Feldkapazitäten deutlich früher der Fall.

Die Feldkapazitäten an den Saugplattenstandorten im südlichen Rheinland sind ähnlich denen des Niederrheins, jedoch aufgrund des Regenschattens der Eifel sind die Niederschläge geringer, so dass die Sickerwasserbildung im Vergleich zum Niederrhein nochmals um ca. 60 Liter niedriger liegt.

In nachfolgender Tabelle 1 vom Deutschen Verband des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW) wird der Zusammenhang zwischen den N-Verlusten, den Sickerwassermengen und den NO<sub>3</sub>-Konzentrationen im Sickerwasser dargestellt. Danach dürfen die N-Verluste in den Regenschattengebieten der Eifel mit ca. 100 Litern Sickerwasserbildung nur maximal 10 - 15 kg N im Sickerwasser betragen. Nur dann wird der Grenzwert der WRRL von 50 mg NO<sub>3</sub>/Liter erreicht.

Tabelle 1 – Mittlere Nitratkonzentrationen des Sickerwassers in mg/l für Nitratausträge zwischen 10 kg N/ha und 60 kg N/ha und jährliche Sickerwasserraten zwischen 100 mm und 400 mm (Austauschhäufigkeit (AH) = 100)

Nitrataustrag N <sub>aus</sub> in kg/ha	Mittlere jährliche Sickerwasserrate in mm						
	100	150	200	250	300	350	400
10	44	30	22	18	15	13	11
15	66	44	33	27	22	19	17
20	89	59	44	35	30	25	22
25	110	74	55	44	37	32	28
30	133	89	66	53	44	38	33
35	155	103	78	62	52	44	39
40	177	118	89	71	59	51	44
50	222	148	111	89	74	63	55
60	266	177	133	106	89	76	66

DVGW W 104 Arbeitsblatt

Am Niederrhein steigt der Wert auf 15 - 20 kg, im Münsterland sind es ca. 30 kg N-Verluste, um die Grenzwerte nicht zu überschreiten. Daraus erkennt man, wie allein diese zwei Faktoren, Feldkapazität und Niederschlagshöhen die NO<sub>3</sub>-Konzentrationen im Sickerwasser deutlich beeinflussen.

Tabelle 1: DVGW Arbeitsblatt über mittlere Nitratkonzentrationen in mg/l Nitratausträge

Dieser Zusammenhang wird auch in der Abb. 2 bestätigt. Die Konzentrationen im Sickerwasser werden an den Saugplattenstandorten in NRW durch ihre jährlichen Sickerwassermengen beeinflusst. Je niedriger die Sickerwasserbildung, umso höher die Konzentrationen.

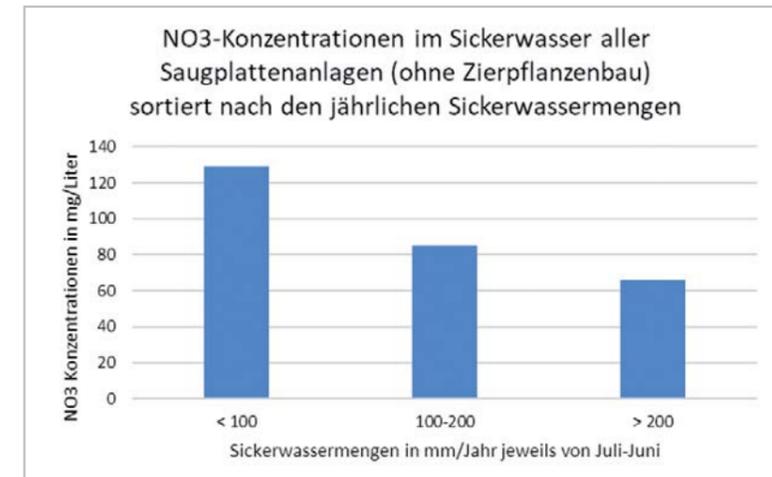


Abb. 2: NO<sub>3</sub>-Werte Saugplatten sortiert nach Sickerwasserhöhen

### Fazit

Die Feldkapazitäten und die Niederschlagsmengen beeinflussen die Sickerwassermengen. Die Böden müssen im Herbst zunächst aufgefüllt werden, bevor Sickerwasser anfällt. Dies dauert in Regenschattengebieten deutlich länger. Die Sickerwassermengen beeinflussen die Sickerwasserkonzentrationen deutlich. Je weniger Sickerwasser, umso höher die Konzentrationen.

### b. Einfluss der Bewirtschaftung auf die Sickerwasserkonzentrationen

Die Feldkapazitäten, Niederschlags- und Sickerwassermengen sind jedoch nicht allein für die Konzentrationen im Sickerwasser verantwortlich. Einige weitere Faktoren sollen im Folgenden erläutert werden.

Wie in Abb. 3 dargestellt, gibt es bei den einzelnen ausgewählten Fruchtfolgegliedern deutliche Unterschiede der vorgefundenen Sickerwasserkonzentrationen. Es handelt sich hier jeweils um den Durchschnitt aller 12 Saugplattenstandorte.

Die niedrigsten Werte sind jeweils bei den Zwischenfrüchten zu finden. Das verdeutlicht ihre hohe Bedeutung für den Grundwasserschutz. Auffällig und unerwartet sind die hohen Werte sowohl nach der Aussaat von Wintergetreide als auch nach dem Maisanbau.

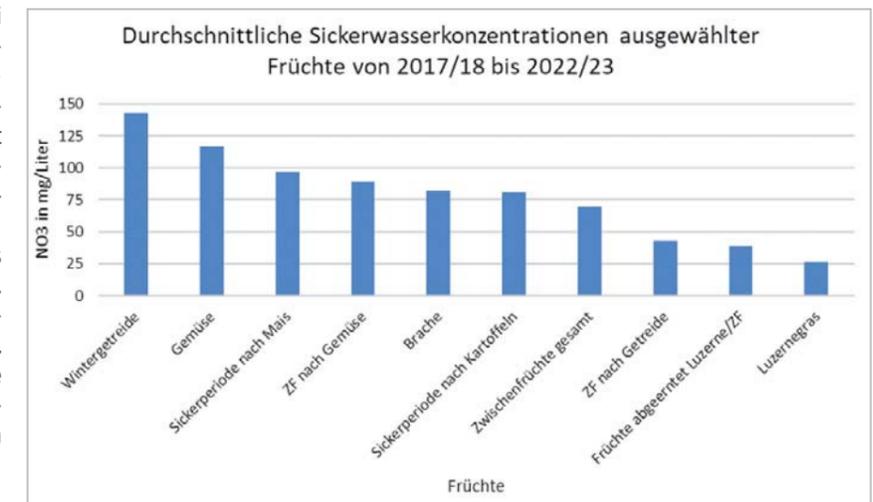


Abb. 3: Durchschnittliche Sickerwasserkonzentrationen während oder nach einzelnen Fruchtfolgegliedern

Die Kartoffeln liegen hier recht niedrig. Das liegt am hohen Anteil von Speisekartoffeln in den Modellbetrieben, die früh gerodet werden, so dass dort noch Zwischenfruchtanbau realisiert werden kann. Im Folgenden sollen Minderungsstrategien in den Modellbetrieben erläutert werden, die sich bisher als erfolgreich dargestellt haben.

**Fazit:** Die Bewirtschaftung und Fruchtfolge beeinflusst die Sickerwasserkonzentrationen deutlich.

## b.I. Hohe N-Werte nach der Winterweizenaussaat sind zu relativieren

Die Abb. 4 zeigt den Verlauf der Nmin-Werte und der Sickerwasserkonzentrationen von den Flächen, auf denen Winterweizen ausgesät wurde.

Die Sickerperiode beginnt ca. in der 48.-ten Woche und endet ca. in der 20.-ten Woche. Jeder schwarze Punkt stellt einen Beobachtungspunkt mit einer Sickerwasseranalyse dar.

Oberhalb der „Null“-Linie werden die Nmin-Werte und deren Verläufe dargestellt. Vor der Sickerperiode sind die Nmin-Werte unterschiedlich hoch. Die relativ hohen Sickerwasserkonzentrationen beim Weizen resultieren aus der Verlagerung und Auswaschung des restlichen im Boden vorhandenen Stickstoffs am Ende der Vegetationsperiode vor der Aussaat. Hinzu kommt die Mineralisierung im Winter. Je wärmer der Winter, umso mehr wird durch Mineralisierung freigesetzt.

Insofern ist die Strategie in den Modellbetrieben zweigleisig:

- Die Eingliederung des Weizens in die Fruchtfolge ist von hoher Bedeutung. Vor der Bestellung sollte der Reststickstoff im Boden möglichst gering sein, die Vorfrucht sollte diesen entzogen haben. Die Verlagerung des Reststickstoffs in der folgenden Sickerperiode ist sehr wahrscheinlich.
- die Mineralisierung sollte durch wenig oder flache Bodenbearbeitung, größtenteils mit Verzicht auf den Pflug, verringert werden.
- Erste Demoanlagen mit Direktsaat sind erfolgt. Hier sind noch vielfältige Erfahrungen notwendig, um diese landesweit einzusetzen. Eine gute Bodengare und gut durchwurzelungsfähiger Boden sind erforderlich. Das ermöglicht die Erschließung der vollen Feldkapazitäten und Nährstoffe.

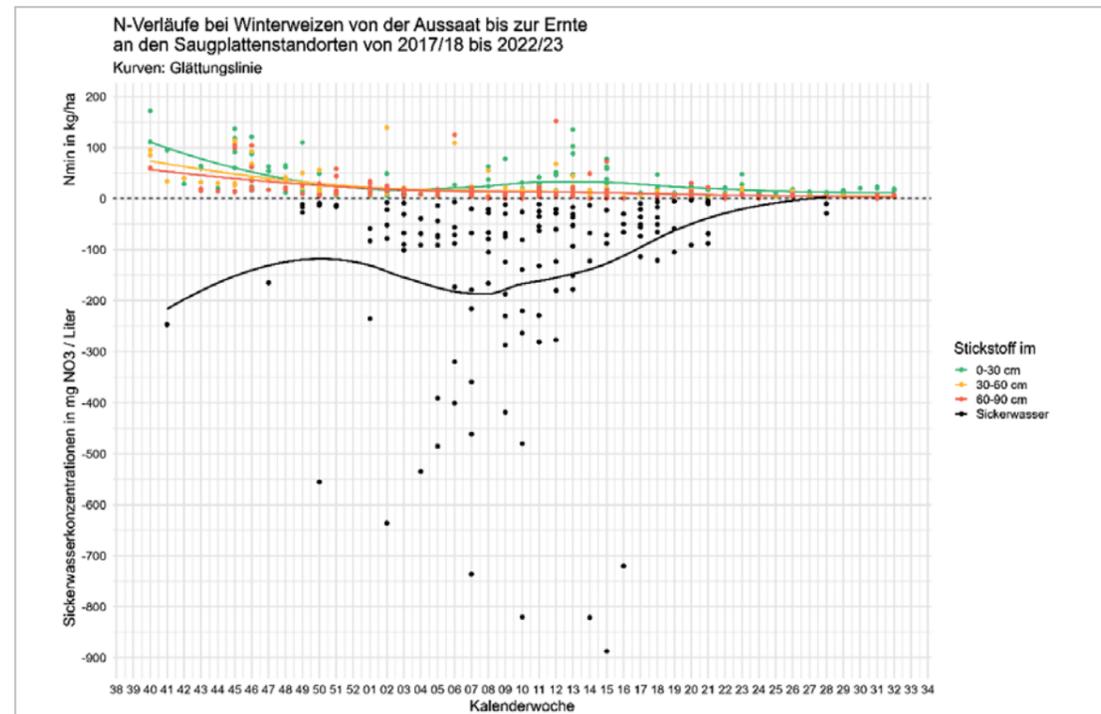


Abb. 4: N-Dynamik bei Winterweizen – Nmin und Sickerwasserkonzentrationen

- Zuckerrüben als Vorfrucht sollten so spät wie möglich gerodet werden.
- Nicht zu vergessen sind die Möglichkeiten innerhalb der Fruchtfolge. Insbesondere kann nach Getreide eine Zwischenfrucht ideal geführt werden, so dass die Auswaschungen nach dem Weizen sehr niedrig sind.
- Desweiteren sind die hohen Werte zu relativieren, da unterhalb der Saugplatten verlagertes Stickstoff durch die Wurzeln erreichbar ist. Insofern stimmen die ausgewiesenen Sickerwasserkonzentrationen und hochgerechneten Verluste beim Winterweizen auf tiefgründigen Standorten nicht. Sie werden zu hoch ausgewiesen. Weitergehende Untersuchungen und Ergebnisse über die Nutzung des Stickstoffs unterhalb der Saugplatten könnte zukünftig das Forschungszentrum Jülich mit den Lysimetern liefern.

## Fazit

Vor der Weizenaussaat sind niedrige Nmin-Werte anzustreben. Die Bodenbearbeitung sollte die Mineralisierung so wenig wie möglich anregen.

## b.II. Minderungsstrategien im Gemüseanbau

Wie in Abb. 3 (Seite 15) dargestellt, sind die Sickerwasserkonzentrationen bei Gemüse recht hoch. Bestimmte Gemüsearten sind bezüglich der Nitratauswaschungen sehr anfällig. Die Gründe sind oftmals kulturphysiologisch bedingt. Bei bestimmten Kulturen liegt ein Grund in der geringen Durchwurzelungstiefe (z.B. Spinat, Feldsalat, Radies, Salate). Eine weitere Herausforderung bei einigen Kulturen beruht auf den hohen N-Mengen, die auf dem Feld verbleiben (z.B. bei Blumenkohl, Brokkoli, Rosenkohl). Bei größeren Niederschlägen können die Nährstoffe oft tiefer verlagert werden und sind für die Wurzeln nicht mehr erreichbar. Und nach der Ernte mineralisieren die eingearbeiteten Erntereste sehr schnell und setzen Nährstoffe frei, da Gemüse in der Regel im vegetativen Stadium geerntet wird. Das gilt es mehr für die Folgekulturen zu nutzen.

Für die Bewertung der kulturartphysiologischen Besonderheiten und Ableitung geeigneter Maßnahmen zur Minderung der potenziellen N-Verluste ist von der Wasserschutzberatung der LWK im Gartenbau ein Ansatz „Gesamtbetriebliches N-Management“ entwickelt worden.

In den Modellbetrieben werden bereits erfolgreich mehrere Maßnahmen durchgeführt, um die N-Verluste bei Gemüse nachweislich zu reduzieren.

- Die Reihendüngung dicht an den Wurzeln der Pflanzen erlaubt bereits eine deutliche Gabenreduzierung bei gleichen Erträgen und Qualitäten.
- Die Düngegaben werden gesplittet, so dass bei dem Anwässern der Pflanzen und unplanbaren Niederschlägen das Auswaschungspotenzial an Nährstoffen geringer ist.
- Bei der zweiten Düngergabe, die von Nmin Untersuchungen begleitet wird, kann der aktuelle Bedarf genauer ermittelt werden. Insbesondere die bisherige Nachlieferung des Bodens ist besser kalkulierbar. Oft ergibt sich daraus eine reduzierte Nährstoffgabe. Der personelle Betreuungsaufwand der Kulturen ist allerdings höher.
- Es wird versucht Bewässerungsgaben an die Durchwurzelungstiefe, die Bodenfeuchte und den Bedarf der Pflanzen sowie die zukünftige Witterung anzupassen. Es fehlen noch die idealen Verteilsysteme. Tropfbewässerung ist aufgrund der kurzen Vegetationsdauer vieler Gemüsearten keine wirtschaftliche Alternative; die Gießwagen müssten noch angepasst werden.
- Kurz vor der Ernte kann teilweise der letzte Düngbedarf mit einer Kopfdüngung gezielt ausgebracht werden.
- Fahrgassen werden in den ökologisch wirtschaftenden Modellbetrieben mittlerweile oft begrünt, eine Übertragung auf weitere Modellbetriebe soll probiert werden.
- Gemüse wird oft in den Betrieben zum Verkauf aufbereitet. Die Sortierreste werden versuchsweise nicht mehr auf Gemüsegelder gefahren, sondern möglichst einer alternativen Verwertung, z. B. der Verfütterung, zugeführt.
- Insbesondere bei spät geerntetem Kohl wird versucht, diesen nicht mehr einzuarbeiten. Das reduziert die Mineralisierung. Aus phytosanitären Gründen ist das nicht immer möglich. Es bleibt ein Abwägen von Vor- und Nachteilen.

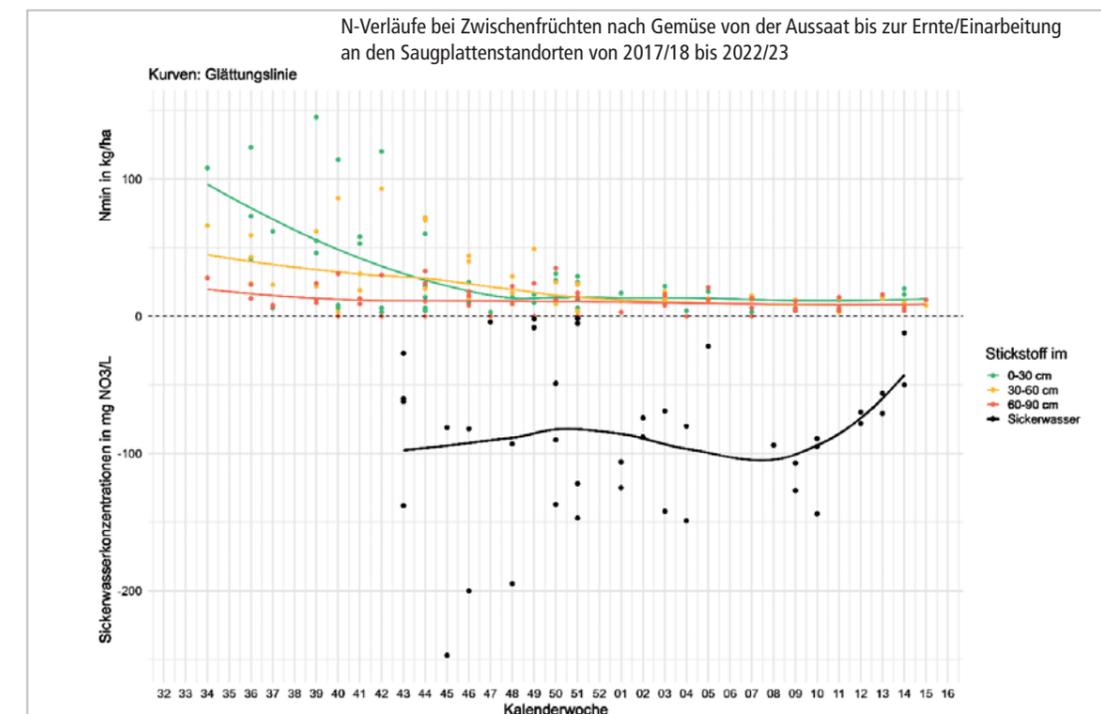


Abb. 5: N-Verläufe nach Gemüse mit Zwischenfruchtanbau

Wie in Abb. 5 (Vorseite) dargestellt, sollten, wo immer möglich, Zwischenfrüchte nach Gemüse angebaut werden. Die doch sehr hohen N-Vorräte im Boden (siehe N-min-Werte bis zur KW 42) und die zusätzliche Mineralisierung können zumindest teilweise durch die N-Aufnahme in den Zwischenfrüchten abgefangen werden. Nach Gemüse wurden bis zu 150 kg N in den Zwischenfruchtdemoanlagen nach Gemüse gebunden und damit vor der Auswaschung bewahrt. Eine Kombination aus schnell wachsenden Zwischenfrüchten, die zügig den Stickstoff im Boden binden und winterharten Zwischenfrüchten, die nach dem Abfrieren Ersterer den Stickstoff im Kreislauf behalten, hat sich bewährt. Insbesondere für die gezielte Bewässerung sind noch viele Demovorhaben erforderlich. Diese müssen darauf abzielen, die richtige Verteilung und Dosierung mit arbeitswirtschaftlich vertretbarem Aufwand realisieren zu können. Hier fehlt es derzeit jedoch noch an praktikablen Lösungen.

**Fazit:** Reihendüngung, Gabensplitting, angepasste Bewässerung und eine aufgelockerte angepasste Fruchtfolge möglichst mit Zwischenfrüchten reduzieren im Gemüseanbau die N-Verluste.

### b.III. Verringerung von Reststickstoff nach der Maisernte

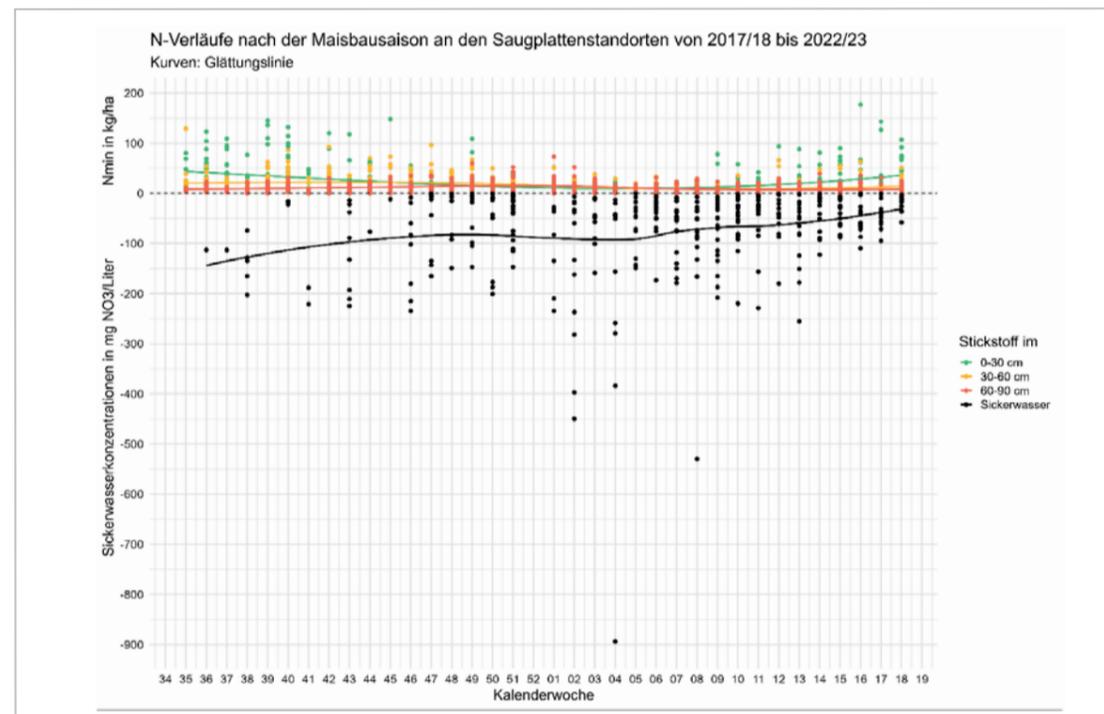


Abb. 6: N-Verläufe nach Silomais

Vor dem Silomaisanbau können sehr gut Kombinationen aus abfrierenden und winterharten Zwischenfrüchten stehen und die Nährstoffe „über den Winter bringen“. Dadurch sind die NO<sub>3</sub>-Konzentrationen im Sickerwasser im vorhergehenden Winter bei einer geeigneten Fruchtfolge sehr niedrig. Ebenso sind während des Silomaisanbaus kaum Auswaschungen feststellbar. Das Wasser wird zum Wachstum benötigt und in der Regel fällt im Sommer kein Sickerwasser an. Das sind alles sehr gute Voraussetzungen für einen grundwasserschonenden Silomaisanbau. Auch die Düngerausbringung zu Mais findet in der Regel dann statt, wenn kaum noch Nährstoffverlagerungen zu erwarten sind, da der Boden anfängt abzutrocknen und die Sickerbewegungen nachlassen.

In den letzten trockenen Jahren haben wir jedoch nach der Ernte von Silomais in der nachfolgenden Sickerperiode teilweise recht hohe Sickerwasserkonzentrationen festgestellt, die abgesenkt werden müssen. Das stellen wir selbst da fest, wo der Mais in den Modellbetrieben mittlerweile erfolgreich mit einer negativen N-Bilanz angebaut wird. Das heißt, das der Stickstoffaufwand in Form von Düngung deutlich geringer ist als der in der Erntemenge gebundene Stickstoff. Diese hohen Konzentrationen nach Mais haben wir hauptsächlich in trockenen Sommern und milden Wintern festgestellt. In trockenen Sommern können die Pflanzen durch reduzierte Massebildung den Stickstoff nicht verwerten und es verbleibt Reststickstoff im Boden, der im Winter ausgewaschen wird. In den milden Wintern mineralisiert der Boden weiter und setzt Stickstoff frei, der direkt auszuwaschen droht.

Folgende Maßnahmen können die N-Verluste bei Mais nach der Ernte reduzieren:

- Mittels Strip Till, sehr oft ohne weitere Unterfußdüngung, kann ein kleines, aber ausreichendes Startdepot für den Mais angelegt werden.
- Bei Biostriptill kann zusätzlich der Mais in die Leguminosenreihe gelegt und die N-Düngung weiter reduziert werden.
- Ein Splitten der Wirtschaftsdüngergaben hat sich insbesondere in trockeneren Jahren als sinnvoll erwiesen. Mit der zweiten Gabe im vier- bis sechs-Blattstadium kann auf den bisherigen Wachstumsverlauf, das aktuelle Wetter und den Nährstoffhaushalt im Boden reagiert werden. Insbesondere dann, wenn die vorherige Zwischenfrucht bereits mineralisiert. So lassen sich die Reststickstoffmengen bei der Ernte reduzieren.
- Ein Vertrauen in die Nachlieferung von Stickstoff aus dem Boden ermöglichen in humusreichen Böden geringere zweite Düngegaben.
- Die Anlage von Untersaaten kann im Herbst nach der Ernte die Stickstoff-Verlagerung deutlich verringern. Jedoch muss dabei gegenüber einer ungewollten Vermehrung von Problemgräsern auf einigen Standorten abgewogen werden.
- Bewässerung zur Minderung des Reststickstoffs: Mais hinterlässt in trockenen Jahren oft Restnährstoffe im Boden. Dies resultiert aus einem deutlich geringerem Entzug, da aufgrund der Wasserknappheit deutlich weniger Pflanzenmasse gebildet wurde. Und im Münsterland werden diese Restnährstoffe in der nachfolgenden Sickerperiode fast vollständig ausgewaschen. In diesen Fällen hat sich bei ersten Demoanlagen gezeigt, dass teilweise schon durch eine Gabe von 30 mm Wasser die Erntemenge von Mais und damit der Nährstoffentzug deutlich erhöht werden kann. Folglich sinken die Auswaschungen in der Sickerperiode im Vergleich zur Variante ohne Bewässerung deutlich. Bewässerung kann Wasserschutz bedeuten.
- Der Boden muss tiefgründig sein. Verdichtungen sind unbedingt zu vermeiden, damit die Wurzeln das Nährstoff- und Wasserpotenzial erschließen können. Dies führt zu deutlich höheren Entzügen und Erträgen.

### Fazit

Unterfußdüngung, zweite (reduzierte) Düngegabe nach Nmin, Untersaaten nach Mais und ggfs. Bewässerung reduzieren den Reststickstoff im Boden nach der Ernte und damit die Auswaschung.

### b.IV. Zwischenfrüchte als zentrales Element der Bewahrung des Nährstoffkreislaufs

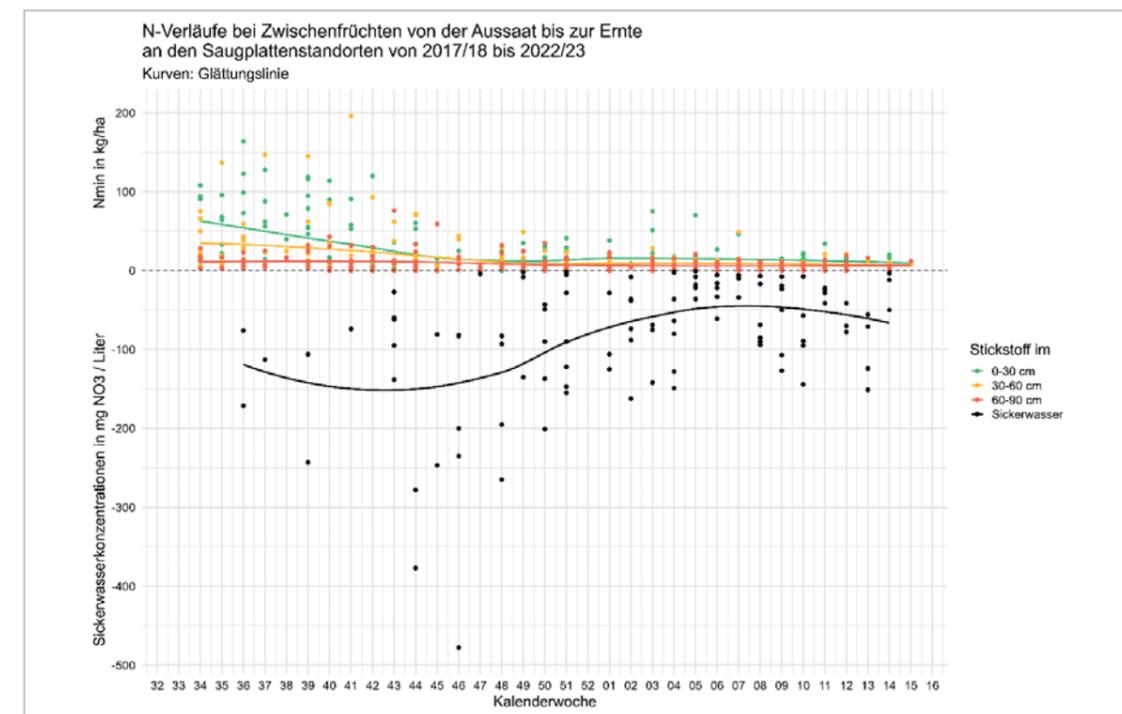


Abb. 7: N-Verläufe bei Zwischenfrüchten

Zwischenfrüchte sind die zentrale Stellschraube für die Verringerung der N-Austräge ins Grundwasser. Sie binden viel Pflanzenmasse und können diesen so über den Winter bringen, wie Abb. 7 (Vorseite) zu entnehmen ist. Jedoch ist es wichtig, diese frühzeitig auszusäen, damit sie sich gut entwickeln können. Bei extremen Dürren können sie nicht etabliert werden. Dann muss das Restwasser im Boden durch bodenschonende Aussaaten, z. B. Direktsaaten, genutzt werden. Ansonsten fehlt der Entzug der Nährstoffe durch die Zwischenfrüchte und die Auswaschung im Herbst verlagert merklich die freigesetzten Nährstoffe (siehe Abb. 8). Außerdem sollten die Zwischenfrüchte so kurz wie möglich vor der Folgefrucht eingearbeitet werden. Das kann bei einer Zwischenfrucht aber auch eine Wartezeit von 3 Wochen bedeuten. Zudem sollte die Zwischenfrucht gut eingearbeitet werden, damit sie sich vollständig zersetzen kann, wie es sich bei dem Nachbau von Blumenkohl zeigte, es gab Unverträglichkeiten.

Erste Demovorhaben mit der Einarbeitung z. B. in den Kartoffeldamm waren erfolgreich, die Düngung kann dann noch deutlich reduziert werden, da die Nachlieferung aus den mineralisierenden Zwischenfrüchten höher ist. Dazu werden Folgedemos in den Modellbetrieben durchgeführt werden. Daneben regen die Zwischenfrüchte das Bodenleben an und verbessern merklich die Bodenstruktur. Diese gilt es zu bewahren und nicht durch frühzeitiges Befahren durch Verdichtungen zu gefährden.

Ab der KW 7-9 steigen die Sickerwasserkonzentrationen oft wieder an (siehe Abb. 7). Dies resultiert aus dem Absterben der nicht winterharten Zwischenfrüchte. Durch eine Aussaat zusammen mit winterharten Zwischenfrüchten kann das vermieden werden, da sie den Stickstoff der absterbenden Zwischenfrüchte aufzunehmen vermögen.

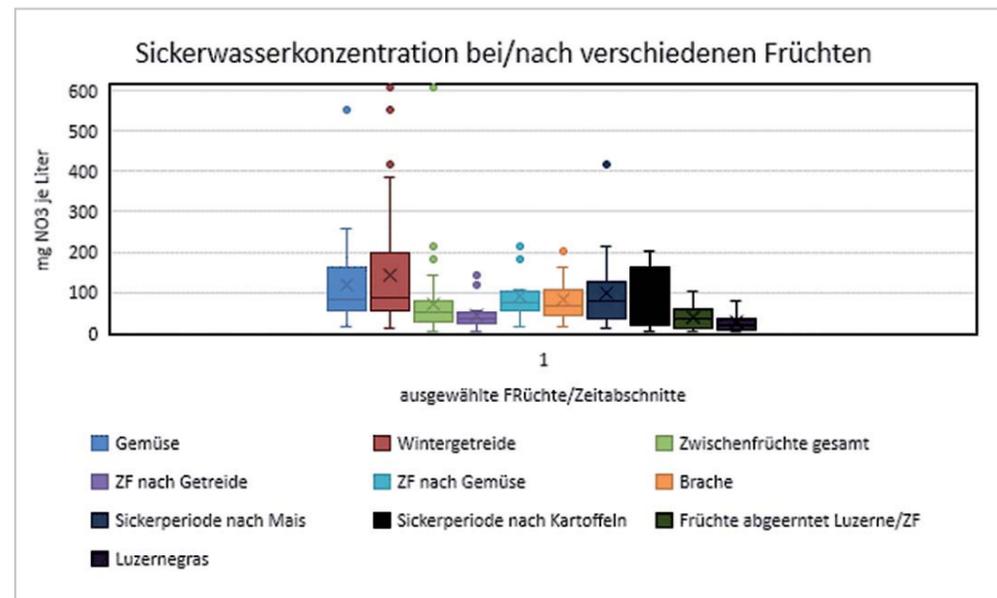


Abb. 8: Varianzen der Sickerwasserkonzentrationen

Abb. 8 zeigt noch einmal die Varianzen der Nährstoffverluste der verschiedenen auffälligen Fruchtfolgegliedern. Insbesondere bei Winterweizen, Gemüse und Mais gibt es große Ausschläge bezüglich der Verluste. Diese resultieren teilweise aus Extremata auf den Trockenstandorten. Aber nicht nur! Mit der Beachtung der oben beschriebenen Empfehlungen lassen sich die N-Verluste reduzieren. Die Zwischenfrüchte sind ein wesentliches Element für Bodenfruchtbarkeit und Nährstoffkreisläufe.

### Fazit

Zwischenfruchtanbau wann immer möglich. Die N-Nachlieferung aus Zwischenfrüchten angemessen berücksichtigen.

## c. Nährstoffbelastungen bei der Freilandhaltung von Schweinen – Praxisbericht aus der Begleitung im Rahmen der WRRL

Im Rahmen von Nmin-Untersuchungen auf einem der ökologischen WRRL- Modellbetriebe in NRW konnte eine bereits optimierte Freilandhaltung begleitet werden. Es handelt sich um gezielt angelegte Flächen im Rahmen der Fruchtfolge, die bis dato mit Klee gras bewachsen waren (Optimierung momentan hinsichtlich legumfreier Mischung). Die Tiere werden einmal im Februar und einmal im August auf eine andere Fläche umgetrieben. Auf den Um- bzw. Abtrieb folgen am Mai Silomais und ab September eine winterharte ZF aus Kruziferen.

Im Projektbetrieb weisen die Abteile eine Größe von ca. 4000 m<sup>2</sup> auf und es waren ca. 25 Tiere im Schnitt aufgetrieben. Dies entspricht einem Besatz von 31,25 Tieren pro ha und Jahr. Die verbandsgebundenen maximal durch Düngung aufzubringenden 112 kg N sowie die 170 kg N nach EU-Öko-VO werden im Schnitt des Betriebes im Rahmen der Fruchtfolge eingehalten. Werden die Nährstoffmengen auf zwei Jahre umgelegt, also in der Nachfrucht Silomais mit verwertet, so kommt es zu Nährstoffanfällen von 150 kg N und 56 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pro ha und Jahr, welche von Kulturpflanzen entzogen werden können.

Einen Konflikt mit dem Wasserschutz gibt es aber vorwiegend aufgrund der Verteilung der Nährstoffe, sie liegen vorwiegend in den Hotspots vor und führen somit zu einer Aufkonzentration des Sickerwassers an diesen Stellen. U.a. in den Schutzhütten der Schweine waren erhöhte Nmin-Werte festzustellen. Diese sind dadurch zu erklären, dass hier vermehrtes Wühlen in Kombination mit hohen Bodentemperaturen (aktives Bodenleben) zur Freisetzung von N aus Boden und org. Substanz führt. Auch das vermehrte Harn absetzen und abkoten im Randbereich außerhalb der Hütten kann hierfür ursächlich sein.

### Grundsätzlich sind hohe Nmin-Werte an folgenden „Hotspots“ feststellbar:

1. Wühlbereich: intakte Fläche wird durch Wühlen der Tiere durchlüftet, die Narbe zerstört und Stickstoff (N) freigesetzt, im Randbereich Abkoten und Urinieren
2. Schutzhütte: ausreichende Durchfeuchtung vom Rand her, aktives Wühlen bzw. Zurechtlegen der Streu und hohe Temperatur durch hohe Besatzdichten führen zur N-Mobilisierung, teilw. Abkoten und Urinieren im Randbereich
3. Suhlen: Von den Tieren im Winter oder künstlich angelegte und gepflegte Suhlen werden im Sommer durch Wühlarbeiten vergrößert bzw. verändert, es kommt zu Sickerbewegungen und N-Austrag aus dem Randbereich
4. Futterbereich: durch hoch frequentierte Stand- und Laufbereiche wird die Narbe zerstört, Futterreste erhöhen die N-Verluste

Alle diese „Hotspots“ nehmen teilw. nur einen sehr kleinen Teil der Fläche ein, die u.U. sehr hohen Nmin-Werte müssen dem entsprechend flächengewichtet werden. Ein Mastabteil, das beispielsweise bei Auftrieb im Sommer noch zu 80 % intaktes Klee gras bzw. eine Narbe aufweist, kann bei nassen Bedingungen im Herbst bis zu 90 % Wühlbereich entsprechen. Dementsprechend müssen die Nmin-Werte betrachtet werden.

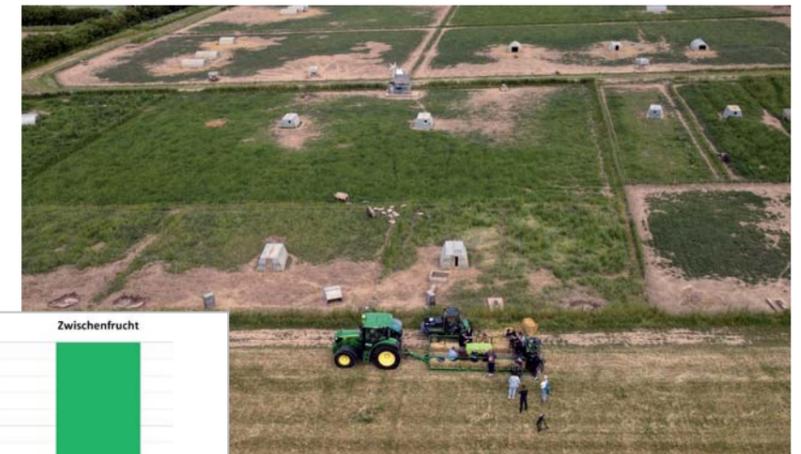


Abb. 10: Freilandhaltung Schweine 2023. Foto: Paul Bird

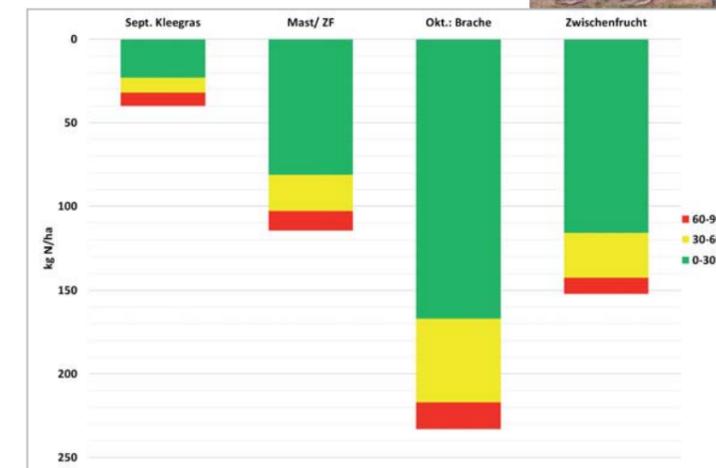


Abb. 9: Nmin-Werte in 0-90 cm in kg/ha nach Schweinehaltung bis August, winterharte Zwischenfrucht nach Bodenbearbeitung ab Mitte September im Vergleich zur Brache (keine Begrünung)

In der Grafik (Abb. 9: siehe Vorseite) ist zu erkennen, wie die Werte sich bis September in einem vertretbaren Maße zeigen, denn nur 16 % der Fläche sind aufgrund der Trockenheit von den Schweinen bearbeitet worden. Mit einsetzender Feuchtigkeit ab September steigen die Nmin-Werte dann aber deutlich und eine Verlagerung in die zweite Schicht findet bis zum Beginn der Sickerwasserperiode 2022 im November statt. Dies zeigt, dass ein Wechsel der Fläche zu diesem Zeitpunkt sehr ungünstig ist, da kein N mehr gebunden werden kann. Hohe Werte im August sind durch eine Begrünung im September hingegen noch zum Teil zu halten. Der Verlagerung in tiefere Schichten oder ggf. sogar ins Grundwasser wird entgegengewirkt (Abb. 11).

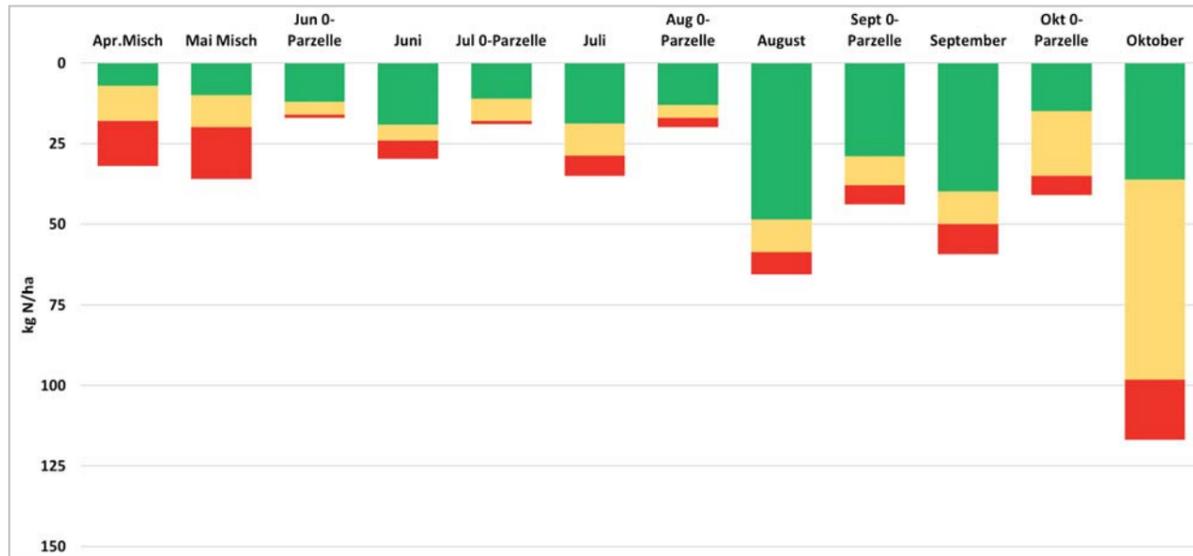


Abb. 11:  
Nmin-Werte in 0-90 cm in kg/ha in den Monaten April bis Oktober 2022 unter einem Mastabteil flächengewichtet im Vergleich zur 0-Parzelle (keine Schweinehaltung)

Die Zwischenfruchtmischung hat im Mittel 144 kg Stickstoff im oberirdischen Aufwuchs vor Winter aufgenommen. Die Nmin-Werte waren aber zu hoch um durch eine Zwischenfrucht kompensiert zu werden. Aufbauend auf diesen Ergebnissen sollte die Freilandhaltung grundsätzlich folgende Bedingungen erfüllen:

- Ausreichend Abstand zu Grund- und auch Oberflächengewässern, kein Gefälle
- Ausreichend Unterboden um Nährstoffe halten zu können, keine Drainage
- Möglichst keine reinen Sandstandorte, Standorte mit hohen Sickerraten meiden
- Zuwegung zu den hoch frequentierten Orten jeder Gruppe (Futter, Suhle, Wasser) von außen heranzuführen, um Fahrspuren (Narbenschäden) im Abteil zu verhindern

Zusammengefasst lässt sich feststellen, dass von der meist praktizierten Haltung mit befestigtem Auslauf nach heutigem Standard (AwSV) keine Gefahr ausgeht. Es ist ein geschlossenes System ohne Verluste von Nährstoffen ins Grund- und / oder Oberflächengewässer.

In den wenigen Fällen einer Freilandhaltung (siehe Beispiel Projektbetrieb) muss jedem Betriebsleiter/Versorger/Berater klar sein, welche Verlustquellen dort vorliegen. Außerdem müssen alle Register gezogen werden, um diese hohen Frachten möglichst gering auf einem möglichst kleinen Teil der Fläche zu halten. Somit ist eine intensive Begleitung durch die Beratung unerlässlich. Nmin-Messungen sind hierbei das Werkzeug, um die Umsetzung des Haltungskonzeptes auf dessen Effektivität hin zu überprüfen und zu optimieren.

In Abb. 9 bis 11 ist ersichtlich, welche hohen Nmin-Werte trotz sehr extensiver Haltung unter trockenen Bedingungen entstehen können. Bei höheren Belegdichten, nasserem Bedingungen und weniger Wechsellagen der Fläche muss somit davon ausgegangen werden, dass die Nmin-Werte weit höher sein werden. Um also eine Freilandhaltung von Schweinen mit dem Grundwasserschutz vereinbaren zu können, bedarf es einer weiteren Extensivierung (geringe Belegdichten), höherer Frequentierung innerhalb der Fruchtfolge und Perfektionierung der Begrünung, u.a. auch Verbesserung der Mischungen, die als Schweineweide dienen sollen.

5

## Grundwasserschonender Düngemiteleinsetz



# 5 Grundwasserschonender Düngemittleinsatz

## a. Wirtschaftsdünger zu Mais Unterfuß platziert

Im Rahmen der Modellbetriebsversuche wurde die Effektivität verschiedener Gülleausbringungsmethoden im Maisanbau untersucht. Eine der angewendeten Methoden umfasste die gezielte Platzierung der Gülle rechts und links neben der zukünftigen Maisreihe mittels eines Güllegrubbers. Eine Woche nach der Platzierung der Gülle erfolgte das Drillen des Maiskorns zwischen den beiden Güllebändern, wobei eine Tiefenlockerungsvariante integriert werden konnte, da die Güllebänder nicht exakt unter dem Korn lagen.

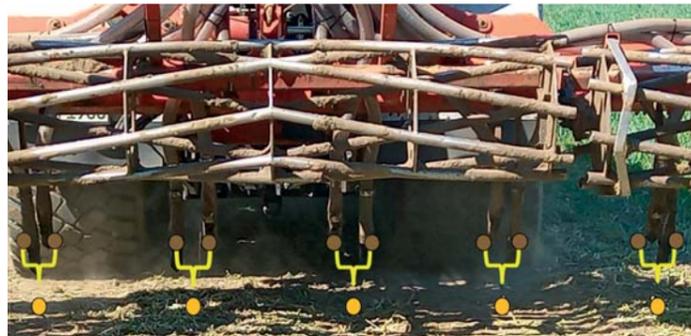


Abb. 1: Schema zur Unterfußdüngung von Wirtschaftsdünger

Um die Vergleichbarkeit sicherzustellen, wurden zwei weitere Anbaumethoden angewendet: Zum einen das klassische Strip-Till-Verfahren und zum anderen eine betriebsübliche Variante mit Breitausbringung der Gülle, gefolgt von einer Einarbeitung. Diese Varianten wurden parallel zum Güllegrubberverfahren durchgeführt, um die Vor- und Nachteile jeder Methode zu analysieren. Zur genauen Erfassung der Auswirkungen der Platzierung wurden unterschiedliche Düngestufen berücksichtigt. Zudem wurde auf die Zugabe von mineralischem Unterfußdünger verzichtet, um den Einfluss der Gülleplatzierung isoliert zu betrachten.

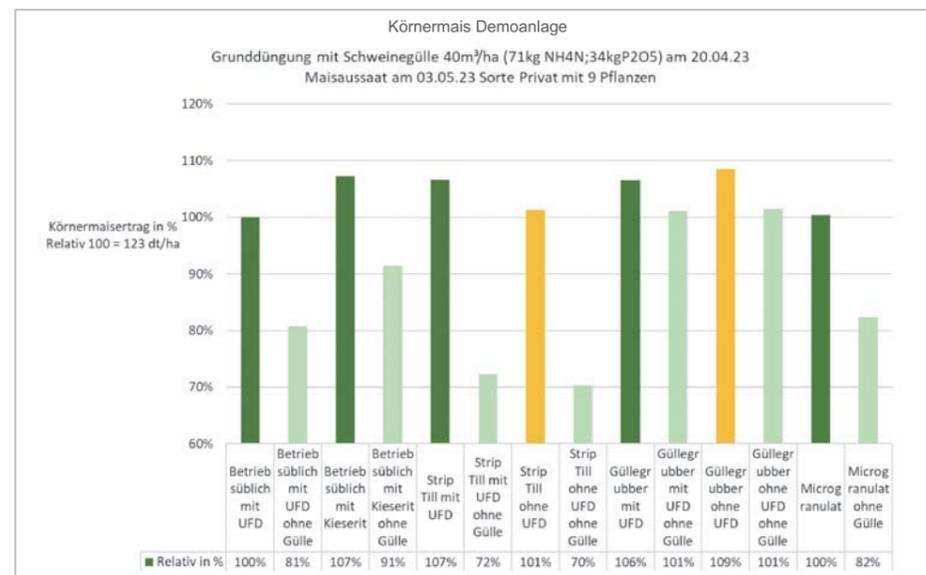


Abb. 2: Körnermais Demoanlage, Grunddüngung mit Schweinegülle und Kieserit

Über mehrere Jahre hinweg hat sich gezeigt, dass die gezielte Platzierung der Gülleausbringung es ermöglicht, auf die Zugabe von mineralischem Unterfußdünger zu verzichten. Zudem konnte eine gesteigerte Nährstoffeffizienz aus der Gülle im Vergleich zur Breitausbringung festgestellt werden. Diese Ergebnisse (siehe Abb. 2) unterstreichen die Vorteile einer präzisen Gülleplatzierung und legen nahe, dass diese Methode dazu beitragen kann, sowohl die Kosten als auch die Umweltauswirkungen der Düngung zu reduzieren. Die Ergebnisse dieser Demoanlage verschiedener Varianten sollen dazu beitragen, effizientere und nachhaltigere Anbaumethoden für den Maisanbau zu entwickeln und den Landwirten fundierte Empfehlungen für die Praxis zu geben.

### Fazit

Mit der platzierten Gülleablage kann auf die mineralische Unterfußdüngung verzichtet werden. Die Nährstoffeffizienz wird erhöht, die Auswaschung verringert.

## b. Düngung im Gartenbau

### Unterfuß- und Reihendüngung im ökologischen Gemüsebau

Die Effekte einer Unterfußdüngung sind gerade bei der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern bekannt, wie die Berichte aus den Modellbetrieben der letzten Jahre u.a. zu Mais und Weißkohl zeigen. Im intensiven (Öko-) Gemüsebau werden beachtliche Mengen an Handelsdüngemitteln (vorwiegend Keratine wie Haarmehlpellets) zu den Kulturen mit hohem oder schnellem Bedarf an Stickstoff gedüngt. Gerade in den frühen Sätzen zeigt sich aber eine verzögerte Wirkung, die mit der vorherrschenden Bodentemperatur zu begründen ist. Die Pellets müssen vom Bodenwasser gelöst, vom Bodeneben zerlegt und durch Bakterien zu Nitrat umgebaut werden. Dieser Prozess geht bei niedrigen Temperaturen nur langsam von statten. Eine Erhöhung der N-Menge ist oftmals die Folge, dies kann zwar den für die Pflanzen verfügbaren Stickstoff während der Kulturzeit kurzfristig erhöhen, die Überschüsse nach Kultur steigen jedoch und sind verlustgefährdet. Gerade in den frühen Satzkulturen ab März ist auf den leichten Standorten (hier Borken: IS mit >250 mm Sickerwasser/Jahr) eine Sickerbewegung bis in den April und Mai hinein zu beobachten, das Verlagern von überschüssigem Stickstoff ist bis dahin jederzeit möglich.

Den Anteil von Handelsdüngemitteln im Betrieb auf ein Mindestmaß zu reduzieren und den eingesetzten Stickstoff so effizient wie möglich zu nutzen sollte das oberste Ziel sein, auch, da die Handelsdüngemittel mit Preisen von 6 bis 15 €/kg N sehr teuer sind. In einem Modellbetrieb haben wir uns daher ab 2019 diesem Thema gewidmet und die Düngetechnik verbessert. Der Standard ist ein Tellerstreuer, hiermit ließen sich die Pellets nur großflächig ausbringen. Der Tellerstreuer und der verbesserte Kastenstreuer, der aber teilweise nur begrenzt für die größeren Pellets im ökolog. Gartenbau einsetzbar ist, stellen die gängige Praxis dar. Im Modellbetrieb konnten keine Breiten ausgelassen und unterschiedliche Mengen ausgebracht werden. Der Dünger musste nachträglich eingefräst werden. Nur ein sehr kleiner Teil liegt letztendlich an der Kultur; bei einem Pflanzabstand von 0,75 m können die Wurzeln einen Großteil der ausgebrachten Nährstoffe nicht erreichen.



Abb. 1 Aufbau: links und rechts Prallbleche, mittig Düngechar

Abb. 2: ausgeklappte Düngechar



Die nun konzipierte Maschine besitzt alle 0,75 m ein Schar mit dem die Pellets direkt auf 10 - 15 cm in den Boden eingeschleut werden, hier wird im Anschluss direkt auf das Düngeband gepflanzt. Dabei werden einzelne Pellets an die Seite gedrückt. Sie liegen aber immer in der Nähe des Pflanzballens, von Wurzeln erreichbar. Nach Pflanzung kann mit der Maschine auch gedüngt werden, indem das Schar hochgeklappt und über zwei Prallteller jeweils von beiden Seiten an die Pflanze gedüngt wird. Der folgende Hackgang sorgt dafür, dass die Pellets bedeckt werden und sich schneller und verlustarm umsetzen. Die Maschine besitzt drei Teilbreiten zu je 3 m, so dass unterschiedlich hohe Mengen satzweise ausgebracht oder Streifen (z.B. Erntegassen) ausgelassen werden können.

Der Effekt, den wir uns gerade von der Unterfuß-Ablage erhofften, nämlich eine erhöhte Ausnutzung des Düngemittels, verringerte Überschüsse, schnellere Entwicklung und bessere Qualitäten, galt es nun zu überprüfen. In den Jahren 2020-22 legten wir deshalb folgende Demoanlagen mit vierfach wiederholter Beerntung und Auswertung in den Varianten 100 % (vom Düngbedarf) breit, 80 % Unterfuß, 60 % Unterfuß und eine 0-Variante (keine Düngung) an:

2020 grüner Blumenkohl 05. Juni bis 05. August mit 200 kg N kor. N-Soll nach Abzug der Mistdüngung

2021 erster Satz Brokkoli 09. März bis 14. Juni mit 240 kg N/ha nach Abzug der Mistdüngung von 40N

2022 erster Satz weißer Blumenkohl 08. März bis 15. Juni mit 280 kg N/ha (keine Düngung vorab)

Aufgrund der kürzeren Standzeit, erhöhten Mineralisierungsraten beim später gepflanzten grünen Blumenkohl und der Vorrucht Winterackerbohne wurde 2020 nur 1/3 vorab gelegt und 2/3 der Menge 30 Tage nach Pflanzung. Der Nmin-Wert in der 0-Variante (ohne Düngung) lag 14 Tage nach Pflanzung bereits bei 150 kg/ha in 0-60 cm. In den Jahren 2021 und 2022 folgte ein zweiter Satz Kohl, Überschüsse wurden verwertet und bei der nachfolgenden Zudüngung berücksichtigt.

Es wurden 2/3 des errechneten Bedarfs vorab Unterfuss gegeben, der Rest in den Bestand per Prallblech an die Pflanze mit anschließendem Einhacken ca. 60 Tage nach Pflanzung. In beiden Jahren lag der Nmin-Wert 30 Tage nach Pflanzung in der 0-Variante bei 120 - 130 kg/ha Nmin in 0 - 60 cm.

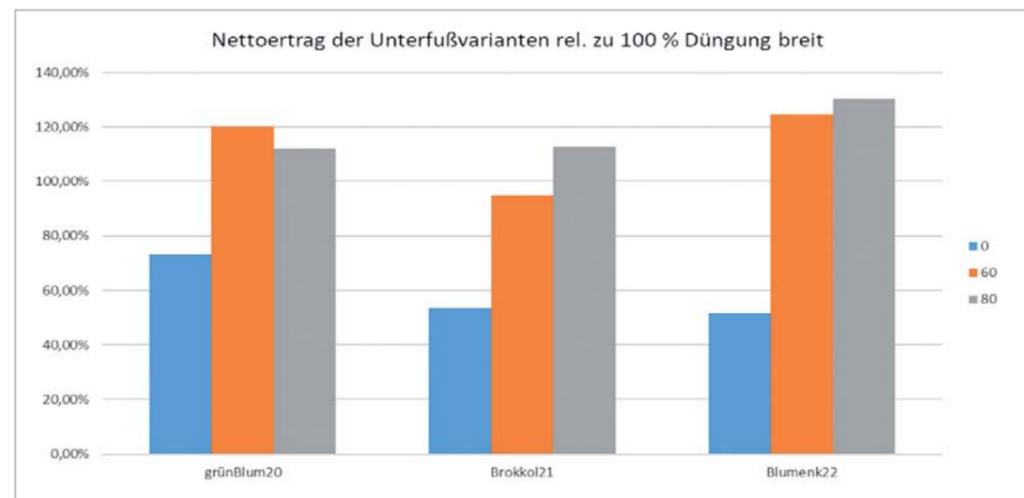


Abb. 3: Relativer Ertrag der Kontroll- (0 %) sowie 60- und 80 %-UF-Varianten. zu 100 % Breitverteilung in 2020-2022 (100 % = Breitverteilungsvariante)

In Abb. 3 ist zu erkennen, dass sich in allen drei Jahren mit 80 % der Düngemenge mindestens der gleiche Ertrag erzeugen lässt, wenn der Dünger zur Pflanzung unter die Reihe gegeben wird. In dem Jahr 2022 gelang dies auch beim frühen Satz in der 60er Variante, wobei hier die Abernaterate, wie in der 100er Variante (siehe Abb.4), verspätet war, d.h. viele Pflanzen in ihrer Entwicklung zurück waren und erst später aufholten (Abb. 6).

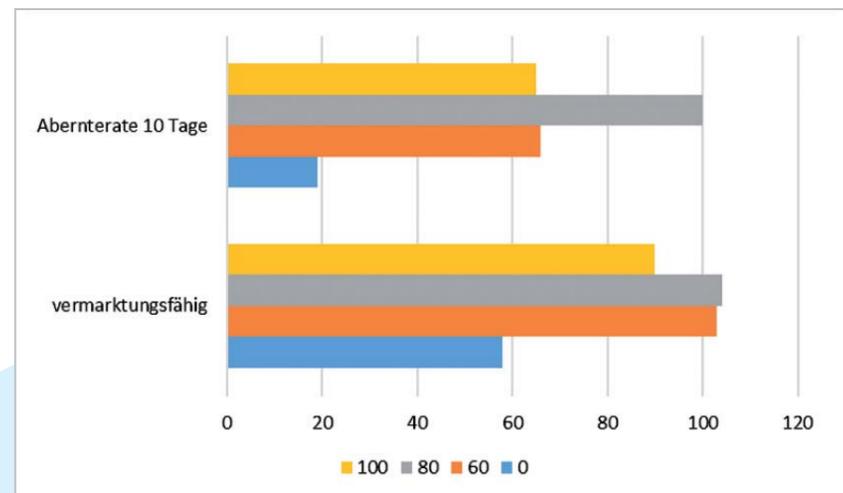


Abb. 4: Abernaterate nach 10 Tagen sowie vermarktungsfähige Blumen in Prozent

Abb. 4 – Die besten Ergebnisse, was Abernaterate, Erntebeginn und vermarktungsfähige Ware angeht, ist die 80%-Variante bei den frühen Sätzen, evtl. lässt sich die Düngemenge noch weiter bis auf max. 70-75% reduzieren. Anders verhält es sich bei späten Sätzen und hohen Mineralisierungsraten aufgrund ausreichender Bodentemperatur, hier kann auch mit weiter reduzierter Düngung eine frühe und gute Ernte erfolgen, da vom Boden ausreichend nachgeliefert wird.

Diese Demo-Ergebnisse wurden in den Versuchsausschuss des ökologischen Gemüsebaus am Standort Auweiler der LWK NRW getragen, wo nach diesem Vorbild seit 2023 Exaktversuche angelegt werden, um diese Beobachtungen bestätigt zu bekommen.

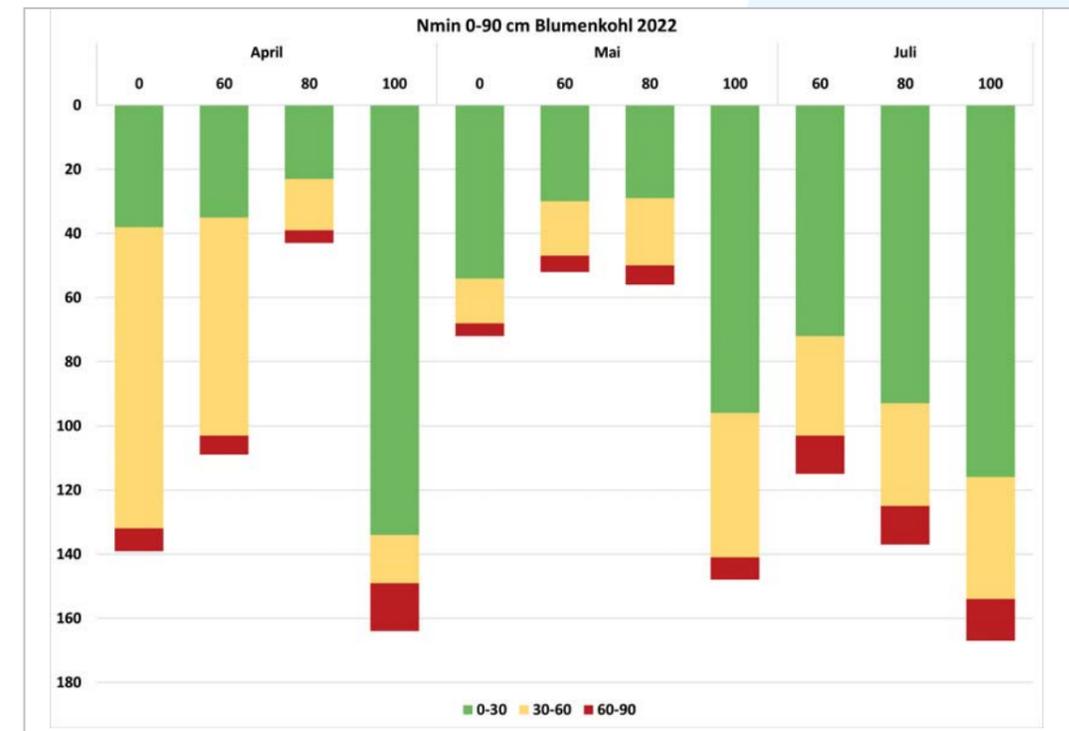


Abb. 5: Nmin-Verlauf in 0-90 cm unter Blumenkohl April bis Juli 2022 in kg /ha



Abb. 6: Blumenkohl 22 – links 100 % breit, rechts 80 % UF

Gerade wenn die Böden noch kalt sind, scheint die Depotablage im Wurzelraum der Pflanze einen weitaus größeren Effekt zu haben, als die alleinige Erhöhung der Düngermenge; die Ablageart und Erreichbarkeit sind für die Pflanze entscheidend. Abb. 5 zeigt, wie nach Bodenbearbeitung im Juli auch die höchsten Rest-Nmin-Werte dort verbleiben, wo der Dünger breit verteilt ausgebracht wurde – das mehr an Dünger wurde in keiner Weise genutzt und ist im Herbst von der Auswaschung bedroht.

Neben dem rein wirtschaftlichen Vorteil des Betriebes, mindestens 20% des Düngers einzusparen, bessere Qualitäten zu erzeugen, in wenigen Ernteterminen alle Blumen geschnitten zu haben und früh am Markt zu sein um gute Preise zu erzielen, stechen besonders die Vorteile hinsichtlich des Wasserschutzes hervor:

- Neben der Verminderung des Rest-Nmin-Wertes bleiben weniger Erntereste auf dem Feld (hohe Abernaterate), die Nachfrucht kann früher folgen und die Gefahr einer Auswaschung ist im Vergleich zur breiten Ausbringung (große Angriffsfläche für das Bodenleben bei gleichzeitig geringer Durchwurzelung) geringer.
- Somit lässt sich festhalten, dass die Unterfußtechnik gerade für die frühen Sätze einen entscheidenden Vorteil hinsichtlich Effizienz und Ertrag bringt.
- Bei späten Sätzen gibt es Vorteile hinsichtlich der Effizienz, optisch werden diese Varianten aber nicht hervortreten und bei den Qualitäten und Erträgen überzeugen, da die Nachlieferung aus dem Bodenvorrat meist ausreicht.

### Fazit

Unterfußdüngung, Reihendüngung, hohe Abernateraten und die richtige Einschätzung der Nachlieferung (ab dem zweiten Anbausatz) für die Folgekulturen senken das Auswaschungsrisiko für Nährstoffe.



### Unterfuß- und Reihendüngung im konventionellen Gartenbau

Wie auch im ökologischen Gartenbau ist in den vergangenen Jahren die Reihendüngung im konventionellen Gartenbau umgesetzt worden. Auf zwei verschiedenen Modellbetrieben im südlichen Rheinland sind dazu verschiedene Düngerstreuer angeschafft worden. Zum einen ein extra Reihendüngerstreuer, wie er inzwischen auf dem Markt angeboten wird. Zum anderen ein APV Streuer mit Unterkonstruktion, der den Dünger über Schläuche an die Pflanzreihe legt.

Beide Betriebe arbeiten inzwischen aus eigenem Interesse und mittlerweile „betriebsüblich“ mit der Reihendüngung, wobei die Lösung mittels APV Streuer (Abb. 9) fehlerärmer und verschleißfreier läuft. Trotz der Auflagen zur Düngung in den nitratsensiblen Gebieten durch die DÜV 2020 lassen sich durch die Reihendüngung die gewünschten Erträge und Qualitäten erreichen. Inzwischen liegt der Fokus der Demoanlagen zum Thema Reihendüngung nicht mehr - wie zu Beginn - bei der ersten Düngung zum Pflanzen, sondern bei der Kopfdüngung in Kombination mit Hackgängen, sodass der abgelegte Dünger durch besseren Bodenschluss schneller in Lösung geht und noch effizienter eingesetzt werden kann. Die bisherigen Ergebnisse zur Kopfdüngung während eines Hackgangs sind äußerst zufriedenstellend und zeigen weiteres Potential, um die tatsächliche Düngung in Zeitpunkt und Höhe noch exakter an den individuellen Pflanzenbedarf anzupassen. Die Technik der Ausbringung ist dabei nur ein Baustein eines komplexen Systems. Ebenso wichtig sind Nmin Analysen, diese gehen über das gesetzlich geforderte Maß hinaus. Gabensplitting, in Kombination mit Nmin Analysen zum Zeitpunkt der Kopfdüngung, sind die beste Herangehensweise, um effektiv Dünger einzusparen.



Abb 7: APV Streuer für Reihendüngung



Abb. 8: Reihendüngerstreuer



Abb. 9: Streuer mit Reihendüngung und Hacke

### Fazit

Gabensplitting mit Reihendüngung und bedarfsgerechter Kopfdüngung mit Hacken, begleitet von Nmin-Analysen erreichen gleichbleibende Qualitäten bei geringerem Düngeraufwand. Die Kenntnisse des Betriebsleiters sind deutlich mehr gefordert, der Zeitaufwand zur Kulturführung steigt.



### c. Digitalisierung: NIRS – Einsatz zur Düngung und Bestandespflege „Grain-Sensing“

In unserer Jubiläumsbroschüre „5 Jahre Modellbetriebe“ haben wir das Thema NIR-Sensor-Technik beschrieben und vorgestellt. Thematisiert wurde der Einsatz für die Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdüngern und wie über die Zertifizierung (DLG-Anerkennung) mit dieser Sekundärmessmethode bei der Dokumentation der Düngung damit umgegangen werden kann. Hilfestellung zum Thema Dokumentation und Meldungen nach Wirtschaftsdüngernachweisverordnung NRW (WdüngNachwVO) bei dem Einsatz von NIRS erhalten Sie unter folgendem Link:

<https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/duengung/duengeverordnung/auflagen-analyse-13a.htm>

In den letzten Jahren hat sich der Einsatz des NIRS-Sensors erweitert. Neben der Erstellung von Ausbringkarten der Gülleapplikation (wo sind wie viel und welche Nährstoffe auf einem Schlag hingekommen?) wird der Sensor nun auch bei der Ernte im Getreide oder Körnermais am Mähdrescher verwendet. Erweiternd zum Einsatz auf dem Feldhäcksler in der Gras- oder Silomaisenernte können damit weitere wichtige Zusammenhänge zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung (Aussaat und Düngung nach Karten) hinsichtlich der Erntequalität hergestellt werden.

Dies ist für uns in den Demoanlagen der Modellbetriebe ein Quantensprung, denn genaue Aussagen zu Erntemengen und Qualitäten in kleinräumigen Zonen eines Schlages konnten vorher nur durch Handbeerntungen ermittelt werden. Mit dem Einsatz des NIRS-Sensors am Drescher, auch „Grain-Sensing“ genannt, können nun neben Ertrags- bsp. auch z.B. Proteinkarten erstellt werden. So können Fragen wie „lohnt sich die teilflächenspezifische Aussaat und wenn ja, sollte auf den schlechten Stellen im Schlag mehr oder weniger ausgesät werden?“, oder „welche Düngungsstrategie ist wann die Beste?“ (Startgabe homogenisieren und Abschlussgabe differenzieren?) aussagekräftiger beantwortet werden.

In der Abb. 1 wird der Sensor gerade am Körnerelevator des Mähdreschers angebaut und ist in Abb. 2 nochmals im Ernteeinsatz in der Wintergerste zu erkennen.



Abb. 1: NIRS-Sensor beim Einbau am Körnerelevator des Mähdreschers für das sogenannte „Grain-Sensing“



Abb. 2: NIRS-Sensor beim Einsatz am Mähdrescher in der Wintergerste

Zur Veranschaulichung des Nutzens in der Getreideernte folgt ein Beispiel: Zu erkennen ist eine Karte der Gülleausbringung (Rindergülle) zur Wintergerste am 03.03.2023 (Abb. 3). Dargestellt ist die Ausbringungsmenge. Rot bedeutet, es wurde nichts ausgebracht (0 Kubikmeter) und grün stellt die größte Ausbringungsmenge mit 31 Kubikmeter je Hektar dar (dünne Gülle nach NIRS-geregelt). Im Norden sind zwei rote Spuren zu erkennen, die eine in voller Arbeitsbreite von 21 m und die andere daneben als Teilbreite (siehe blaue Ellipsen).

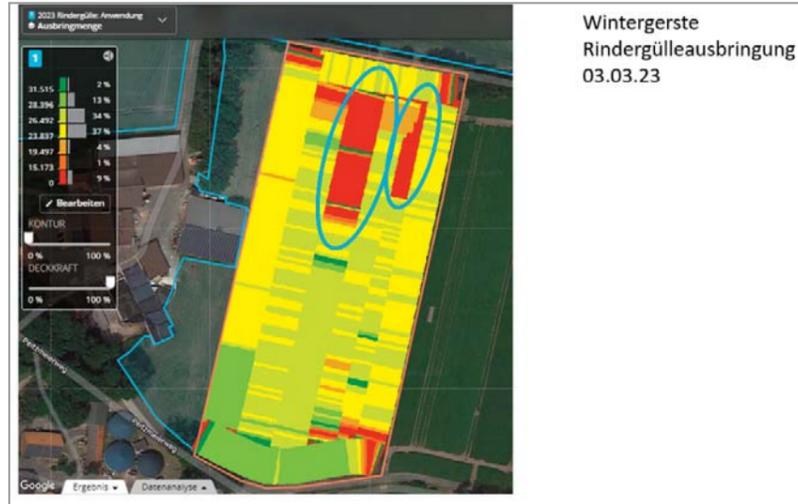


Abb. 3:  
Gülleausbringung zur Wintergerste vom 03.03.2023

Hier wurde versehentlich keine Rindergülle ausgebracht, jedoch erfolgte eine mineralische Ergänzungsdüngung. In der Ernte der Wintergerste wurde mittels Mähdescher eine Ertragskarte (Abb. 4) als auch mittels NIRS-Sensor eine Proteinkarte (Abb. 5 - nächste Seite) erstellt. Auch hier steht die Farbe rot wieder für eine geringe und die Farbe grün für eine große Menge, in diesem Fall ist die „Menge“ der Ertrag. Bei der Ertragskarte ist zu erkennen, dass die beiden Teilstreifen der nicht ausgebrachten Rindergülle gar nicht stark ins Auge fallen. Zum Vergleich ist das Vorgewende ganz im Norden rot, da hier Bäume am Feldrand stehen, welche der Wintergerste das Wasser entzogen und Schatten hervorgerufen haben.

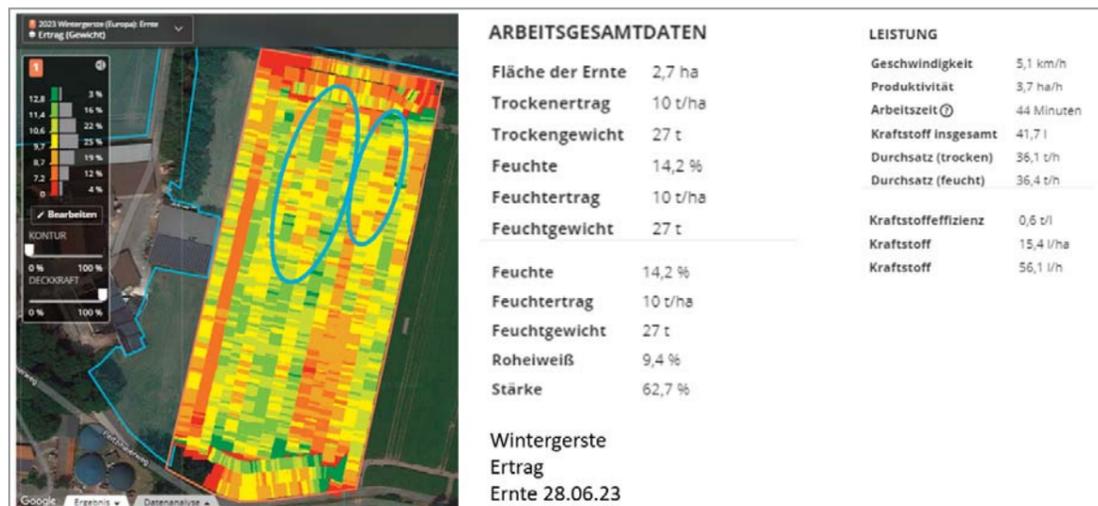


Abb. 4:  
Ertragskarte Wintergerste vom 28.06.2023

Dem gegenüber soll es nun neben der Betrachtung der Quantität (Erntemenge) auch um die Qualität (Proteingehalt) gehen. In Abb. 5 ist die Aufzeichnung des Roheiweißes in der Wintergerste dargestellt.

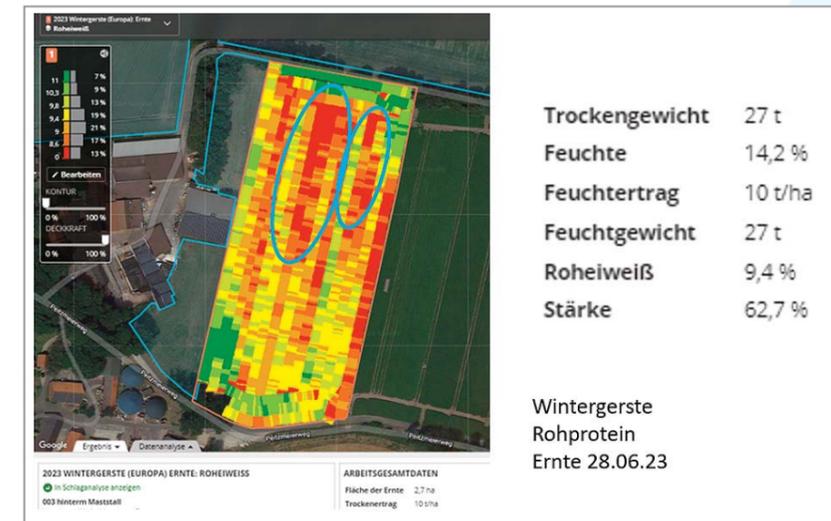


Abb. 5:  
Roheiweißkarte Wintergerste über den NIRS-Sensor („Grain-Sensing“) bei der Ernte am 28.06.2023

Hier stellt sich einiges ganz anders dar. Die ausgebliebene Gölledüngung hat einen sehr geringen Eiweißgehalt im Erntegut zur Folge. Dem gegenüber wurden auf dem Vorgewende unter den Bäumen (geringer Ertrag) gute Eiweißgehalte verbucht.

Die NIRS-Sensortechnik bleibt eine Sekundärmeßmethode und ist umso genauer, je mehr Daten aus Laboranalysen (Primärmeßmethode) für die zu untersuchenden Parameter vorliegen. Doch für die teilflächenspezifische Bewirtschaftung und deren kleinräumige Untersuchung bietet der NIRS-Sensor an Erntemaschinen eine gute Möglichkeit, relative Unterschiede nicht nur in Ertrag, sondern auch in Qualitäten darzustellen.

Dies ist für die Auswertung und Interpretation der Demoanlagen auf den Modellbetrieben von großer Bedeutung. So bedeutet nicht immer pauschal wie im genannten Beispiel, dass aus einer geringeren Gölledüngung ein geringerer Ertrag und eine verminderte Qualität resultieren! Anders herum wird in den Niedrigertragszonen oft eine verbesserte Qualität eingefahren. Dieses Wissen ist nicht neu, aber dennoch für unsere zukünftigen Demoanlagen bedeutend, da wir weitere teilflächenspezifische Betrachtungen hinsichtlich Aussaat und Düngung einbeziehen werden.

Nicht zu unterschätzen ist aber der technische Aufwand und die Kosten, die sich nicht nur auf die Anschaffung verteilen, sondern auch auf den laufenden Betrieb. Es muss einiges an Arbeitszeit für die Datenpflege in Anspruch genommen werden, um die gewonnenen Daten vernünftig zu interpretieren und für zukünftige Einsätze zu nutzen.

### Fazit

Grundsätzlich kann NIRS die Nährstoffeffizienz deutlich erhöhen. Dies erfordert jedoch neben zusätzlichem Kapital auch mehr Wissen und einen erhöhten zeitlichen Mehraufwand.



### d. Den pH-Wert des Ackerbodens nicht aus der Sicht verlieren!

Über die Kalkdüngung werden dem Boden die wichtigen Nährstoffe Calcium und Magnesium zugeführt, welche essentiell für einen gesunden Boden und damit auch für das Pflanzenwachstum sind. Liegt beispielsweise ein für den jeweiligen Standort zu niedriger pH-Wert im Boden vor, kann es dazu kommen, dass bestimmte Nährstoffe festgelegt werden und von der Pflanze nicht aufgenommen werden können. Gleichzeitig wird die Bildung von Ton-Humus-Komplexen reduziert, wodurch keine stabilen Bodenkrümel gebildet werden, was die Bodengare beeinträchtigt.

Wegen der vielfältigen Wirkung des Kalkes stellt der für einen bestimmten Standort anzustrebende pH-Wert einen Kompromiss dar, der die optimale Nährstoffverfügbarkeit, Bodengare und biologische Aktivität gewährleistet. Der richtige pH-Wert hängt von der Bodenart, dem Humusgehalt und der Art der Nutzung (Grünland/ Acker) ab. Je schwerer der Boden, desto höher fällt der anzustrebende pH-Wert aus. Leichte Böden sind häufig von Nährstoffauswaschungen in den Unterboden betroffen und müssen daher regelmäßiger gekalkt werden.



Abb. 1: Kalkausbringung im Frühjahr 2023 bei Frost

Im Rahmen eines Demonstrationsversuches wurde auf einem Modellbetrieb eine Ackerfläche ausfündig gemacht, die in der Vergangenheit im Hinblick auf die regelmäßige Kalkversorgung stark vernachlässigt wurde und daher zu Beginn des mehrjährigen Versuchs einen pH-Wert von 4,7 aufwies, was der Gehaltsklasse A entsprach. Um den pH-Wert schnell anzuheben, wurden zwei Streifen der Ackerfläche innerhalb eines Jahres mit zwei Überfahrten mit einem Kohlensäuren Kalk (72% CaCO<sub>3</sub> + 8% MgCO<sub>3</sub>), welcher sich durch eine hohe Reaktivität auszeichnete, auf den Ziel pH-Wert von 5,8 aufgekalkt.

Im Jahr 2022 konnte mit der 1. Kalkung der pH-Wert auf 5,3 angehoben werden. Ende April wurde die Fläche dann mit Mais bestellt. Im sehr trockenen Jahr 2022 konnte die 1. Kalkung bei der Beerntung der Demoanlage keine signifikanten Mehrerträge erkennen lassen. Im Herbst 2022 wurde die Fläche dann mit Wintergerste bestellt, welche im Frühjahr 2023 dann mit einer Kopfkalkung bei Frost die 2. Kalkung empfing. Die nachfolgenden Grundbodenuntersuchungen attestierten dann, dass der Ziel-pH-Wert von 5,8 erreicht war. Kurz vor der Ernte der Gerste wurde die Fläche im Sommer 2023 mit einer Drohne überflogen und es wurden Bildaufnahmen der Fläche gemacht. Dabei waren die aufgekalkten Streifen rein optisch gut zu erkennen (Abb. 2).

Die Beerntung bestätigte in der Folge den optischen Eindruck. Die höchsten Erträge erzielten die beiden Varianten, die zuvor auf den optimalen pH-Wert aufgekalkt wurden. Eine angelegte Nullparzelle ohne Düngung und zwei weitere Varianten ohne Kalkung fielen im Ertrag deutlich ab, wie auch aus der Abb. 3 zu entnehmen ist. Neben der Kalkung unterschieden sich die Varianten noch im Düngenniveau. Beim Hektolitergewicht konnten keine großen Schwankungen festgestellt werden.



Abb. 2: Bildaufnahme der Demofläche in Juni 2023 – Die beiden aufgekalkten Streifen liegen zwischen den beiden roten Streifen und heben sich optisch vom Rest der Fläche ab

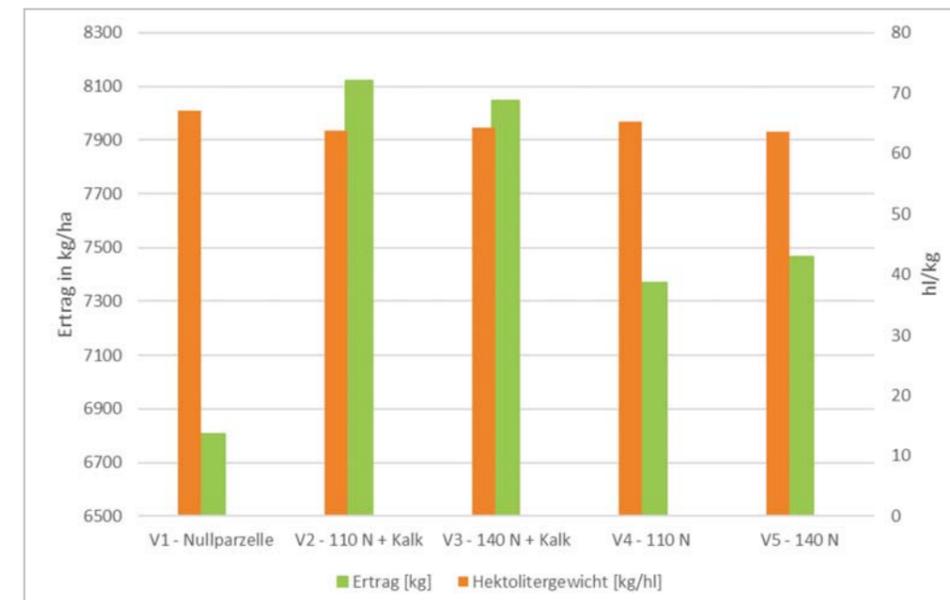


Abb. 3: Grafische Darstellung des Ertrages der verschiedenen Demovarianten in Abhängigkeit vom Düngenniveau und der Kalkung

Eine Anhebung des pH-Wertes auf das für den jeweiligen Standort optimale Niveau kann dazu beitragen die Nährstoffverfügbarkeit für die Kulturpflanzen deutlich zu verbessern und so langfristig Nährstoffe einzusparen. Darüber hinaus können auf gut versorgten Flächen höhere Erträge erzielt werden. Somit generiert eine Kalkung auch ökonomische Vorteile. Zu beachten ist aber, dass nicht jede Kultur direkt positiv auf eine optimale Kalkversorgung reagiert und es dort Unterschiede zwischen den verschiedenen Kulturarten gibt.

#### Fazit

Optimale pH-Werte erhöhen die Nährstoffeffizienz. Auswaschungen durch unangepasste Düngung werden reduziert.



# 6

## Zwischenfruchtanbau



## 6 | Zwischenfruchtanbau

### a. Planting Green

Traditionell wird nach der Getreideernte ein- bis zweimal eine Stoppelbearbeitung durchgeführt, wodurch der Acker während der Zeit zwischen der Ernte der Vorkultur und der Neuansaat brach liegt. In dieser Phase wird die auf den Boden fallende Sonnenenergie nicht genutzt und Wasser verdunstet unproduktiv. Durch den Anbau einer Sommerzwischenfrucht in dieser Zeit kann die Sonnenenergie effektiv genutzt werden, indem sie in Form von Wurzelexsudaten an das Bodenleben abgegeben wird. Außerdem wird der Boden vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt. Es ist empfehlenswert, Mischungen aus verschiedenen Arten einzusetzen, um den Boden mit unterschiedlichen Wurzelexsudaten zu versorgen. Das Konzept des „Planting Green“ oder immergrünen Systems kann dazu beitragen, die Bodenfruchtbarkeit zu verbessern und die Biodiversität in Getreidefruchtfolgen zu erhöhen. Zur Bewertung der Effekte einer Sommerzwischenfrucht wurden auf dem WRRL-Modellbetrieb im Münsterland Demoanlagen eingerichtet.

Im Jahr 2021 wurde unmittelbar nach der Getreideernte auf mehreren Flächen eine Sommerzwischenfrucht ausgesät, bestehend aus einer Mischung von 100 kg Ackerbohnen, 50 kg Körnermais und 3 kg Sonnenblumen. Die Aussaat erfolgte am 21.07.2021 ohne weitere Bodenbearbeitung direkt in die Getreidestoppel. Bis zum 01.10.2021 entwickelte sich ein üppiger Bestand mit einem Aufwuchs von 50 t Frischmasse pro Hektar, was einer Trockensubstanz von 5,55 t/ha entspricht. Dabei wurden 190 kg N/ha gebunden.

Der Bestand wuchs schnell und üppig, was es ermöglichte, den Großteil des Ausfallgetreides zu unterdrücken. Am 14.10.2021 wurde ohne weitere Bodenbearbeitung das nachfolgende Wintergetreide ausgesät. Um auf den Einsatz eines Totalherbizids verzichten zu können, wurde die Zwischenfrucht mit einer Walze in der Front des Schleppers niedergewalzt. Dabei wurde eine schwere Cambridge-Walze eingesetzt, obwohl eine sogenannte Crimpwalze optimal gewesen wäre. Durch das Crimpen sollten die Pflanzen, die sich in der generativen Phase befinden sollten, umgelegt und im Abstand von ca. 10 - 20 cm geknickt werden. Dadurch würden die Pflanzen versuchen, weiter zu wachsen, aber durch das Knicken geschwächt werden und nach kurzer Zeit absterben.

Ein Abschneiden der Pflanzen könnte je nach Art der Zwischenfrucht die Pflanzen zum Wiederaustreiben anregen. Ein weiterer Vorteil der Walze in der Front des Schleppers ist, dass die Pflanzen immer in Fahrtrichtung liegen und die Arbeit der Direktsaatmaschine deutlich vereinfacht wird. So kann auch bei einem hohen Pflanzenbestand mit viel Aufwuchs eine sichere Ablage der Saat gewährleistet werden.



Abb. 1: gewalzter Zwischenfruchtbestand



Abb. 2: Auflauf Wintergetreide



Abb. 3: Im Frontbereich gewalzt, im Heck Direktsaat

Ein Mulchen der Zwischenfrucht mit anschließender Einarbeitung hätte demgegenüber einen zu schnellen Abbau der Pflanzenmasse mit unerwünschten Nährstoffverlusten zur Folge.

Auf schwerem Boden kann das Planting Green eine Möglichkeit sein, das Aussaatfenster für das Wintergetreide zu verlängern und die im Blick auf Ackerfuchsschwanz möglicherweise späten Aussaattermine zu realisieren. Die Pflanzenmatte verhindert ein Schmierens des Bodens an den Maschinen, ähnlich wie beim Fahren auf Dauergrünland.

Der üppige Bestand im Herbst 2021 ermöglichte auf einem Großteil der Fläche den Verzicht auf ein Totalherbizid. Erst nach dem Winter wurde ein selektives Mittel eingesetzt. In 2022 war dies aufgrund der Witterung und des erheblich geringeren Zwischenfruchtaufwuchses leider nicht möglich. Trotzdem kann das Planting Green dazu beitragen, den Herbizideinsatz zu reduzieren. Im Herbst 2021 war der Schneckendruck so groß, dass untypischerweise Schneckenkorn gestreut werden musste. Im Herbst 2022 war dies nicht nötig. Auch der Mäusedruck ist zu beobachten. Treten sie auf, sollten konsequent Gegenmaßnahmen ergriffen werden.

Am Verlauf des Nmin ist erkennbar, dass sich die schnell zersetzliche Pflanzenmasse relativ schnell abbaut und einen Teil des gebundenen Stickstoffs freisetzt (siehe Tab. 1). Auffällig ist, dass während der starken Reduzierung der Werte im Februar und März in der 60-90 cm-Schicht nur eine geringe Veränderung zu erkennen ist. Bei einem typischen Auswaschen würde dieser Wert stärker ansteigen. Es ist möglich, dass ein Teil des Stickstoffs zum Ausgleich des C:N-Verhältnisses der organischen Substanz an der Bodenoberfläche aufgenommen wurde. Dafür spricht auch der Wert vom 28.04.22, der für eine Getreidefläche zu dieser Zeit sehr untypisch ist, da die letzte Düngung schon knapp 4 Wochen zurücklag. Es ist wahrscheinlich, dass zu diesem Zeitpunkt nochmals ein Teil des von der Zwischenfrucht gebundenen Stickstoffs freigesetzt wurde.

Nmin Kg N/ha	30.09.2021	02.11.2021	27.11.2021	03.01.2022	03.02.2022	03.03.2022	28.04.2022
<b>Gesamt</b>	<b>22</b>	<b>40</b>	<b>76</b>	<b>80</b>	<b>48</b>	<b>26</b>	<b>184</b>
0-30	11	23	40	33	17	12	138
30-60	8	14	27	32	13	8	38
60-90	3	3	9	15	18	6	8

Tab. 1: Nmin-Werte im Zeitablauf einer Planting Green Demovariante 2021/22

Im ersten Jahr lag das Hauptaugenmerk auf der Etablierung der Getreidebestände, daher wurde betriebsüblich gedüngt. Im zweiten Jahr wurden in einer Demoanlage unterschiedliche Düngearten angelegt, um die oben genannte mögliche Nachlieferung mit Blick auf die reduzierte Düngung in roten Gebieten besser abschätzen zu können. Die Düngearten setzten sich aus einer 100 %igen (133 kg N/ha), einer 80 %igen (107 kg N/ha) und einer 0 %-Variante zusammen. Die 0 %-Variante konnte aufgrund der Witterung nicht beerntet werden, fiel jedoch optisch deutlich ab. Der Ertrag in der 80 %-Variante lag mit 78 dt/ha Triticale sogar über dem der 100 %-Variante mit 72 dt/ha. Allerdings wurde in der 80 %-Variante zusätzlicher Schwefeldünger ausgebracht, was die Ergebnisse verfälscht. Die Düngearten werden in 2024 wieder angelegt, um die Ergebnislage weiter zu verbessern.

Bei der Aussaat der Zwischenfrucht im Herbst 2023 wurde eine winterharte Komponente, Rübsen, hinzugefügt. Diese sollen den ersten Walzgang und die Getreideaussaat überleben, um den Stickstoff länger zu binden und sicher ins Frühjahr zu bringen. Durch einen zusätzlichen Walzgang oder ein Herbizid werden die Rübsen dann später aus dem Getreidebestand entfernt.

Die ersten Erfahrungen mit Planting Green zeigen sich sehr positiv, weshalb das Verfahren in den nächsten Jahren weiter ausgiebig getestet und verbessert werden soll.



Abb. 4: Kornablage



Abb. 5: Erster Streifen gewalzt und direkt gesät

## Fazit

Planting Green erhöht die Zeit der Bodenbedeckung. Nährstoffverluste werden verringert. Die Nachlieferung aus der Umsetzung der Zwischenfrucht scheint angeregt zu werden – das wird weiter untersucht. Der Humusaufbau und die Biodiversität werden erhöht.

## b. Direktsaaten bei Zwischenfrüchten

Die letzten Jahre mit stark schwankenden Witterungsbedingungen stellen hohe Anforderungen an das Bodenmanagement. Besonders die Etablierung von Zwischenfrüchten stellte die Betriebe vor große Herausforderungen. Die Direktsaat der Zwischenfrüchte ist eine Möglichkeit, diesen Herausforderungen zu begegnen. Wenn möglich, sollten die Zwischenfrüchte dabei im Zeitraum von 48 Stunden nach der Ernte der vorherigen Hauptkultur ausgesät werden. Dadurch kann die Zwischenfrucht die Restfeuchte aus dem Getreidebestand nutzen und die Etablierung wird auch in sehr trockenen Jahren erleichtert.

Zudem hat die rasche Aussaat den Vorteil, dass sich die Getreide-Ausfallsamen in der Regel noch in einer Keimruhe befinden und die Zwischenfrucht dadurch einen Wachstumsvorsprung vor dem Ausfallgetreide erreichen kann. Deshalb kann dieses von der Zwischenfrucht unterdrückt werden. Durch das in der Direktsaat an der Bodenoberfläche verbleibende Stroh ist die Bodenoberfläche bis zur Etablierung der Zwischenfrucht vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt und die Bodentemperatur bleibt deutlich unter der von schwarz geackertem Boden. Zudem bildet sich unter dem Stroh ein Milieu, das auch bei länger anhaltender Trockenheit eher feucht bleibt.

Besonders wenn eine Zwischenfrucht in kurzen Anbaupausen wachsen soll, hat die Direktsaat Vorteile, weil sofort, also früher, gesät werden kann.

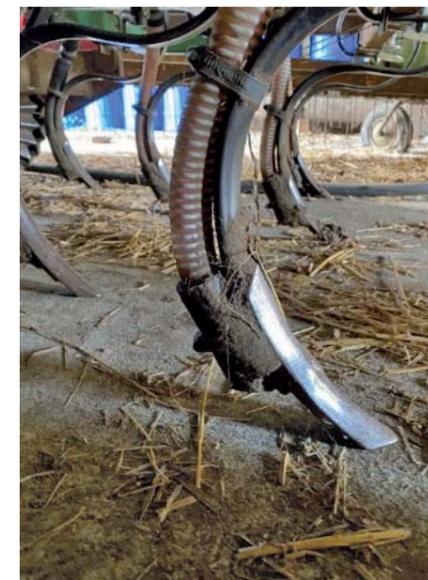


Abb. 1: Direktsaat mit vorliegendem Zinken

Für die Aussaat sollte mit angepasster Technik gearbeitet werden. Auf einem Modellbetrieb wurden in den letzten 3 Jahren immer wieder sehr üppige Zwischenfruchtbestände mit einer einfachen selbstgebauten Zinkentechnik etabliert. Auch das Stickstoffaneignungsvermögen zeigte sich in der Direktsaat positiv und trotz Leguminosenanteilen von über 40% in den Mischungen konnten die Zwischenfrüchte den Reststickstoff aus dem Boden gut aufnehmen.

Das Thema Förderung des Bodenlebens und der damit verbundene Erosionsschutz sind besonders in den hängigen Lagen Ostwestfalens von großer Bedeutung. Dabei nehmen biodiverse Zwischenfruchtbestandteile (siehe Abb. 2) eine wesentliche Rolle hinsichtlich der Bodenerschließung, aber auch hinsichtlich Wurzelausscheidungen ein. Auch sorgen sie für ein vitales Bodenleben, gute Wasserinfiltration und in der Summe für die Prävention von Wasser- und Winderosion.



Abb. 2 und 3: Biodiverse Zwischenfruchtbestandteile erschließen den Boden in unterschiedlichen Tiefen und sorgen für ein vitales Bodenleben. Regenwurmgänge sorgen für eine gute Wasseraufnahmefähigkeit und reduzieren die Erosion



Besonders in trockeneren Jahren war es positiv, wasserschonend zu wirtschaften und den Boden nur flach oder gar nicht zu bearbeiten. Abb. 4 zeigt den Vergleich eines flach arbeitenden Grubbers links und eines tief arbeitenden Grubbers rechts, jeweils abwechselnd in Streifen, auf einem Sandboden am 09.08.2022. Nach dieser Bodenbearbeitung erfolgte dann die Zwischenfruchtaussaat.

Am 09.09.2022, also genau vier Wochen später stellte sich die Zwischenfrucht optisch so dar, dass sie in den zuvor flach bearbeiteten Streifen aufgelaufen war und in den zuvor tiefer bearbeiteten noch nicht (Abb. 5). In den nur flach bearbeiteten Streifen stand mehr Wasser zu Verfügung. Zum einen ist durch die flache Bearbeitung weniger Wasser verdunstet und zum anderen wurde der kapillare Aufstieg des Wassers durch den flacheren Schnitt sauber unterbrochen.



Abb. 4: links flach arbeitender und rechts tief arbeitender Grubber



Abb. 5: Modellbetriebsleiter Stefan Vogelsang aus Rheda-Wiedenbrück vor den tiefer und flacher bearbeiteten Varianten der Bodenbearbeitung zur Zwischenfruchtaussaat

Diese Erkenntnis aus dem Jahr 2022 hat uns dazu bewogen in 2023 weitere Demoflächen hinsichtlich Aussaatzeitpunkt, Aussaattechnik und Zwischenfruchtmischungen anzulegen. So gab es in der Praxis durch die neue Agrarreform im Jahr 2023 häufig die Frage: „Lohnt sich überhaupt noch die Aussaat einer teuren Zwischenfruchtmischung mit mehreren Arten im Vergleich zur Reinsaat in Zeiten nach dem Greening?“. Aufgrund des oben beschriebenen Phänomens der flachen und wassersparenden Bodenbearbeitung führte auch letztendlich kein Weg daran vorbei, sich mit dem Thema Direktsaat zu beschäftigen. Als Ergebnis dieser Überlegungen wurde folgende Demoanlage entwickelt (Abb. 6):



Abb. 6: Direktsaatdemo Zwischenfrucht Sommer 2023 in Rahden (Kreis Minden-Lübbecke)

Weitere Infos zu Demoanlage können folgenden zwei Tabellen entnommen werden:

Ernte Triticale Stroh gehäcksel	10.08.2023
Aussaatdatum	A,B,C
	D,E,F,G + Zusatzvar.
ZF-Mischung	TerraLife N-Fixx 45 kg/ha

Tab.1: Infos zur Aussaat der Direktsaatdemo

523041-A	Horsch Sprinter DS
523041-B	Kreiselegge + Sämaschine DS
523041-C	Grubber + APV-Streuer DS
523041-D	Nichts- Grubber- Kreiselegge + Sämaschine
523041-E	Nichts- Grubber + APV-Streuer
523041-F	Scheibenegge- Grubber- Kreiselegge + Sämaschine
523041-G	Scheibenegge- Grubber + APV-Streuer
523041-H	ZF Roggen 100 kg/ha Drillsaat
523041-I	ZF Senf 25 kg/ha Drillsaat

Tab. 2: Varianten der Direktsaatdemo

Wichtig war es uns auch neben der Direktsaat vergleichend die klassischen Fragestellungen mit aufzunehmen wie: „ist ein flacher Stoppelsturz vor der späteren konventionellen Zwischenfruchtbestellung lohnenswert?“ oder „Muss es unbedingt die teure und aufwendige Drillsaat sein?“.

Die Direktsaat erfolgte ein Tag nach der Triticaleernte am 11.08.2024 und die „konventionelle“ Saat zum späteren Zeitpunkt am 25.08.2024 jeweils mit oder ohne vorherigen Stoppelsturz zum Zeitpunkt der Anlage der Direktsaatvarianten. Die eingesetzten Maschinen sind in Tabelle 2 aufgelistet. Ein Foto der Direktsaat Zinkendrillmaschine ist in Abb. 7 zu erkennen. Auch kamen ein dreibalkiger Mulchsaatgrubber mit aufgebautem APV-Streuer als günstige Variante sowie die klassische Kreiseleggen-Drillkombination zum Einsatz.



Abb. 7: Direktsaat Zinkendrillmaschine Horsch Sprinter

Am 26. Oktober, also zehn Wochen nach Aussaat zeigte sich in der Direktsaatvariante ein enormer Aufwuchs von 1m Höhe, indem die Sonnenblumen auch schon geblüht haben (Abb. 8).

Am 09.11.2023 fand eine Frischmassebearbeitung in einigen ausgewählten Varianten statt (siehe Abb. 9 und 10). Die Zwischenfrucht wurde bodennah abgeschnitten, gewogen, homogenisiert und ins Labor zur Inhaltsstoff- und TS-Bestimmung gebracht.



Abb. 8: Höhe des Zwischenfruchtaufwuchses am 26. Oktober 2023



Abb. 9: Quadratmeter bei der Frischmassebearbeitung der Zwischenfrucht



Abb. 10: Wiegen des Frischmasseaufwuchses der Zwischenfrucht



Die Frischmassebeerntung ergab die in Abbildung 11 aufgezeigten Werte. Um eine sichere Vergleichbarkeit herstellen zu können, wurden die Frischmasseerträge je Hektar auf Trockenmasse umgerechnet. Aber trotzdem: innerhalb von nur zwölf Wochen wurde in der Direktsaatvariante 47 t FM/ha und über 200 kg N/ha gebunden! Selbst in der mit der betriebsüblichen Kreiseleggen-Drillkombination angelegten oder aber auch in der extensiver angelegten Variante mit Grubber und APV-Streuer konnten über 100 kg N/ha im Aufwuchs festgehalten werden.

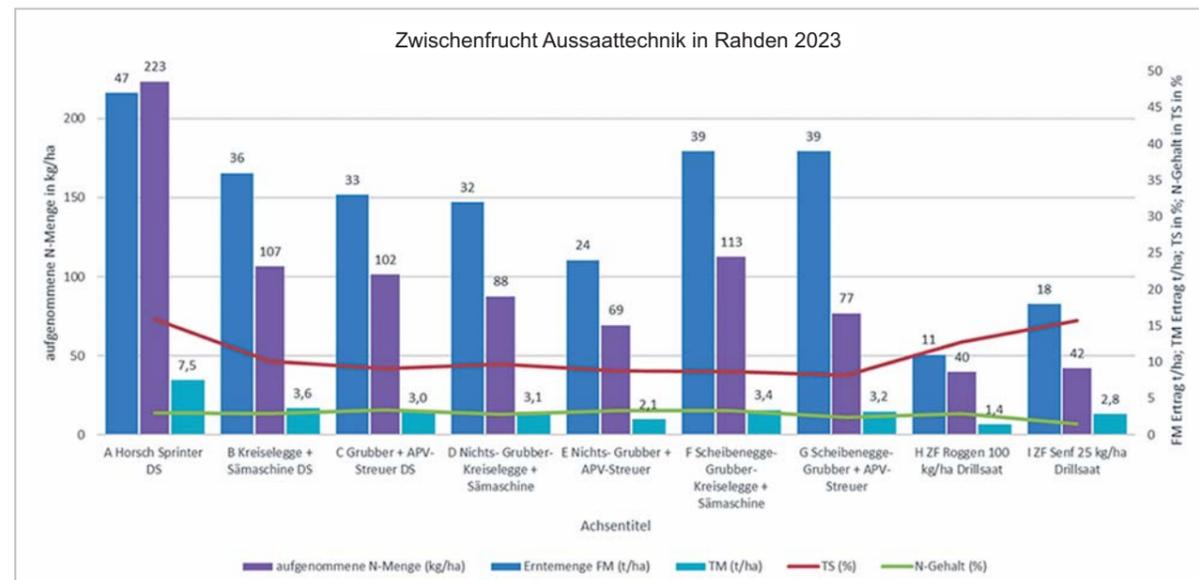


Abb. 11: Ergebnisdarstellung der Frischmassebeerntung der Direktsaat-Zwischenfruchtdemoanlage in Rahden

Diese hohen Zahlen in Abbildung 11 von 2023 aus Rahden decken sich mit Zahlen aus anderen Jahren in verschiedenen Modellbetriebsdemoanlagen, in denen es auch um das Thema Direktsaat von Zwischenfrüchten ging. Dort wurde im Jahr 2022 in Haltern auf einer Fläche zum gleichen Zeitpunkt abwechselnd streifenweise die gleiche Zwischenfruchtmischung ausgebracht. Der einzige Unterschied war, dass abwechselnd ein Streifen in Direktsaat und der andere Streifen daneben in Mulchsaat (mehrfach wiederholt) ausgesät wurde. Die Direktsaat hatte dort mit 129 kg oberirdisch gebundenen N/ha mehr als doppelt so viel im Vergleich zur Mulchsaat mit 58 kg N/ha. Auch die Trockenmasse des Aufwuchses verbuchte mit 3.391 kg TS/ha das 1,4-fache des Aufwuchses der Mulchsaatvariante mit 2.468 kg TS/ha.



Abb. 12: Zwischenfruchtdemo aus dem Jahr 2022 in Haltern. Die dunkelgrünen Streifen zeigen die Direktsaat und die hellgrünen die Mulchsaat.

Zurück zur Demoanlage aus dem Jahr 2023. Die zwei Wochen frühere Direktsaat hat mehr Stickstoff gebunden als die „konventionelle“ Saat. Es zeigte sich aber auch, dass die genauere und teurere Aussaat mittels Kreiselegge und Sämaschine ihre Vorteile hat (Abb. 11). Der flache Stoppelsturz wirkte deutlich positiv. Die Konkurrenz der Ausfalltriticale war im Vergleich zum Stoppelsturz in den Varianten ohne Scheibeneggeneinsatz kurz nach der Ernte deutlich länger zu erkennen. Des Weiteren führte die genauere Aussaattechnik mit Kreiselegge und Sämaschine mit vorhergegangenem Stoppelsturz trotz einer um 14 tägigen späteren Saat zu höheren Aufwuchs- und gebundenen Stickstoffmengen als die extensive Direktsaat mit Grubber und APV-Streuer.

Zu guter Letzt zeigt der Vergleich dieser Aufwuchsbewertung der biodiversen Zwischenfruchtmischung mit der Reinsaat von Senf und Grünroggen das, was viele andere Studien in der Vergangenheit schon belegt haben: Die Mehrkomponentenmischung hat im Vergleich zum Senf und Rettich in Reinsaat im Durchschnitt das 2,7-fache an N/ha oberirdisch gespeichert! In der folgenden Mais-saison soll eine Düngungsdemo inklusive Nullparzelle auf dieser Fläche angelegt werden, um das Nachlieferungsvermögen der verschiedenen Zwischenfrüchte und Aussaattechniken genauer quantifizieren zu können.

Dass die Direktsaat als Alternative in trockenen Jahren in der Praxis großes Interesse weckt, zeigte sich auch an den sehr gut besuchten Feldtagen, die zu dem Thema abgehalten wurden. Die Direktsaat von Zwischenfrüchten ermöglicht es, direkt im Anschluss der Getreideernte schnell eine Zwischenfrucht zu etablieren. Dabei kommen mehrere Techniken von Zinken- bis Scheiben-schermaschinen über einfachere „Grubbertechnik“, welche dann nicht mehr das klassische „No-Till“ darstellt, in Frage. Dieses System ermöglicht es in der zur Verfügung stehenden Zeit möglichst viel Biomasse aus Wasser und Sonnenlicht für den Boden und das dortige Bodenleben zu generieren. Dieses mehr an Biomasse im Vergleich zu späteren Aussaatzeitpunkten spiegelt sich auch in der Stickstoffaufnahme und Speicherung wieder.

Gerade für das Wirtschaften in nitratbelasteten („roten“) Gebieten ergibt sich hieraus ein deutliches Einsparpotenzial für die folgende Sommerung. Nicht zu unterschätzen sind in diesem System die Stroh-mengen (Gefahr des Hairpinnings) und in einigen Jahren, besonders nach Wintergerste, das Ausfallgetreide und dessen Konkurrenz-kraft. Hier gilt es eine trotz der schwierigen Bedingungen gute Saatgutablage hinzubekommen. Nichtsdestotrotz bietet die Aussaat einer Zwischenfrucht eine gute Möglichkeit, sich mit dem Thema Direktsaat auseinanderzusetzen und Erfahrungen zu sammeln. Das Risiko ist geringer als bei Hauptkulturen. Von der eigentlichen Direktsaat kann dann gesprochen werden, wenn man diese als „System“ über alle Kulturen der eigenen Fruchtfolge praktiziert.

## Fazit

Zwischenfruchtdirektsaat bindet schnell N-Reserven im Boden, die Auswaschung wird im Herbst reduziert. Die Nachlieferung für die Sommerung sollte berücksichtigt werden. Ausfallgetreide ist zu beobachten, es wird nicht immer gut unterdrückt.



## c. Zwischenfrucht-Management im Gartenbau

### Erfahrungen im ökologisch wirtschaftenden Gartenbau

Das Ziel einer Zwischenfrucht im Gemüsebau ist es, Restmengen an Stickstoff nach den Kulturen in oberirdischer Pflanzenmasse zu speichern. Im besten Falle wird der Stickstoff über die Sickerperiode gehalten. Die Auswahl an Kulturen ist begrenzt. Oftmals sind es Sandhafer, Phacelia, Ramtilkraut oder Mischungen daraus. Eine Mischung aus Phacelia und Sandhafer gelingt bei guter Nachlieferung auf den besseren Standorten sehr gut, auf leichten Standorten mit begrenzter Nährstoffverfügbarkeit ist Sandhafer in der Mischung zu dominant.

Für Spätkulturen kommt noch Grünroggen in Betracht, Kreuziferen sind nur in Betrieben ohne Kohlgewächse eine Option. Gerade der Sandhafer zeigt sich als die Kultur mit dem besten Nährstoffaneignungsvermögen bei trockener werdenden Bedingungen. Die Mengen an oberirdisch gespeichertem Stickstoff liegen zwischen 60 und 130 kg/ha, in Einzelfällen auch darüber.

Teilweise kommen früh gesäte Bestände in die generative Phase, was zu C/N-Verhältnissen von über 40 nach dem Winter führen kann. Eine Auswaschung und Mobilisierung im Frühjahr ist somit kaum möglich. Ganz im Gegenteil führt dies dazu, dass Nachfrüchte zusätzlich gedüngt werden müssen. Später gesäte Bestände, die mit mehr Blattmasse in den Winter gehen und ein engeres Verhältnis aufweisen, können nach dem Abfrieren durchaus geringe Mengen Stickstoff verlieren oder bereits früh im Jahr Nährstoffe bereitstellen.



Ein weiterer Vorteil früh, gut und dicht etablierter Sandhaferbestände besteht, neben der Nematoden-Reduzierung, Stickstoff-Speicherung und einem weiten C:N-Verhältnis (gute Konservierung des N über den Winter) in der guten Unkrautunterdrückung. Kann der Aufwuchs verwertet werden, so lässt sich Sandhafer auch früh, vor dem Rispen schieben, mähen und abfahren. In einem Projektbetrieb wird dieser frisch in den Stall gefahren und verfüttert. Durch die Futtermittelverwertung sind bereits viele Nährstoffe vor der Auswaschung bewahrt (Abb. 1). Des Weiteren wächst der Sandhafer neu auf und geht in einem relativ jungen Wachstumsstadium in den Winter, was dazu führt, dass 1. der Sandhafer später abfriert (er wird frostresistenter) und dann 2. nur aus Blattmasse besteht und somit eine mittelfristige Nährstoffwirkung für die Nachfrucht liefern kann.

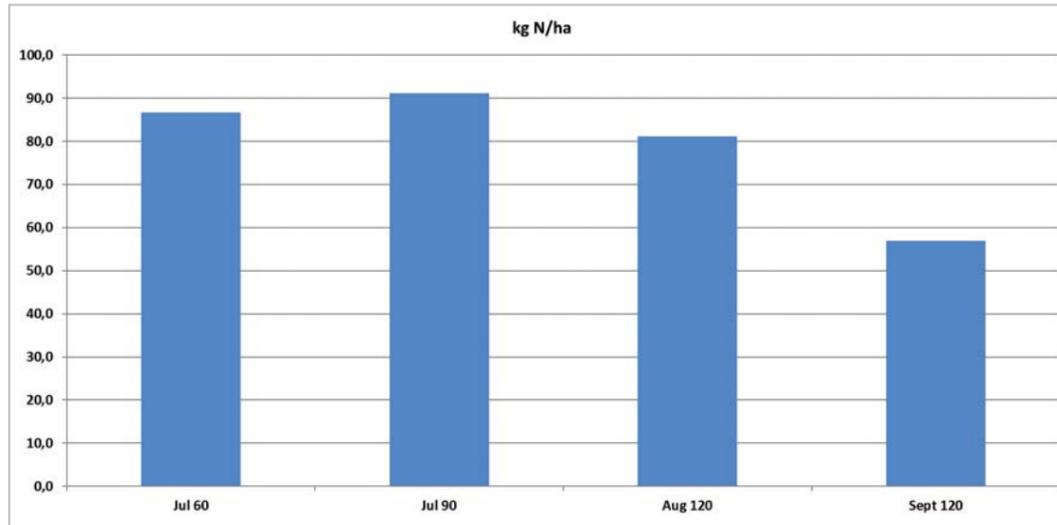


Abb.1: kg N/ha im Aufwuchs in Sandhafer mit 60 - 120 kg/ha; Aussaat Ende Juli, August und September

Bei späteren Saatterminen ab Mitte September sollte auf Winterungen gesetzt werden, wie z.B. Grünroggen. Neben diesen Getreidearten besteht auch immer die Möglichkeit, einjährige Gräser wie das dt. Weidelgras einzusäen, um den Reststickstoff zu halten und zu nutzen. Abb. 3 zeigt die Reduktion des Nmins durch Sandhafer, welschem und deutschem Weidelgras im Vergleich zur Brache nach Salat, der Aufwuchs wurde abgefahren. In allen 3 Varianten konnten so 130 kg N/ha von der Fläche transferiert und vor der Auswaschung bewahrt werden.



Abb. 2 von links; Sandhafer, welsches und deutsches Weidelgras nach Salat

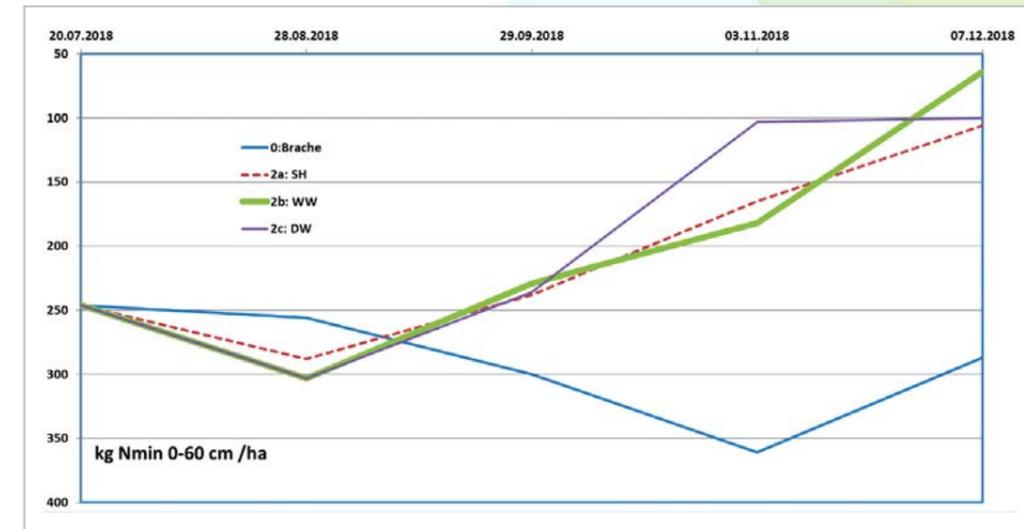


Abb. 3: Nmin kg/ha in 0 - 60 cm unter Sandhafer (SH), Welschem Weidelgras (WW) und Dt. Weidelgras (DW) im Vergleich zur Brache (kein Bewuchs), Löß nach Salat; Aussaat Juli 2018

### Fazit

Wann immer möglich, sollten im Gartenbau geeignete Zwischenfrüchte angebaut werden. Die Nutzung zur Verfütterung mit Abtransport gerade im Gemüsebau ist sehr sinnvoll.



### Erfahrungen im konventionell wirtschaftenden Gartenbau

So wie im Ökolandbau ist auch im konventionellen Gartenbau die Auswahl an Zwischenfrüchten begrenzt. Sobald Kohlarten in der Fruchtfolge vorkommen, scheiden Kreuziferen wie Ölrettich und Senf aus. Die allermeisten Mischungen bestehen deshalb aus Phacelia, Ramtillkraut und Sandhafer/ Rauhafer. Grünroggen und weitere Gräser sind vor allem als winterharte Komponenten relevant.

Eine Besonderheit, die im Gartenbau häufiger auftritt, sind teilweise sehr späte Erstbepflanzungen. Es kann sich bis in die Monate Mai/Juni ziehen, bis eine neue Kultur ausgesät oder gepflanzt wird. In diesen Fällen ist eine winterharte Zwischenfrucht vorzuziehen, da sie den Winter überlebt und beim Einsetzen der Vegetation weiterwächst. So bewahrt sie die Nährstoffe gegenüber einer abfrierenden Zwischenfrucht zuverlässiger vor der Auswaschung.

Eine im Jahr 2020 ausgesäte Zwischenfruchtmischung aus Phacelia, Ramtillkraut, Rauhafer und Welschem Weidelgras wurde bis in den Mai 2021 stehen gelassen. Durch eine stärkere Frostphase im Februar 2021 ist der Bestand bis auf das Weidelgras abgefroren. Zu diesem Zeitpunkt waren ca. 140 kg N im Aufwuchs gebunden. Nach dem Frost nahm die Menge an gebundenem Stickstoff ab. Das Weidelgras konnte jedoch ab März die Lücken schließen und sich weiter entwickeln.

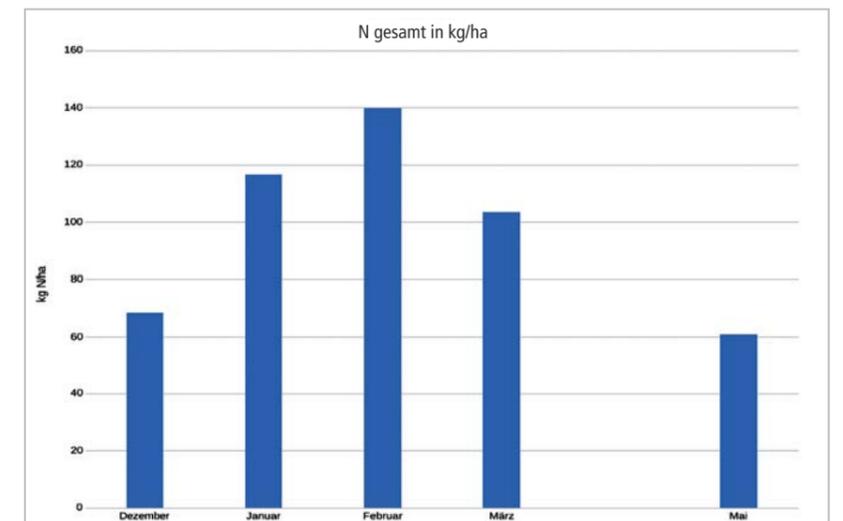


Abb. 4: N-Bindung einer Zwischenfruchtmischung 2020/21

Nach der Einarbeitung dieser Weidelgrasmischungen wurde anschließend Blumenkohl angepflanzt. Wie sich bei dieser Demoanlage herausgestellt hat, ist ein ausreichendes Zeitfenster von mindestens 10 Tagen zwischen Umbruch und Pflanzung der neuen Kultur bei einem hohen Aufwuchs der Zwischenfrucht sinnvoll. In der Demoanlage wurde ein Teil mit der Spatenmaschine gemulcht. Der andere Teil ist ohne Mulchen eingearbeitet worden (Abb. 5).



Abb. 5:  
Welsches und  
dt. Weidelgras  
vor dem Mulchen

Beide Blumenkohlvarianten zeigten schnell Wachstumshemmungen. Schon bald verkümmerten die Wurzeln der Jungpflanzen. Auf der Fläche des frisch eingearbeiteten Weidelgrases mit direkter Blumenkohlpflanzung gab es einen Totalverlust. Das war das Ergebnis bei Nichteinhalten der Wartezeit. Es fanden im Boden anarobe Fäulnisprozesse aufgrund des hohen Aufwuchses statt.

Sommerzwischenfrüchte liefern für den Gartenbau interessante Resultate. Vor allem Leguminosen zur Stickstoffbindung und Tagetes als nematodenreduzierende Komponenten werden aktuell erprobt. Durch satzweisen Anbau und Mehrfachbelegungen ergeben sich in den Sommermonaten Zeitfenster, in denen eine Sommerzwischenfrucht oder eine 30 Tage Zwischenfrucht positive Effekte zeigen kann. In weiteren Demoanlagen sollen die Stickstoffnachlieferung aus der Umsetzung einer „Kurzzwischenfrucht“ sowie die Bewahrung des Stickstoffs vor Auswaschung untersucht werden.

### Fazit

Die Fruchtfolgeverträglichkeit ist bei Zwischenfrüchten im Gartenbau zu berücksichtigen. Bei späten Säten sollten Wartezeiten nach der Zwischenfruchteinarbeitung eingehalten werden. Zwischenfrüchte senken die Auswaschungen deutlich und sollten insbesondere im Gartenbau so oft wie möglich eingeplant werden.



### d. Bio Strip Till in konventionell wirtschaftenden Betrieben

Ab Herbst 2020 wurden Demoflächen für Zwischenfrüchte im Bio Strip Till angelegt, um eine Maisaussaat mit minimaler oder keiner Bodenbearbeitung vorzubereiten. Die zugrundeliegende Strategie bestand darin, Zwischenfrüchte als integralen Bestandteil des Bio Strip-Till-Ansatzes anzubauen, um den Boden für den bevorstehenden Maisanbau zu optimieren.

In den künftigen Maisreihen wurden Lupinen und Klee im Abstand von 75 cm gesät, während zwischen den Reihen Rauhafer ausgebracht wurde, um Unkraut zu unterdrücken und den Boden abzudecken. Anfangs war dieses System auch als Ersatz für Glyphosat gedacht, dies erwies sich jedoch als nicht vollständig realisierbar.



Abb. 1:  
Bio Strip Till nach der Aussaat im Herbst

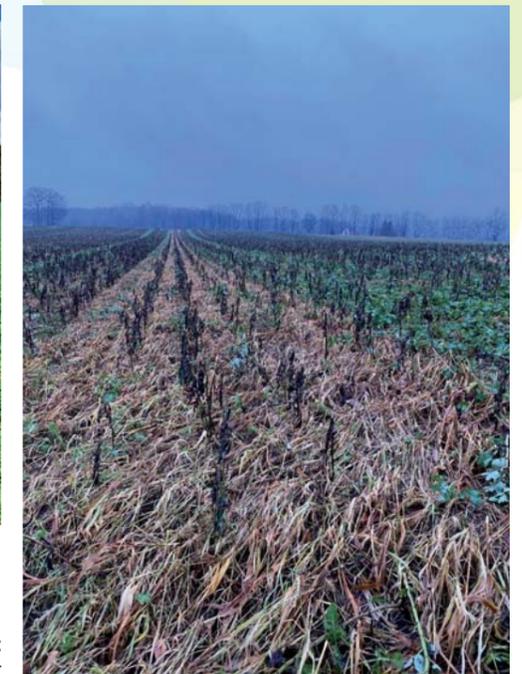


Abb. 2:  
abgefrorenes Bio Strip Till im Frühjahr

Die Methode dient nicht nur der Bodenvorbereitung, sondern auch der Sammlung und Freisetzung von Nährstoffen für den nachfolgenden Maisanbau. Insbesondere der Rauhafer spielt dabei eine bedeutende Rolle, da er den Reststickstoff vor der Sickerperiode aus dem Boden aufnimmt und für den Mais im Folgejahr verfügbar macht. Die Leguminosen in den zukünftigen Maisreihen sollen ebenfalls Nährstoffe für den Mais aufschließen. Es wurde versucht, Leguminosen auszuwählen, die nach dem Abfrieren ein möglichst dunkles Stroh haben, um im Frühjahr eine bessere Bodenerwärmung in der Maisreihe zu ermöglichen. Über die Jahre stellten sich Ackerbohnen und Alexandrinerklee als beste Komponenten heraus.

Die Nmin-Werte (Tab. 1 bis 3) zeigten in allen drei Demojahren ein ähnliches Muster. Im Herbst und über den Winter konnte der Rauhafer den Reststickstoff in der Reihe und zwischen den Reihen gut aufnehmen. Nach der Maisaussaat im Mai mineralisierte durch die dortige Bodenbewegungen ein Teil des von den Leguminosen gebundenen Stickstoffs in der Reihe, während der Wert im Reihenzwischenraum deutlich niedriger blieb. Der Anstieg der Nmin-Werte zwischen Mai und Juli zeigt die nachträgliche Düngung an. Die drei Jahre zeigen, dass die Leguminosenreihe dem Mais mehr N bereit stellen kann.

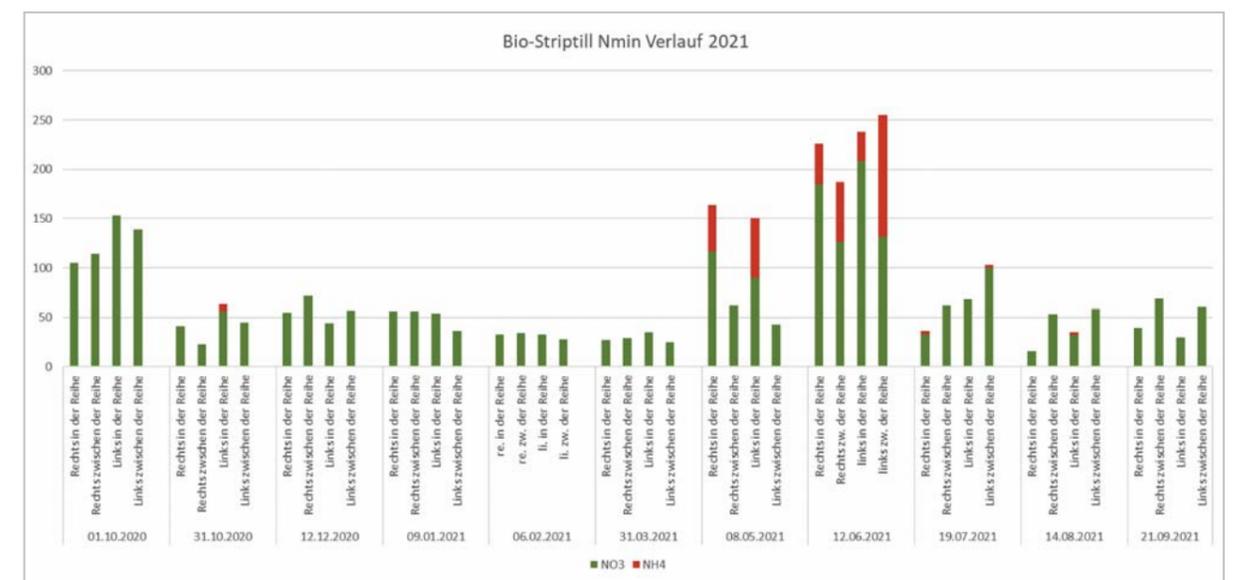


Tabelle 1: Nmin-Verlauf 2021

› Tabellen 2 und 3 siehe nächste Seite

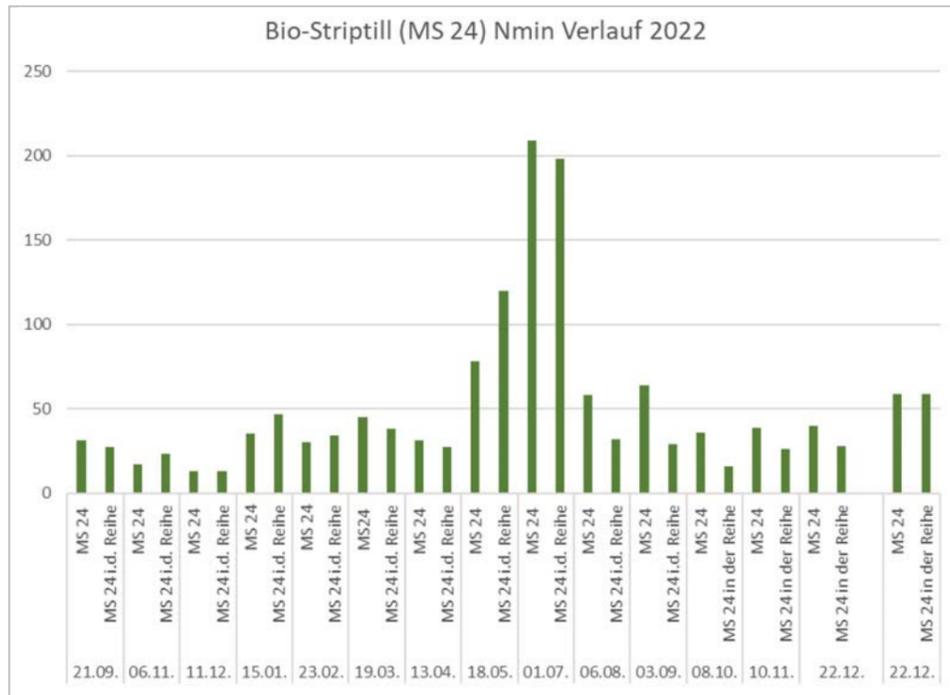


Tabelle 2: Nmin-Verlauf der Mulchsaat Bearbeitungstiefe 24 cm (MS24) 2022

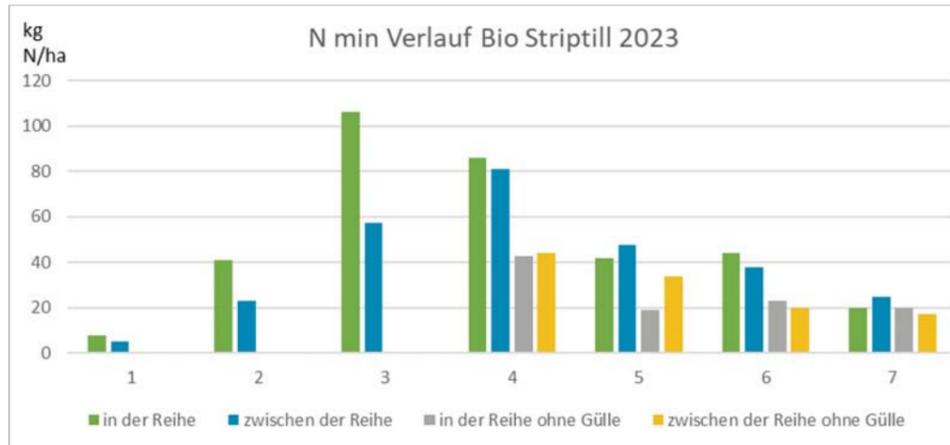


Tabelle 3: Nmin-Verlauf zur Maisdemo 2023, von Spalte 1: Mai bis Spalte 7: Oktober

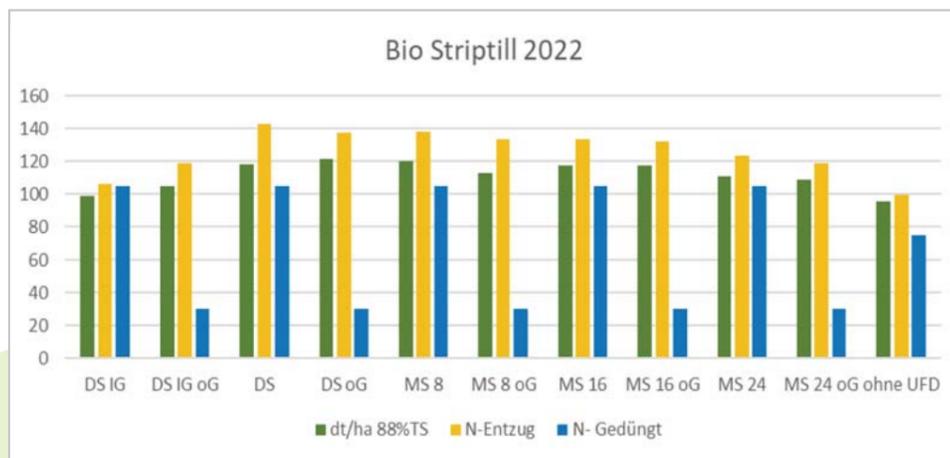


Tabelle 4: Stickstoffentzug und Ertrag von Mais nach Bio Striptill

- › MS: Gülle in Mulchsaat in den verschiedenen Tiefenablagen 8, 16 und 24 cm
- › DS: Direktsaat
- › IG: Direktsaat „Immergrün“, möglichst ganzjährig grüner Acker
- › oG: ohne Gülle

Für die Maisausaat im Frühjahr wurde ein GPS-System mit RTK-Genauigkeit verwendet, um eine präzise Direktsaat zu ermöglichen. Es wurden verschiedene Varianten der Gülledüngung getestet, wobei der Unterfußdünger in allen Varianten identisch war (28N + 17 P2O5 + 10S). Die restliche Düngung erfolgte über Gülle (25 m³ mit 3 kg NH4) und wurde zwischen den Varianten von 100%, 50% und 0% differenziert.

Bei der Ernte im Herbst (Kolbenbeerntung) wurden nur kleine Unterschiede zwischen den Varianten festgestellt. Auch die nachfolgenden Ernteergebnisse zeigten ähnliche Muster. In 2022 führte der Verzicht auf den Unterfußdünger und die ausschließliche Gülledüngung zu einem deutlichen Ertragsrückgang auf dem Standort, was die Bedeutung des Unterfußdüngers in diesem System unterstreicht (Tabelle 4). Ohne weitere Düngung nur mit der Unterfußdüngung von ca. 30 kg N waren alle Anbausysteme quasi gleichwertig. Dies unterstreicht erneut die Fähigkeit des Mais, den im Sommer mineralisierten Stickstoff effizient zu nutzen und auch bei geringerer Düngung hohe Erträge zu erzielen.

Vergleicht man jedoch Entzug und Düngung in Tabelle 4 miteinander, so war es häufig mit reiner Unterfußdüngung möglich, mit Hilfe von Mais auf dem gut versorgtem Boden eine negative N-Bilanz von ca. 60 bis 100 kg N zu erreichen. Ein höherer Anteil wird dabei aus der Nachlieferung der Zwischenfrüchte und der N-reichen Leguminosenreihe zur Verfügung gestellt werden können und wäre ansonsten in der vorherigen Sickerperiode vermutlich zum Großteil ausgewaschen worden. Das zeigt aber auch, dass eine ausgeglichene Fruchtfolge eine entscheidende Voraussetzung für einen nachhaltigen Erfolg darstellt. Auch der Standortfaktor spielt eine wichtige Rolle.

Tabelle 5 zeigt einen deutlichen Unterschied zwischen schweren (Schaphaus) und leichten (Mutert) Böden. Auf leichten Standorten macht eine weitere Düngung Sinn. Sie wirkt sich stärker positiv auf den Ertrag aus. Empfehlenswert ist hier eine erste Unterfußdüngung und eine zweite Düngergabe im 4 - 6 Blattstadium des Mais. Die Menge sollte einem kurzfristig vorher gezogenem Nmin-Wert angepasst werden. So kann bedarfsgerecht nachgesteuert werden ohne höhere Sickerwasserverluste.

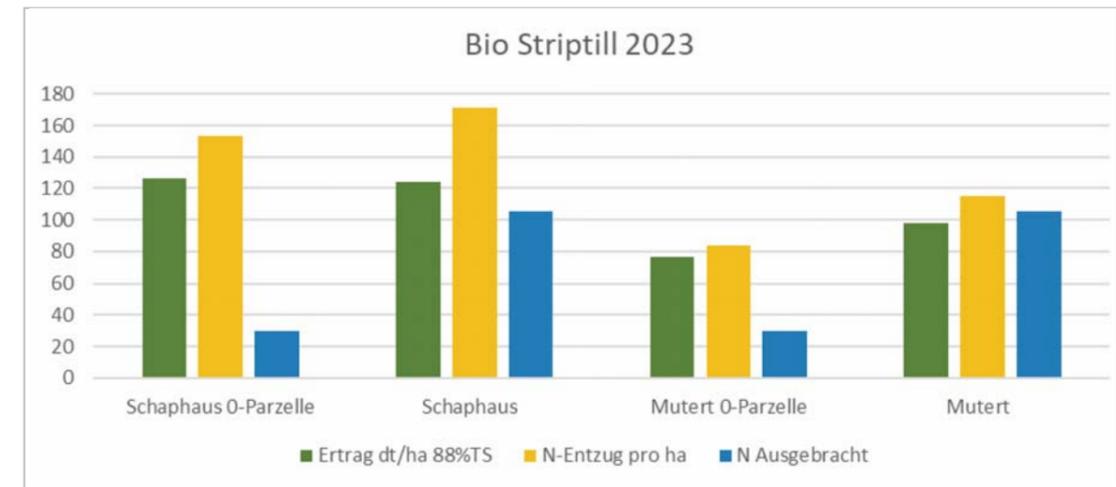


Tabelle 5: Bio Striptill Demos 2023 auf leichtem (Mutert) und schwererem (Schaphaus) Standort

### Fazit

Bio Strip Till bindet Nährstoffe und stellt diese durch Leguminosen in der zukünftigen Saatreihe zur Verfügung. In Verbindung mit der Unterfußdüngung bei Mais kann die normale Düngung deutlich reduziert werden. Der Mais nutzt dann hauptsächlich die Nachlieferung aus dem Boden. Das Stickstoff Angebot in der Reihe ist bei Bio Strip Till höher als bei herkömmlichen Anbaumethoden. Die höhere Biodiversität durch längere Bodenbedeckung verschiedenen Früchten erhöht zudem die Bodenfruchtbarkeit.



## e. Grasuntersaaten im (konventionellen) Maisanbau

Untersaaten im Maisanbau werden häufig kritisch gesehen. Der Erfolg der Untersaat ist jedes Jahr ungewiss und hängt stark von den Witterungsbedingungen während der Vegetation und dem Aussaatzeitpunkt der Untersaat ab. Im konventionellem Maisanbau ist bei einer frühzeitigen Aussaat der Untersaat zudem die nachfolgende Herbizidstrategie entscheidend und bestimmt das Gelingen der Untersaat maßgeblich mit. Trockene Bedingungen zur Aussaat der Untersaat und ausbleibende Niederschläge nach der Saat, können dazu führen, dass die Untersaat entweder gar nicht erst aufläuft oder nach der Keimung wieder abstirbt.

Vor allem auf leichten Standorten, wo das Wasserhaltevermögen der Böden oft gering ist und die Nährstoffauswaschung nach der Maisernte häufig ein Problem darstellt, können zeitig im Jahr etablierte Untersaaten einen wichtigen Beitrag zur Nährstoffkonservierung leisten. Für den klassischen Zwischenfruchtanbau ist es nach der Maisernte häufig zu spät im Jahresverlauf, um sich zufriedenstellend zu entwickeln und größere Nährstoffmengen über den Winter zu binden. Zudem erfordert eine Aussaat nach guter fachlicher Praxis eine zusätzliche Bodenbearbeitung, welche eine Mineralisierung nach sich zieht, und damit neue Nährstoffmengen im Boden freisetzt.

In den Jahren 2021 bis 2023 wurden jährlich leicht abgewandelte Demoanlagen angelegt, welche alle die gleiche Zielführung hatten. Die Demoanlagen wurden auf Sandböden mit 30 Bodenpunkten realisiert. In 2021 wurde dabei zuerst die Aussaat der Untersaat zusammen mit der Maisaussaat zwischen die Maisreihen getestet und erzielte im niederschlagsreichen Jahr 2021 gute Erfolge. Als Untersaat fungierten verschiedene Rotschwingelsorten. Diese wurden wegen ihrer geringen Wüchsigkeit ausgewählt und stellen keine große Konkurrenz zu den Maispflanzen dar. Nach der Maisernte wurden im Herbst 2021 auch zwei Varianten mit einer nachfolgenden Zwischenfrucht auf der Fläche mit der frühzeitig etablierten Untersaat getestet. Dabei wurden die Zwischenfrüchte (Grünroggen und eine winterharte ZF-Mischung) 14 Tage nach der Maisernte, welche am 30.09. stattfand, ausgesät.

Auf Abbildung 1 vom 08.12.2021 ist gut zu erkennen, dass die Rotschwingel-Untersaat zum Zeitpunkt der Bildaufnahmen deutlich weiter entwickelt war. In Abbildung 2 spiegelt sich der optische Eindruck in den Ergebnissen der Nmin-Beprobung vom 04.12.2021 deutlich wider. Der Rotschwingel hat bis zum 04.12.2021 deutlich mehr N aus dem Boden entzogen als der Grünroggen oder die winterharte Zwischenfrucht. Das erfasste Ergebnis der Rotschwingel-Untersaat liegt um 27 kg/ha niedriger als das Ergebnis des Grünroggens und sogar 40 kg/ha niedriger als das Ergebnis aus der Parzelle mit der winterharten Zwischenfrucht.



Abb. 1:  
Rotschwingel-Untersaat zwischen den Maisreihen  
am 08.12.2021



Abb. 2:  
ZF-Roggen und winterharte ZF  
am 08.12.2021

Anders als in 2021 herrschten im Herbst 2023 gute Bedingungen nach der Maisernte und ermöglichten die Aussaat der ZF-Varianten kurz nach der Maisernte (14.09.2023) bereits am 20.09.2023. Dies spiegeln auch die Ergebnisse der Nmin-Beprobungen wider. Hier lag der Unterschied zwischen Untersaat und nachfolgender Zwischenfrucht nicht so weit auseinander wie es 2021 der Fall war. In 2023 wurde Rohrschwingel als Untersaat genutzt und zwei Tage nach der Maisaussaat ausgesät. Eine späte Untersaat-Variante mit einer Weidelgrasmischung, welche in den „hüft hohen“ Maisbestand ausgesät wurde, rundete die Demo ab.

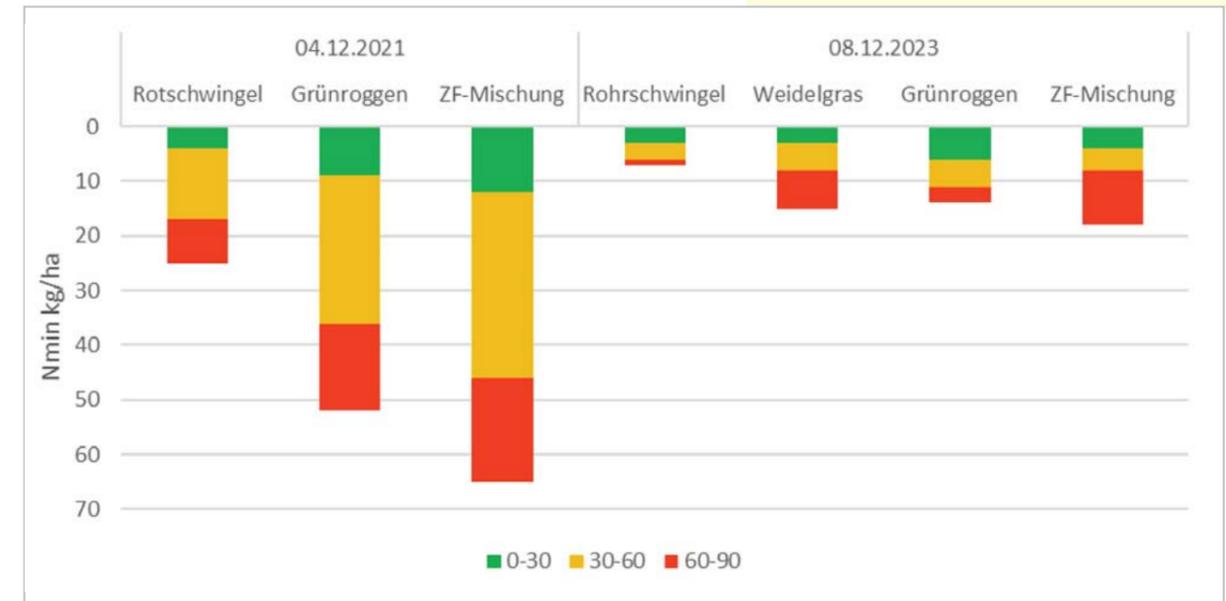


Abb. 2: Ergebnisse der Nmin-Beprobung der Demos in 2021 und 2023

Die Demoanlage aus 2021 zeigt so eindrucksvoll, welche Vorteile eine frühzeitig etablierte Untersaat mit sich bringt (Abb. 2). Vor allem der Vorteil der frühzeitigen Nährstoffkonservierung stach heraus. Durch die widrigen Witterungsbedingungen nach der Maisernte konnten die Zwischenfrüchte im Jahr 2021 erst zwei Wochen nach der Ernte ausgesät werden. Wichtige Vegetations "Restzeit" im Jahr ging verloren und in Folge dessen waren die Nmin-Ergebnisse nicht überraschend, aber gleichzeitig sehr erfreulich. Im Jahr 2023 konnten auch die Varianten mit der nachträglich ausgesäten Zwischenfrucht gute Ergebnisse erzielen. Aber auch hier war die frühzeitig ausgesäte Untersaat leicht im Vorteil.

Die Rest Nmin-Mengen nach der Maisernte sind stark von Auswaschung in der nachfolgenden Sickerperiode bedroht. Gelingt es beim Maisanbau nicht, die Rest Nmin-Werte niedrig zu halten, so haben die Untersaaten ein großes Potential, den „überschüssigen“ Stickstoff nach der Maisernte zu binden. Sie ersparen die Aussaat einer Zwischenfrucht nach der Maisernte und können so dazu beitragen, Ressourcen zu sparen. Vor allem in Jahren mit ungünstigen Witterungsbedingungen kann sich die Aussaat der Zwischenfrucht nach der Maisernte nach hinten verschieben, wodurch wichtige Vegetationszeit verloren geht. In der Folge hat die Zwischenfrucht nicht mehr das Potential größere Nährstoffmengen über die Sickerwasserphase zu konservieren. Hinsichtlich der Herbizidtoleranz der Gräser gilt es zukünftig, die richtige Sortenwahl zu treffen und solche Sorten auszuwählen, die durch das jeweilige Herbizid zwar eingebremst werden, aber die Behandlung überstehen, damit sie im Herbst schnell ins Wachstum gehen können

### Fazit

Untersaaten binden durch ihren Wachstumsvorsprung gegenüber Zwischenfrüchten bei Mais deutlich mehr Stickstoff.





# 7 | Bodenbearbeitung

## a. Dauerdemoanlage Bodenbearbeitung und Controlled Traffic Farming (CTF)

Im Herbst 2020 wurde auf einem Modellbetrieb im Münsterland eine Demoanlage zur Bodenbearbeitung und CTF angelegt. Jede Parzelle ist ca. 1 ha groß und soll für mindestens 5 Jahre bestehen bleiben. Sie besteht aus 5 Varianten, die sich durch die Intensität der Bodenbearbeitung unterscheiden und sind im Folgenden:

- Variante 1: Direktsaat immergrün (ganzjährig lebende Pflanzen)
- Variante 2: Direktsaat
- Variante 3: Mulchsaat 8cm Bearbeitungstiefe
- Variante 4: Mulchsaat 16cm Bearbeitungstiefe
- Variante 5: Mulchsaat 24cm Bearbeitungstiefe

Auch dem Betriebsleiter stellte sich die Frage, welche Bearbeitungsintensität für den Betrieb langfristig die Beste ist. Dazu stellen sich die nachfolgend zu beantwortenden Themenbereiche: „Welche Auswirkungen hat die reduzierte Bodenbearbeitung bis hin zur Direktsaat auf das Bodengefüge und den Eindringwiderstand, die N-Dynamik, die vertikale Nährstoffverteilung, den pflanzenbaulichen Grenzwert sowie das Ertragsniveau?“

Zusätzlich wird das im Betrieb etablierte CTF auch innerhalb dieser Demoanlage angewendet. CTF bedeutet, dass die Flächen nur noch in festgelegten Bereichen befahren werden und der Rest der Fläche überhaupt nicht mehr befahren wird. Dazu müssen die Arbeitsbreiten der eingesetzten Maschinen aufeinander abgestimmt sein.

- Drillmaschine und Bodenbearbeitung 4,5 m Arbeitsbreite
- Mähdrescher 9 m Schnittbreite
- Pflanzenschutzspritze 27 m AB

Das Befahren mit diesem System ermöglicht es, dass 58 % der Ackerfläche gar nicht mehr überfahren werden und somit keine negativen Einflüsse auf das Pflanzenwachstum entstehen (Abb. 1). Sehr viel Fläche wird auch deutlich weniger befahren als vorher. Es wurde auch versucht, die befahrenen und unbefahrenen Bereiche unterschiedlich zu beernten, was sich allerdings als schwierig herausstellte. Eine Beerntung mit Parzellendreschern aus dem Versuchswesen hätte durch die entstehenden Spuren die Ergebnisse in den nachfolgenden Jahren verfälscht. Eine erste Handbeerntung erwies sich jedoch als noch nicht auswertbar.

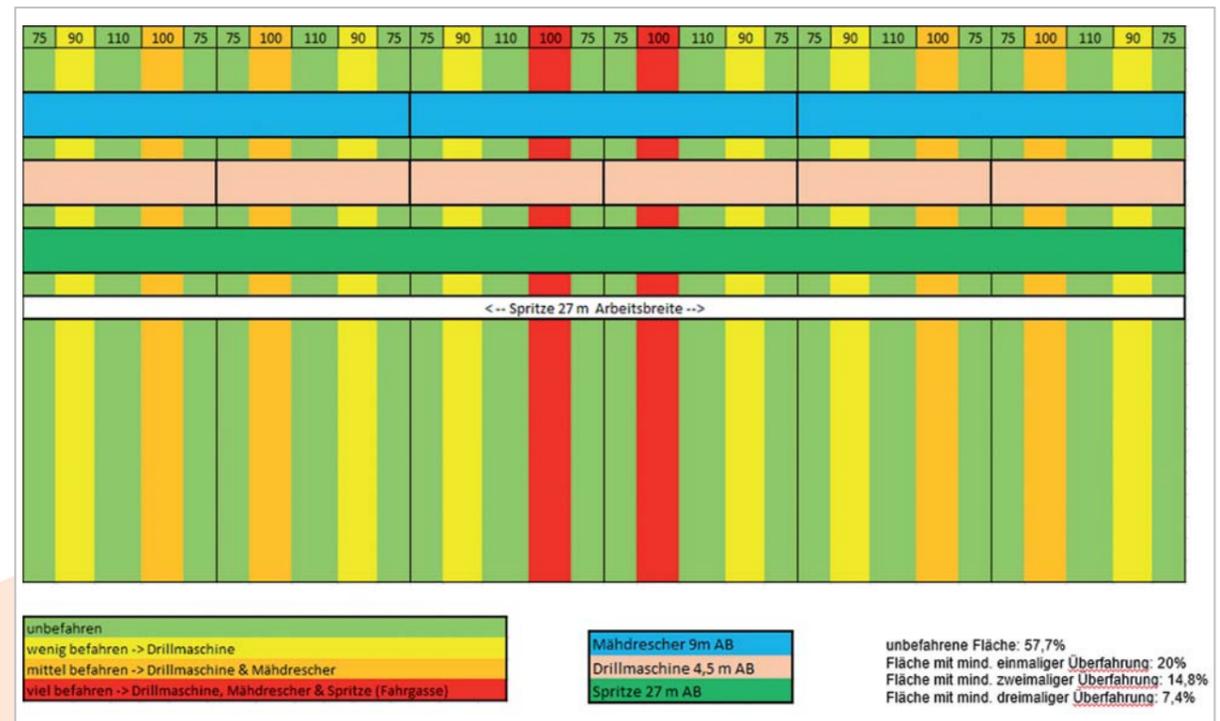


Abb. 1: Unterschiedliche Befahrungen der Flächen beim CTF

2021 wurde Wintergerste auf der Fläche angebaut, 2022 Mais, 2023 Körnererbsen und 2024 folgt wieder Wintergerste. Besonders im Maisanbau 2022 konnte man sehr gut die unterschiedliche Nmin Dynamik zwischen Direktsaat und Mulchsaat erkennen. Die Bodenbearbeitung wurde vor der Aussaat der Zwischenfrucht variiert und der Mais in allen Varianten ohne Bodenbearbeitung gesät. Im weiteren Verlauf blieb die Mineralisierung in der Direktsaatvariante hinter der Mulchsaat zurück. Besonders in der Juli-Beprobung fällt auf, dass die Gülledüngung in der Mulchsaat zu einem deutlich höheren Ausschlag der Nmin Werte führte (Abb. 2). Ertraglich lag allerdings die Direktsaat mit 118 dt/ha Körnermais über der Mulchsaat 24 cm mit 110 dt/ha Körnermais.

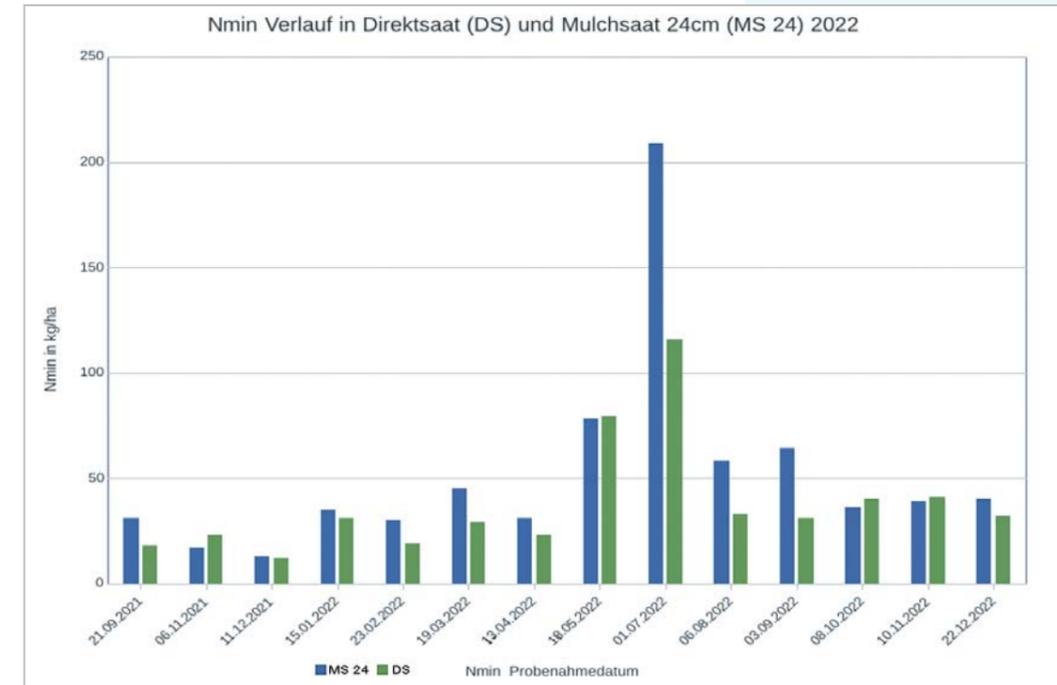


Abb. 2: Nmin-Verlauf bei Direktsaat und Mulchsaat 24 cm Tiefe im Mais 2022, MS 24 = Mulchsaat mit 24 cm Bodebearbeitung, DS = Direktsaat

Nach der ersten differenzierten Bodenbearbeitung bzw. Direktsaat wurden im darauffolgenden Frühjahr Erhebungen und Auswertungen bodenchemischer, -biologischer und -physikalischer Parameter durchgeführt. Besonders auffällig war die Bodenbiologie. Schon im Frühjahr 2021, kurz nach Beginn der Demoanlage, konnten deutliche Unterschiede im Regenwurmbesatz festgestellt werden. Unter den Direktsaat-Varianten stellte sich eine deutlich höhere Regenwurmdichte pro m<sup>2</sup> ein als in den Mulchsaat-Varianten. Hochgerechnet auf den ha Fläche ergaben sich dort ca. 2t Regenwürmer (Abb. 3).

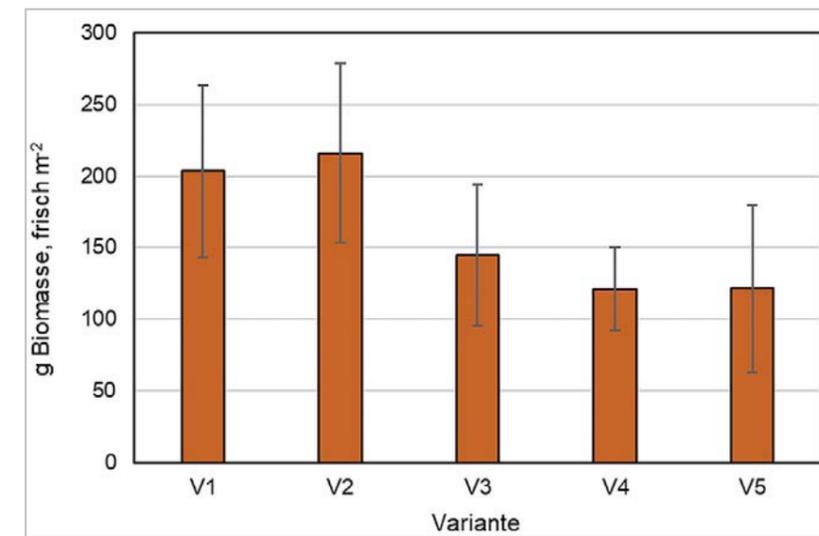


Abb. 3: Biomasse (vornehmlich Regenwurmmasse) bei den unterschiedlichen Bearbeitungsvarianten Frühjahr 2021

Die bodenphysikalischen Merkmale wurden ebenfalls im Frühjahr 2021 erhoben, was allerdings als Anfangserhebung zu sehen ist, da sich in der Kürze der Zeit keine Unterschiede einstellen konnten. Es wurden Stechzylinder Proben in den viel-, mittel- wenig- und unbefahrenen Bereichen entnommen und analysiert (Abb. 4).

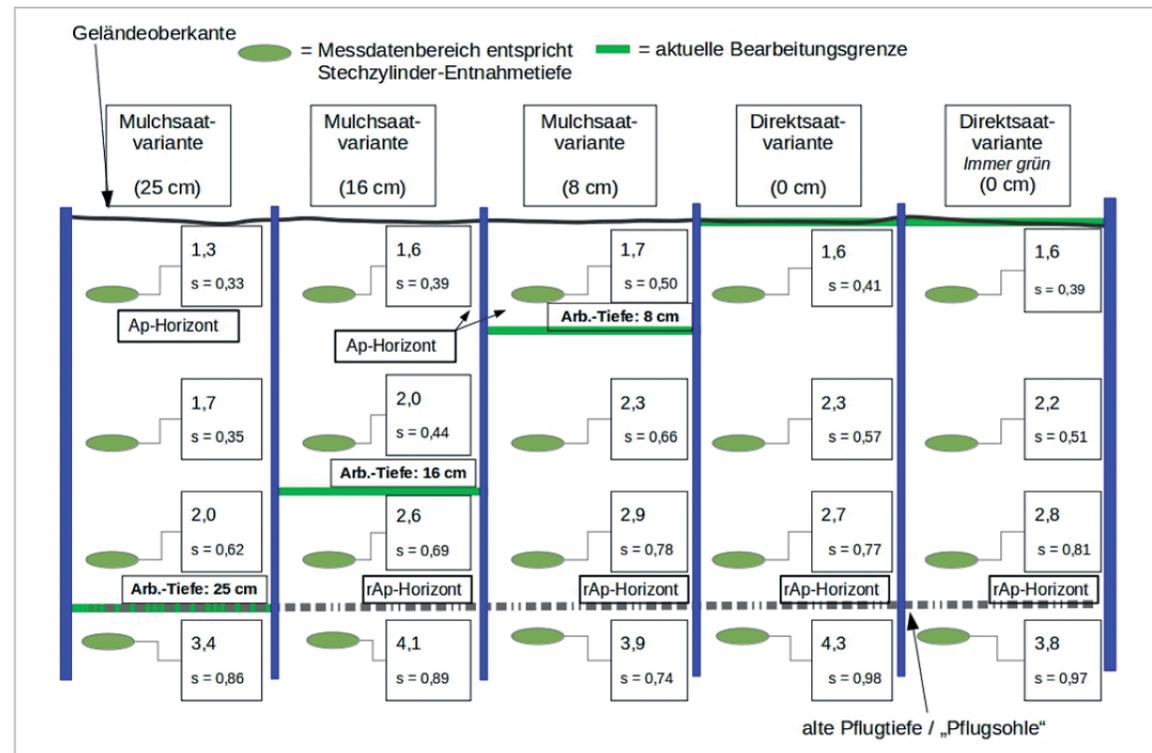


Abb. 4: Ergebnisse der bodenphysikalischen Untersuchungen bei den 5 Varianten 2021 (Ausgangssituation), s = Standardabweichung, Zahlen: Maß der Bodendichte

Im letzten der 5 Demojahre werden die bodenphysikalischen Untersuchungen wiederholt und dann miteinander verglichen. Eventuell wird das Projekt über den Zeitraum hinaus weitergeführt werden. Mehrere Bachelor und Masterarbeiten sind im Rahmen der Demoanlage bereits initiiert worden. Schon jetzt zeichnen sich pflanzenbaulich und wasserschutzmäßig interessante Ergebnisse ab, deren Ergebnisdarstellung hier aber zu früh wäre.

### Fazit

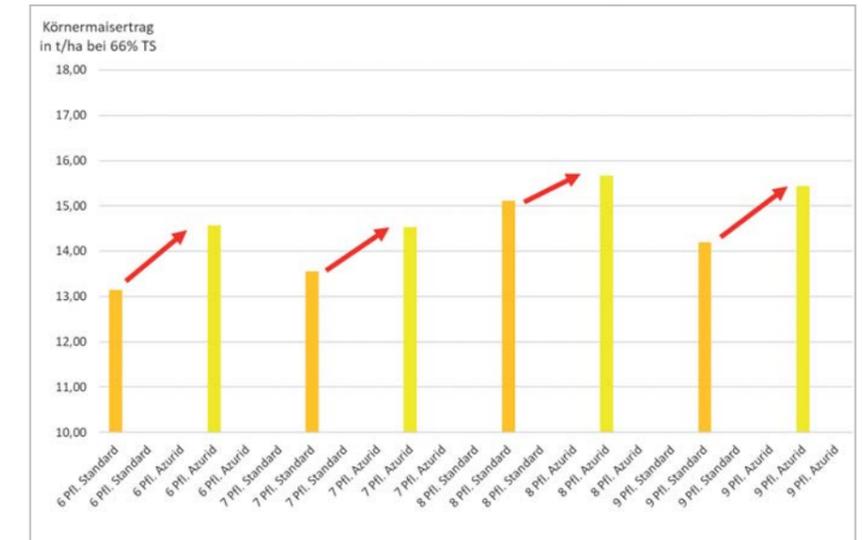
Direktsaat- und Mulchsaatverfahren in Kombination mit CTF verändern den Boden und das Bodenleben. Die Wasseraufnahme wird verbessert, bei geringerer Bodenbearbeitung nimmt der Regenwurmbesatz deutlich zu. Bisher wird bei Direktsaaten der Ertrag nicht negativ beeinflusst. Der Boden tritt stärker in den Vordergrund.

## b. Maisausaat im Dreiecksverband

Im Rahmen der Modellbetriebsfeldversuche wurde die Nährstoffeffizienz verschiedener Anbaumöglichkeiten im Maisanbau untersucht. Insbesondere wurde die herkömmliche Anbaumethode mit einem Reihenabstand von 0,75 cm mit einer alternativen Methode, dem sogenannten Dreiecksverband, verglichen. Beim Dreiecksverband werden die Maispflanzen in einem Muster gepflanzt, das einem gleichseitigen Dreieck ähnelt, wobei die Pflanzen entlang der Kanten des Dreiecks platziert werden (Abb. 1). Zusätzlich zu dieser Variation des Anbausystems wurde die Saatstärke variiert, indem 6, 7, 8 und 9 Pflanzen pro Quadratmeter gesät wurden. Die Ergebnisse dieser Demoanlage zeigten eine auffällige Verbesserung der Erträge im Dreiecksverband im Vergleich zur herkömmlichen Anbaumethode. Unabhängig von der Saatstärke war der Ertrag im Dreiecksverband stets etwa eine Tonne pro Hektar höher als bei der herkömmlichen Methode (siehe Tabelle 1).



Abb. 1: Maisaufbau im Dreiecksverband



Tab. 1: Demoanlage Dreiecksverband versus Standardausaat von Mais: Vergleich der Körnermaisenerträge in t/ha bei 66 % TS

Eine der bedeutenden Vorteile des Dreiecksverbandes liegt in seiner Fähigkeit, den Wasserverbrauch effizienter zu gestalten. Durch die optimierte Raumnutzung und die Reduzierung von Freiflächen zwischen den Pflanzenreihen kann der Dreiecksverband dazu beitragen, die Wasseraufnahme der Pflanzen zu maximieren und die Verdunstung zu minimieren. Dies trägt nicht nur zur Ertragssteigerung bei, sondern kann auch eine nachhaltigere Wasserbewirtschaftung ermöglichen, insbesondere in Regionen mit begrenzten Wasserressourcen. Darüber hinaus bietet der Dreiecksverband weitere Vorteile wie eine effizientere Nutzung von Nährstoffen im Boden, was zu einer weiteren Verbesserung der Erträge führen kann. Und auch dem Wasserschutz ist gedient, da die niedrigen Rest Nmin-Gehalte bei der Ernte weniger Auswaschung in der nachfolgenden Sickerperiode bedeuten.

Insgesamt deutet diese Demoanlage darauf hin, dass der Maisanbau im Dreiecksverband nicht nur ein höheres Ertragspotenzial bietet, sondern auch eine Reihe von ökologischen und agronomischen Vorteilen mit sich bringt. Die Nutzung dieser Anbaumethode könnte somit nicht nur die Produktivität und Effizienz der Landwirtschaft steigern, sondern auch zur Förderung einer nachhaltigeren und ressourceneffizienteren Produktion beitragen. Weitere Demos und auch Versuche sind jedoch erforderlich, um diese Ergebnisse zu validieren und mögliche Herausforderungen oder Einschränkungen zu identifizieren.

### Fazit

Der Dreiecksverband scheint die Nährstoff- und Wassereffizienz im Vergleich zum Standardverfahren zu erhöhen. Daraus könnten geringere Restnährstoffmengen im Boden nach der Ernte resultieren und die Auswaschung von Nährstoffen in der nachfolgenden Sickerperiode verringern.



### c. Hacken, Striegeln, Bandspritzung, Digitalisierung: PSM Reduktion durch moderne Technik

Das Thema mechanische Unkraut- und Ungrasregulierung ist ein bedeutsames Thema der letzten Jahre nicht nur in den ökologischen, sondern auch in den konventionellen Modellbetrieben. Entscheidungen hinsichtlich Verbote und Restriktionen beim Einsatz von Pflanzenschutzmitteln veranlassen uns auf den Modellbetrieben zukunftsorientierte Konzepte in Demoanlagen für die Landwirtschaft zu erarbeiten. Klassische Zielkonflikte fordern uns dabei besonders heraus. So läuft z. B. die Forderung nach wenig Dieselverbrauch der Forderung eines reduzierten Pflanzenschutzmitteleinsatzes entgegen. Der hohe Stellenwert des Erosions- und Bodenbrüterschutzes spricht z.B. gegen eine häufige mechanische Unkrautregulierung.

In den Trockenjahren 2018 und 2019 sammelten wir positive Erfahrungen beim Einsatz von Hacke und Striegel im Mais. Arbeitszeit und zusätzliche Kosten wurden ermittelt und den bisherigen Methoden gegenübergestellt. Unter die letzten vier Jahre reihten sich aber auch Jahre mit nasserem Frühjahr. In derartigen Jahren wurden hybride Systeme aus Mechanik und Chemie durchgeführt. Eine rein mechanische Bekämpfung der Unkräuter in den Maisbeständen reichte nicht aus. Es entstanden Demoanlagen mit Hacken und Bandspritzern. Das Bandspritzen ermöglicht eine deutliche Reduktion des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln (bis zu minus 70 Prozent!), da nur noch ein schmales Band über der Maisreihe appliziert wird. Die Zwischenräume können dann gleichzeitig (beim kombinierten Verfahren, Abb. 1) oder zum späteren Zeitpunkt (absätziges Verfahren Abb. 2) gehackt werden. In beiden Systemen sind die Kulturpflanzen den Pflanzenschutzmitteln ausgesetzt.



Abb. 1: Bandspritzereinheit an kamerageführter Hacke zum Bandspritzen im kombinierten Verfahren



Abb. 2: Anhängerpflanzenschutzspritze mit 25 cm Düsenabstand zum Bandspritzen im absätziges Verfahren. Nach der Bandspritzung erfolgt zum passenden Zeitpunkt der gesonderte Hackgang

Abb. 3:  
links Pflanzenschutzmitteleinsatz im Mais, rechts mechanische Unkrautbekämpfung



Immer wieder hat sich ein Unterschied nicht nur optisch (Abb. 3 und Abb. 4), sondern auch ertragsmäßig zwischen rein mechanischen und mit Pflanzenschutz behandelten Varianten gezeigt.



Abb. 4:  
Blattauffhellungen zeigen an, wo Pflanzenschutzmittel im Mais eingesetzt wurden und wo nicht

Die Landwirtschaftskammer Niedersachsen hat zu dem Einfluss auf den Ertrag im Mais beim Einsatz von Sulfonylharnstoffen 6-jährige Versuchsreihen veröffentlicht. Im Schnitt aller Jahre reagierte der Mais über alle Herbizide gemittelt mit 4,2 % weniger Ertrag. Auch fielen, wie bei uns, während der Bonituren im 6-Blattstadium die typischen Blattauffhellungen auf (Manfred Kettel, LWK Niedersachsen). Wichtig bei diesem Vergleich ist aber, dass die mechanische Unkrautbekämpfung in den rein mechanisch regulierten Maisbeständen erfolgreich gewesen sein muss! Dieser Erfolg ist jedoch nicht immer gegeben und zusätzliche Hackgänge, die kosten- und zeitaufwendig sind, bringen nicht immer das erforderliche Ergebnis. Mais verträgt überhaupt keine Konkurrenz durch Unkräuter, sodass dann in vielen Fällen der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln bei Bedingungen, in denen das Hacken nicht ausreichen würde, erfolgt.

Die mechanische Unkrautbekämpfung gelingt nach unseren bisherigen Erfahrungen in trockeneren Jahren bei passgenauen Einsatzzeitpunkten. Jedoch ist die Flächenleistung geringer als beim Pflanzenschutzmitteleinsatz. Nasse Jahre erschweren die Wirksamkeit der mechanischen Unkrautbekämpfung. Der kombinierte Einsatz mit Pflanzenschutzmitteln (wenn auch reduziert über einer möglichen Bandspritzung) ist in konventionellen Betrieben dann vorzuziehen. Dennoch ist diese Methode sehr aufwendig und alles andere als leicht. Das haben die Demoanlagen mit kombinierten und absätziges Verfahren der vergangenen Jahre gezeigt. Eine Bandspritzung lässt sich nicht „mal eben“ durchführen und ist gemessen an ganzflächigen Indikationen hohes Niveau! Der zusätzliche Einsatz eines Striegels vor dem Auflaufen der Kulturpflanzen (Blindstriegeln) ist sehr effektiv gegen die ersten Unkraut- und Ungraswellen. Aber auch dafür müssten weitere zusätzliche Maschinen auf den Betrieben vorgehalten werden. Diese zusätzlichen Investitionskosten lassen sich oftmals nicht darstellen.

In zukünftigen Demoanlagen wird das Spot-Spraying-Verfahren aufgegriffen und erarbeitet. Hier werden Unkräuter gezielt durch Kameratechnik erkannt und ganz gezielt mittels kleinflächigen Spots behandelt. Dieses System soll schlagkräftiger sein und den Mitteleinsatz nochmals im Vergleich zur Bandspritzung reduzieren. Es soll nicht nur in den klassischen Reihenkulturen wie Rübe oder Mais, sondern auch in Getreidebeständen mit engeren Reihenabständen oder sogar im Grünland funktionieren. Allerdings sind die Anschaffungskosten noch sehr hoch, das Anforderungsniveau an die Technik wird nochmals steigen.

#### Fazit

Mit der mechanischen Unkrautbekämpfung lassen sich insbesondere in trockeneren Jahren mit größeren Bearbeitungsfenstern gute Erfolge erzielen, der Verzicht auf Pflanzenschutzmittel ist dann in der Regel möglich. In nassen Jahren ist eine ergänzende Pflanzenschutzbehandlung erforderlich, durch den Einsatz von Bandspritzungen lassen sich die Mitteleinsätze aber deutlich reduzieren. Jedoch steigen die Kosten des Einsatzes ebenso wie das fachliche Know how und der Arbeitsaufwand.



8

# Bewässerung



# 8 Bewässerung

## a. Raindancer mit GPS und Sektorsteuerung

Einige Modellbetriebe, die intensiv bewässern, sind in den letzten Jahren mit dem Zusatzmodul Raindancer GPS an Beregnungskanonen ausgestattet worden. Ein GPS Sender wird dabei an der Kanone angebracht und übermittelt jederzeit den Standort und somit den Beregnungsfortschritt der Kanone. Über einen Drucksensor lässt sich der aktuelle Wasserdruck kontrollieren. Die Stromversorgung ist durch ein Solarmodul sichergestellt. Alle relevanten Daten sind über einen Webzugang oder eine App für den Betriebsleiter und weitere Mitarbeiter einzusehen. Somit lassen sich wichtige Daten wie Einzugs geschwindigkeit und Wasserverbrauch digital erfassen. Durch die vollautomatische, digitale Dokumentation sind die Wasserverbräuche je Schlag, Brunnen oder Betrieb gespeichert. Störungen werden sofort gemeldet und können zeitnah behoben werden (Abb. 1).

Als weiteres optionales Modul gibt es die Möglichkeit der elektronischen Sektorsteuerung. Die vorhandenen Anschläge der Kanone werden durch motorisierte Anschläge ersetzt. Dadurch lässt sich der Anschlagwinkel an die Schlaggrenzen anpassen. Vor allem bei Schlägen, die nicht rechteckig geschnitten sind oder Landschaftselemente umschließen, lässt sich so die Beregnung nicht landwirtschaftlicher Fläche vermeiden. Durch ein spezielles Start- und Endprogramm lässt sich bis an die Feldgrenzen bewässern. In einem mehrphasigen Verfahren wird entlang des Vorgewendes auch der Zwischenbereich beregnet, der häufig außerhalb des Radius liegt.

Die Modellbetriebsleiter, die den Raindancer nutzen, möchten diese Kontrollfunktion nicht mehr missen. Auch die Sektorsteuerung wird als sehr sinnvoll erachtet. Besonders für Betriebe, die viele Flächen bewässern oder sehr weit gestreute Flächen bewirtschaften, bekommen die Möglichkeit, einen Überblick über den Beregnungsfortschritt zu erhalten. Die Beregnungsmengen je m<sup>2</sup> lassen sich ebenso einfacher steuern, so dass eine Anpassung an die Kulturen vorgenommen werden kann und durch Bewässerung verursachte Auswaschungen reduziert werden können.

Einsatzzeit	Regner	Schlag	Brunnen	mm	m <sup>2</sup>	h
20.07.2023 10:38:26 - 20.07.2023 18:39:33	Nettuno 2013 C...			13	181	8 204m
19.07.2023 08:21:02 - 19.07.2023 22:37:07	Nettuno 2015 C...			24	546	14,3 336m
18.07.2023 21:42:22 - 19.07.2023 07:36:39	Nettuno 2013 C...			17	249	9,9 239m
18.07.2023 15:59:29 - 19.07.2023 06:41:56	Nettuno 2015 C...			25	542	14,7 313m
18.07.2023 09:48:07 - 18.07.2023 20:55:33	Nettuno 2013 C...			19	280	11,1 228m
17.07.2023 22:32:37 - 18.07.2023 14:01:04	Nettuno 2015 C...			23	556	15,5 369m
13.07.2023 13:55:21 - 13.07.2023 21:30:03	Nettuno 2013 C...			15	160	7,6 191m
13.07.2023 09:19:51 - 13.07.2023 13:38:14	Nettuno 2013 C...			16	106	4,3 104m
12.07.2023 22:59:39 - 13.07.2023 06:39:28	Nettuno 2013 C...			20	186	7,7 132m
12.07.2023 08:01:53 - 12.07.2023 17:21:44	Nettuno 2013 C...			15	232	9,4 240m
09.07.2023 18:40:24 - 10.07.2023 06:46:03	Nettuno 2013 C...			24	323	12,1 228m

Abb. 1: Einsatzprotokoll Raindancer

Die Sektorsteuerung kann ein wichtiges Hilfsmittel sein, um die Akzeptanz landwirtschaftlicher Bewässerung zu erhalten. Sie ist ein erster Schritt für effizienteres und wassersparendes Bewässern. Das ist insbesondere vor dem Hintergrund des Klimawandels von Bedeutung. In heißeren und damit trockeneren Sommern wird der Bewässerungsbedarf zunehmen.

### Fazit

Mit dem Zusatzmodul Raindancer GPS und der Sektorsteuerung können die Bewässerungsmengen und die Verteilung besser gesteuert werden. Die Wassereffizienz wird erhöht.



## b. Erste Erfahrungen mit der Tropfberegnung bei Kartoffeln

Bewässerung zu Kartoffeln ist in jedem Jahr ein relevantes Thema in der Landwirtschaft. Neben Fragen zu Beregnungszeitpunkten und -mengen ist in den vergangenen Jahren, vor allem verstärkt durch die zunehmenden Trockenheitsphasen im Sommer, auch die Bewässerungstechnik Bestandteil der Diskussion geworden. In Zeiten, in denen Wasser ein zunehmend knappes Gut wird, ist auch die Landwirtschaft, die auf Bewässerungsmaßnahmen angewiesen ist, um einen sparsamen und wertschätzenden Umgang mit der Ressource Wasser bemüht.

Mögliche Ansätze hierfür können in der Tropfberegnung liegen. Tropfschläuche, egal ob unterfuß oder im Kartoffeldamm, bringen Wasser bodennah und direkt an der Kultur aus, so dass theoretisch erhebliche Einsparungen gegenüber einer Beregnungskanone möglich wären.

Erfahrungen sammeln wir mit der Tropfberegnung seit 2019 auf einem Modellbetrieb im südlichen Rheinland von NRW. Schon nach den ersten Überlegungen stellten sich zwei grundlegende Fragen, die vor allem für die Kosten relevant sind: Setzen wir auf günstigere und dünnwandigere einjährige Schläuche, oder wählen wir erheblich teurere und dickwandige mehrjährige Schläuche? Und weiter: Ziehen wir einen Schlauch in jede Dammkrone oder jeweils zwischen zwei Dämme?

Sandige, durchlässige Böden sollten in jedem Fall einen Schlauch pro Damm voraussetzen, bei schwereren Böden würde ein Schlauch mittig zweier Dämme ausreichen. Da es im ersten Jahr vor allem um das Sammeln von Erfahrungen ging, entschieden wir uns für einjährige Tropfschläuche, die in jede einzelne Dammkrone gezogen werden.

Zum Verlegen der Tropfschläuche konnten wir auf die Spezialtechnik des Herstellers zurückgreifen. Mittels Dammformblechen, die wie Kufen über die bereits gehäufelten Dämme gelitten, wurde der Tropfschlauch in ca. daumendicke tief in den Damm gezogen (Abb. 1 und 2). Um Verletzungen am Keimling der Kartoffel zu vermeiden, sollte dieses Verfahren bis zum siebten Tag nach Pflanzung abgeschlossen sein.



Abb. 1: nachträgliches Einziehen der Tropfschläuche in den Damm



Abb. 2: Tropfschlauch im Damm, ca. daumendick tief



Das Bergen der Schläuche kurz vor der Ernte erfolgte ebenfalls durch Spezialtechnik. An einem Rahmen sind Haspeln angebracht, die hydraulisch gesteuert und mit leichtem Druck die Schläuche während der Überfahrt aufwickelten (Abb. 3).



Abb. 3:  
Bergen der Tropfschläuche vor der Ernte

**Kostenunterschied Streamline Plus  
zu Dripnet PC in €/ Meter**  
**0,105 € | 0,815 €**

Nach dem ersten Jahr, in dem das Verlegen und Bergen der Schläuche gut ablief, entschied sich der Modellbetriebsleiter im Folgejahr dazu, aus Gründen der Müllvermeidung, die Anlage mit potentiell mehrjährigen Schläuchen zu wiederholen. Zudem wollten wir uns unabhängiger machen und eigene Technik entwickeln.

Für das Ausbringen der Tropfschläuche im zweiten Jahr konnten wir auf eine betriebsindividuelle Lösung zurückgreifen. Der Betriebsleiter hat ein Loch in die Dammformbleche seiner Dammfräse geschnitten und eine Vorrichtung zum Halten und Führen der Tropfschläuche angeschweißt (Abb. 4). Dies ermöglichte das Verlegen des Tropfschlauches beim Dammfräsen und machte die extra zu organisierende Speziallösung unnötig.

Leider fanden wir bis heute keine eigenständige und simple Lösung zum Bergen der Schläuche, sodass wir an diesem Punkt abhängig bleiben.



Abb. 4:  
Verlegen der Tropfschläuche mittels Dammfräse

Das erste Jahr mit den mehrjährigen Schläuchen verlief relativ unkompliziert. Doch schon beim Bergen und spätestens im Jahr 2021 zeigten sich zwei große Nachteile:

Zum einen haben Mäuse und Krähen über die Saison das Wasser in den Schläuchen ausfindig gemacht und an mehreren Stellen den Schlauch zerbissen. Die Schadstellen lassen sich zwar ausschneiden und die beiden Enden mittels Verbindern reparieren, allerdings mit erheblichen Mehraufwand.

Zum anderen können von Jahr zu Jahr die Schlaglängen variieren. Können bei einjährigen Schläuchen jährlich die passenden Längen geschnitten werden, so muss bei mehrjährigen Schläuchen ab dem zweiten Jahr die Länge angepasst werden. Bei kürzeren Schlägen wird abgeschnitten, bei längeren Schlägen wird mittels Schlauchverbindern angestückt. Dies bedeutet wieder Mehraufwand und geht zu Lasten der Arbeitsgeschwindigkeit.

Der wichtigste Faktor, neben den Kosten, ist der Zeitaufwand, der mit den Tropfschläuchen verbunden ist. Im dritten Jahr (das zweite mit mehrjährigen Tropfschläuchen) wurde der Arbeitsaufwand durch den Betriebsleiter dokumentiert. Zu den reinen Überfahrten beim Verlegen und Bergen kommen Verbindungs- und Reparaturarbeiten. Verzögerungen bereiteten vor allem die Schlauchverbinder, mit denen im Vorjahr Schadstellen repariert wurden. Diese dicken Plastikcupplungen sorgten für regelmäßige Arbeitsunterbrechungen, da sich diese schlecht durch das Dammformblech abwickelten.

Der Arbeitszeitaufwand wurde vom Betriebsleiter wie folgt angegeben:

Verlegen der Tropfschläuche:	26 Akh/ha
Kontrollen während der Wassergaben:	4 Akh/ha
Bergen der Tropfschläuche:	26 Akh/ha

Sicherlich beschleunigen sich die Arbeitsabläufe mit zunehmender Routine. Nichtsdestotrotz bleibt ein erheblich höherer Aufwand, der sich auch nicht während der Saison kompensiert. Die reine Bewässerungsgabe ist zwar weniger zeitintensiv als das Umsetzen einer Kanone, dafür sind regelmäßige Kontrollen notwendig, um frühzeitig Löcher und Schadstellen zu finden.



Abb. 5:  
Kopfleitung im Vorgewende

In 2023 verzichtete der Betriebsleiter auf die Tropfbewässerung, bei der Pflanzung war die Feldkapazität des Bodens nahezu erreicht. Die Erfahrungen des Betriebsleiters sind bisher folgende:

- Die Bewässerung funktioniert bei regelmäßiger Kontrolle (und Reparatur) einwandfrei mit weniger Wasseraufwand (diesen wollen wir zukünftig mit einer Wasseruhr ermitteln)
- Der Installationsaufwand im Vergleich zur bisherigen Bewässerung ist deutlich höher. Deshalb wird die Tröpfchenbewässerung bei ungünstiger Ausgangssituation (bereits trockener Boden) genutzt und dann für die Kartoffeln, die mit hoher Qualität besonders vermarktet werden.
- Eine geplante Fertigation in Verbindung mit der Bewässerung war in Planung, wird aber nicht realisiert, da ansonsten bei feuchten Bodenbedingungen und Düngebedarf bewässert werden müßte, was eigentlich unnötig wäre.
- Auch bei mehrjährigen Schläuchen fällt nicht wenig Verschnitt an, da die Flächen immer unterschiedlich zugeschnitten sind.

### Fazit

Mit einer Tropfberegnung kann Wasser gespart werden. Der zusätzliche Arbeitsaufwand ist nicht unerheblich. Trotz mehrjähriger Schlauchsystemen fällt viel Verschnitt-Müll an.



### c. Tropfbewässerung im Rhabarberanbau

Im Herbst 2022 haben wir auf einem Modellbetrieb am Niederrhein eine Unterflur-Tröpfchenbewässerung in einen kurz zuvor gepflanzten Rhabarberbestand installiert. Diese neue Anlage soll dabei helfen, weitere Rückschlüsse über das Verfahren der Tröpfchenbewässerung zu sammeln und aufzeigen, ob mit dieser Technik zukünftig effizienter bewässert werden kann. Hinzu kommt, dass gerade in trockenen Jahren die Betriebe hinsichtlich ihrer Beregnungskapazitäten und dem arbeitswirtschaftlichen Aufwand häufig an ihre Grenzen stoßen. Auf dem Modellbetrieb wurde die installierte Anlage so geplant, dass sie fast autark und vollständig automatisch die Bewässerung übernehmen kann und so wichtige Arbeitskapazitäten auf dem Betrieb eingespart werden können. Darüber hinaus wurde die Anlage mit einer Fertigation ausgestattet, wodurch – neben weiterhin klassischer Düngung – eine Flüssigdüngung über die Anlage möglich ist.

Die Tropfschläuche des Herstellers Netafim wurden bei der Demoanlage 15 cm unter der Bodenoberfläche und 15 cm neben den Rhabarberpflanzen verlegt. Da die Rhabarberpflanze sogenannte „Schlingwurzeln“ hat, wurden bei der Installation diese Abstände gewählt, um eine Verletzung der Tropfschläuche zu verhindern. Die Verlegung der Tropfschläuche erfolgte mittels einer selbst gebauten Verlegeeinheit, die die Schläuche reihenweise unter die Erde brachte. In den nachfolgenden Abbildungen wird die Verlegetechnik noch einmal bildlich dargestellt.



Abb. 1: Verlegungstiefe der Tropfschläuche



Abb. 2: Verlegeeinheit mit Tropfschlauchtrommel am oberen Bildrand

Der Tropferabstand der Schläuche beträgt 30 cm und die Tropfer können bis zu 1,0 Liter pro Stunde ausbringen. Da die Rhababeranlage mehrjährig geplant ist und die Tropfschläuche die gesamte Kulturdauer des Rhabarbers funktionstüchtig im Boden überstehen sollen, wurden mehrjährige Schläuche mit einer Wandstärke von 1,0 mm genutzt. Im ersten Nutzungsjahr 2023 konnten wir bisher keine Mängel oder Beschädigungen feststellen und die Anlage lief reibungslos.

Da die Anlage an den hofeigenen Brunnen angeschlossen wurde, wurden die Tropfschläuche in vier Sektionen aufgeteilt, die nacheinander geschaltet werden, um über die gesamte Länge der Fläche eine ausreichende Wasserversorgung zu gewährleisten. Durch den dauerhaften Anschluss an den Hofbrunnen war es möglich, eine automatische Steuerung zu integrieren. Die Bewässerung erfolgt nach einem vorprogrammierten Programm mit der Einbindung einer Wasseruhr. Nach einer definierten Feuchtigkeit sendet sie einen Impuls an den Controller der Steuerungseinheit, die Bewässerung automatisch laufen zu lassen. Das reduziert den Arbeitsaufwand für alle Beteiligten stark.

Wir installierten zur Überwachung der Bewässerung zusätzlich einige unserer Bodenfeuchtesensoren auf der Fläche, um bedarfsmäßig zu wässern und nicht zu viel Wasser mit der Anlage zu geben. Ebenso dienen die Sensoren zur Dokumentation der Bodenfeuchte über die Vegetationszeit. Außerdem haben wir den Schlag in zwei Hälften aufgeteilt, die unterschiedlich gedüngt wurden. Die eine Hälfte wurde dabei betriebsüblich mit zwei Gaben und einem Schleuderstreuer gedüngt, die andere Hälfte versorgten wir mit drei Gaben über die Fertigation mit Nährstoffen und reduzierten die Düngegabe in der Summe um 30 %. Die Reduktion hat im ersten Jahr sehr gut funktioniert, da so kontinuierlich kleinere Mengen an Stickstoff bedarfsgerecht an die Wurzel gegeben werden konnten.



Abb. 3: Links – Rhabarberbestand mit betriebsüblicher Düngung über gekörnten Mineraldünger; rechts – Rhabarberbestand über Fertigation gedüngt – Aufnahme vom 15.06.2023

Im ersten Jahr der Bewässerung stellte sich die automatische Steuerung und die direkte Anbindung der Anlage an den Hofbrunnen als sehr nützlich dar. Gleichzeitig verleitete dies aber auch dazu, die Fläche mehr zu bewässern als eine Vergleichsparzelle mit Rhabarber, die im Betrieb mit vorhandener Technik (Beregnungskanone) bewässert wurde. Und das, obwohl über die gesamte Vegetationsperiode der Bodenfeuchtegehalt der Fläche in verschiedenen Bodentiefen dokumentiert und nur bei Bedarf bewässert wurde. Hier gilt es, zukünftig das Einsparungspotential der Tröpfchenbewässerung zu generieren.

In Punkto Fertigation konnte die Anlage bereits im ersten Jahr überzeugen. Durch das Gabensplitting und die schnelle Verfügbarkeit des Düngers im Wurzelbereich war eine deutliche Düngereinsparung möglich. Die verringerte Düngung war dem Bestand nicht anzusehen. Im Gegenteil: Er zeigte sich durch das Splitting sogar vitaler.

#### Fazit

Das Potenzial der Wassereinsparung der Tröpfchenbewässerung mit Feuchtesensoren muss noch gehoben werden. Bezüglich Düngung und Arbeitswirtschaft hat die Bewässerungsmethode für die mehrjährige Kultur bereits jetzt überzeugt.



## d. Bodenfeuchtemonitoring auf ausgewählten Modellbetrieben mit Bewässerung

Im Sinne der Effizienzsteigerung in der Bewässerung wurden 2021 und 2022 verschiedene Bodenfeuchtesensoren auf ausgewählten Modellbetrieben mit vorhandener Bewässerung angeschafft. Diese sollen den Landwirt dabei unterstützen, geeignete Bewässerungszeitpunkte zu finden. Dazu wurden verschiedene Hersteller ausgewählt, um einen Eindruck zu bekommen, wie praxistauglich der Stand der Technik ist. Zusätzlich wurden im Rahmen der Kooperation mit dem Forschungszentrum Jülich und dem dortigen Adapter-Projekt neuartige Sensoren getestet.

Es wurden die Sensoren bevorzugt, welche die Daten in Echtzeit abrufen können. Des Weiteren wurden Sensoren bevorzugt, welche in verschiedenen Tiefen die Bodenfeuchtigkeit messen. Damit kann der Anwender die Verlagerung der Bodenfeuchtigkeit (und damit für den Wasserschutz auch der Nährstoffe) und das Wurzelwachstum nachverfolgen.

Angeschafft wurden die Sentek Drill&Drop Bodenfeuchtesonde, der TerraSenPro von Dacom, der CropX Soil Sensor, die Bodenfeuchte Sensoren von der Firma PlantCare und der SMT-100 von Trübner. Nachfolgend werden zwei ausgewählte Sensoren vorgestellt.

### Sentek D&D Bodenfeuchtesonde

Im Jahr 2021 ist zur Begleitung einer Demoanlage zur unter b) beschriebenen Tropfbewässerung in Kartoffeldämmen eine Pessl Mmetos Wetterstation mit Bodenfeuchtesensor angeschafft worden. Als Bodenfeuchtesensor haben wir uns für eine 90 cm lange Sonde des Herstellers Sentek Solutions entschieden, die wie eine Lanze senkrecht in den Boden eingeführt wird und in 10 cm Abschnitten Messungen durchführt (Abb. 1). Die Sonde lässt sich am besten einbauen, indem bis auf die gewünschte Tiefe vorgebohrt und die Sonde anschließend einschlämmt wird. Auf diese Weise ist eine feste Bindung an die Bodenschichten ohne Luftlöcher sichergestellt und die Sonde übermittelt nach kurzer Zeit plausible Messwerte. Es sollte lediglich einige Tage abgewartet werden, damit die Einschlammung der Sonde die Messergebnisse nicht verfälscht.

Zu beachten ist die Wahl einer repräsentativen Stelle auf dem gewählten Schlag. Besonders bei heterogenen Schlägen (und ggfs. einem anderen Bewässerungssystem) lässt sich die Messung an einer Stelle nicht auf den gesamten Schlag übertragen. Gemessen werden die Bodenfeuchte (als volumetrischer Wassergehalt in Prozent) und die Bodentemperatur.

Die Daten werden via Mobilfunk an eine Cloud übertragen und lassen sich, entsprechend dem eingestellten Messzyklus, jederzeit online einsehen. Dazu gibt es sowohl eine Webanwendung, als auch eine smartphoneoptimierte App. Die gemessenen Werte lassen sich in der Anwendung graphisch und tabellarisch darstellen und als XLS Datei herunterladen. Das Einsehen und Interpretieren der Daten ist sehr benutzerfreundlich und intuitiv. Dank der Bodenfeuchtesonde ergibt sich über die gewählte Zeitdauer, im Falle dieses Modellbetriebes über die Kulturzeit der Kartoffel, ein sehr guter Überblick über die Bodenfeuchte. Mittels der neun verschiedenen Abschnitte entlang der 90 cm langen Sonde zeigt sich ein hilfreiches Bild über die Verlagerung der Bodenfeuchte, sodass sich sehr gut Entscheidungen zu Bewässerungszeitpunkten treffen lassen.

Grundsätzlich unverzichtbar, egal auf welchen Hersteller die Entscheidung letztendlich fällt, ist die direkte Übertragung der Daten. Sonden, die umständlich vor Ort abgelesen werden müssen, stellen eine zusätzliche Hürde dar, sowohl für die Arbeitswirtschaft als auch beim händischen Auslesen der Daten. Cloudanwendungen bieten diesbezüglich deutliche Vorteile. Vor allem, wenn sich Alarmer bei Unterschreitung gewünschter Zielwerte, einstellen lassen.



Abb. 1:  
Sentek D&D Bodenfeuchtesonde, eingebaut in Kartoffeldamm

### PlantCare AG Bodenfeuchtesensoren

Im Jahr 2021 wurden weitere Sensoren zur Bodenfeuchte auf dem Modellbetrieb am Niederrhein angeschafft. Auch hier sollen die Sensoren den Betrieb dabei unterstützen, sein Bewässerungsmanagement zu verbessern und Rückschlüsse auf einzelne Beregnungsgänge ermöglichen. Die angeschafften Sensoren stammen von dem Hersteller PlantCare AG aus der Schweiz und heben sich von dem klassischen Funktionsprinzip der meisten gängigen Sensoren ab.

Sie messen die relative Feuchtigkeit im Boden und geben daher nicht an, wie viel Wasser der Pflanze tatsächlich zur Verfügung steht. Diese relative Feuchtigkeit wird mit einem Messwert zwischen 0% und 100% ausgegeben, wobei 0% der völligen Trockenheit entspricht und 100% die vollständige Wassersättigung darstellt. Der Betriebsleiter muss sie folglich selber auf einen Wert kalibrieren, ab dem seine Pflanzen auf seinem Standort einen Beregnungsgang benötigen, um nicht in Trockenstress zu geraten. Das Funktionsprinzip dahinter ist recht simpel. An der Spitze einer Sensoreinheit befindet sich eine Filzspitze, welche in einem vorher bestimmten Messintervall einen kurzen Moment um 1°C erwärmt wird. Nach dieser „Heizphase“ wird die Abkühlzeit erfasst und die Dauer bis zum Erreichen eines bestimmten Schwellenwertes gemessen. Unter vollständiger Wassersättigung kühlt die Spitze schnell ab, unter trockenen Bedingungen dauert es länger. Durch die Dauer der Abkühlphase wird so der relative Bodenfeuchtegehalt gemessen.



Abb. 2:  
Verschiedene Varianten der Bodenfeuchtesensoren des Herstellers PlantCare AG mit unterschiedlichen Einbautiefen in einem jungen Rhabarberbestand

Da dieser Gehalt in der Tiefe gemessen wird, in der sich die Filzspitze befindet, kann ein Sensor nur die Feuchtigkeit in einer Bodentiefe messen. Daher ist es ratsam, mehrere Sensoren dieses Herstellers anzuschaffen, um diese dann in verschiedenen Einbautiefen zu installieren (Abb. 2).

Die Übermittlung der gemessenen Feuchtigkeitswerte erfolgt in zwei Schritten. Als erstes übermitteln die Sensoren mit integrierter Sendeeinheit den Messwert an eine Zentraleinheit, wo die Messwerte von bis zu 99 Sensoren erfasst werden können und abgespeichert werden. Die Zentraleinheit übermittelt die Messwerte dann mittels einer Mobilfunkkarte an eine App, wo der Feuchtigkeitsverlauf, den die einzelnen Sensoren erfassen, dann graphisch dargestellt wird (Abb. 3). Zudem ist es über eine SMS-Funktion möglich, Befehle an die Station und damit die Sensoren zu übermitteln. So kann man sich beispielsweise die Messwerte per Mail als Excel-Datei zukommen lassen oder die Messintervalle der Sensoren anpassen. Über die Zentralstation kann zudem eine automatische Bewässerung mit bis zu 40 Magnetventilen integriert werden.



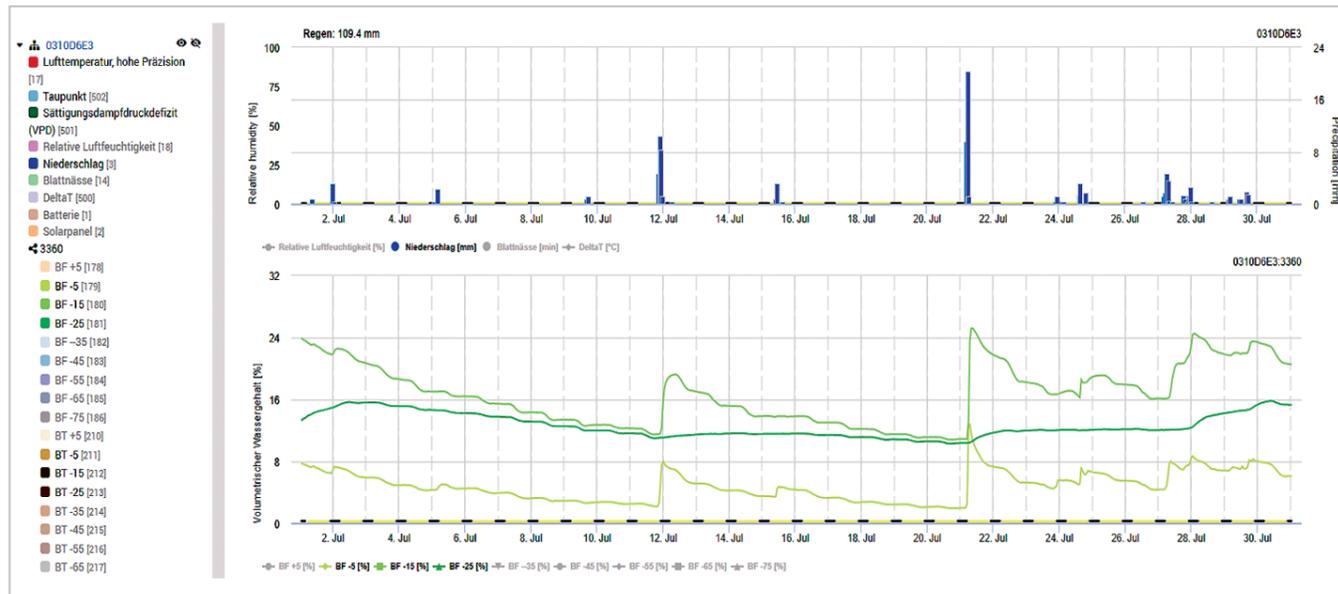


Abb. 3: Eine Darstellungsmöglichkeit zu Bodenfeuchtigkeiten in verschiedenen Bodentiefen. Die Bewässerung fand am 12.7. und 21.7. statt. Das zeigt sich im volumetrischen Wassergehalt in den Anstiegen bei den Bodentiefen BF -5 und BF -15 cm.

Alle Sensoren helfen dabei, einen besseren Eindruck von der Bodenfeuchtigkeit zu bekommen. Somit kann man vor allem am Ende des Jahres analysieren, welche Veränderungen in der Bewässerungsstrategie nächste Saison durchgeführt werden sollten. Beispielsweise können die Gabenhöhen und der Abstand in den Wachstumsphasen angepasst werden.

Auffällig ist, dass jeder Sensor etwas anders auf Regenereignisse/Bewässerung reagiert. Der eine Sensor reagiert schneller, der andere etwas langsamer. Deswegen ist es ratsam, sich in einem Betrieb auf einen Sensor zu beschränken. Nach einigen Saisons kann man die Trendlinien somit besser interpretieren und seine Bewässerung darauf einstellen. Insgesamt bedarf es bei der Steuerung mittels Sensortechnik Erfahrungen, um die Bewässerung regelmäßig nachzujustieren.

### Fazit

Sensoren sind ein gutes zusätzliches Hilfsmittel, die Bodenfeuchte genauer einzuschätzen und den Bewässerungsbedarf besser zu erkennen. Um die Bewässerungsstrategien anzupassen – wassersparender, bedarfsgerechter und mengenmäßig genauer – bedarf es mehrjähriger Erfahrungen.

### e. Bewässerung nachhaltig gestalten – Unterflur-Pilotanlagen in NRW Modellbetrieben

Die zunehmenden Trockenjahre erfordern in Landwirtschaft und Gartenbau einen höheren Bewässerungsbedarf. Reaktionen der letzten Jahre waren die Nachfrage nach Technik, Wasserrechten und neuen Perspektiven. Ausreichend bewässerte Kulturen helfen, die Erträge zu erzielen, für die gedüngt wurde. Dadurch reduzieren sich überschüssige Nährstoffe im Herbst auf ein Minimum. Wenn mehr Fläche beregnet werden soll, muss dies aber effizienter werden, da zumindest regional die Wassermengen begrenzt sind und Wasserrechte immer weiter eingeschränkt werden.

U.a. ein Grund, sich in den WRRL- Modellbetrieben in NRW dem Thema Tropfschlauch- Bewässerung zu widmen. Die Bewässerung per Tropfschlauch wird seit Jahren im kleinen Stil als eine Lösung in Sonder- und Gemüsekulturen getestet, so auch seit 2019 in den Projektbetrieben. Das Verfahren gilt als teuer und aufwendig. Seit 2020 läuft auf einem Modellbetrieb am Niederrhein ein neues Projekt. Es wurden Tropfschläuche in 30 cm Tiefe in den Boden fest verlegt, die Pumpe wird mit Sonnenstrom betrieben, der auf den eigenen Dachflächen erzeugt wird. Es wurde zunächst eine 2 ha große Parzelle der Unterflur-Bewässerung angelegt.

Die alle 75 cm angeordneten Tropfer lassen 0,9 l/h Wasser durch eine Membran entweichen und sorgen dafür, dass das Wasser durch Kapillarität nach oben steigt, um die Kulturen zu versorgen. Die Leitungen wurden alle 75 cm auf einer Länge von 300 m mit Hilfe eines mit Lenksystem ausgestatteten Schleppers vierreihig verlegt (Abb. 2 und 3). Ziel auf dem Milchviehbetrieb am Niederrhein mit Feldgemüse-Anbau war es, dieses Verfahren zu testen und mit der herkömmlichen Beregnung zu vergleichen.

Im Jahr 2020 wurde das Klee gras etabliert, seit 2021 wird es beweidet (Abb. 1). Mit Hilfe von Weidekörben wurde in den ersten zwei Jahren der Aufwuchs und die Bestandes- Zusammensetzung erfasst. Ab 2025 ist der Anbau von Silomais geplant. Für den herkömmlichen Futter- und Ackerbau zunächst ein sehr teures Verfahren, welches sich bei Sonder- & Gemüsekulturen schneller rentiert, dennoch muss gerade in der ökologischen Milchviehhaltung auch der somit generierte Grundfutter-Wert in Trockenjahren betrachtet und monetär bewertet werden. Da Verlege- und Entnahmekosten nur einmal anfallen und die Anlage im besten Falle 15-20 Jahre genutzt werden kann, ist bei der dauerhaften Verlegung von einer schnelleren Amortisierung auszugehen.



Abb. 1: Beweidete Klee grasfläche im Mai 2023, rechte Seite mit Unterflurbewässerung





Abb. 2: Kopfleitung mit Abgängen nach Einbau im März 2023



Abb. 3: Einzug der Tropfschläuche zweireihig in 75 cm Abstand im März 2023 im Weizenbestand; alle Fotos: J. Gütschow

Neben der Sicherung von Grundfutter für die Milchviehhaltung ist die Unterflurbewässerung gerade im Gemüsebau neben der Effizienz – es wird nur ein Bruchteil des Wassers und der Energie benötigt – auch hilfreich, um bessere Keim- und Auflaufbedingungen zu erzeugen. Hierdurch versprechen wir uns eine bessere Bestandesdichte und einfachere Unkrautregulierung. Wir schwächen die Begleitflora zwischen den Reihen und stärken die Kultur, in dem wir nur unter der Reihe Wasser im Wurzelraum zur Verfügung stellen.

Welche Kosten aber kommen auf mich als Betrieb zu? Wie weit auseinander kann ich die Schläuche legen, ohne Einbußen zu haben? Wie tief dürfen sie liegen, ohne dass die Kapillarität abreißt? Kann das Pflügen die Schläuche zerstören? Lässt sich Wasser einsparen und wenn ja, wie viel?

Alles Fragen, die wir die nächsten Jahre gerne beantworten möchten. In diesem Jahr (März 2023) haben wir daher die Anlage durch drei weitere Pilotanlagen im Münsterland ergänzt. Zwei Anlagen in Dorsten und eine weitere in Borken wurden in den Verlegeabständen 0,75 m und 1,50 m sowie auf den Tiefen 35 cm und 45 cm eingebracht.

Aufgrund der feuchten Witterung in den Jahren 2023 und 2024 konnten keine weitreichenden Erkenntnisse gewonnen werden. Durch das Einbringen von Messsonden und die weitere Beobachtung in Zwischen- und Nachfrucht erwarten wir aber ab 2025 Aussagen zur geeigneten Verlegetiefe und -Abständen – zumindest für die leichteren Böden – treffen zu können.

### Fazit

Die Unterflurbewässerung soll Wasser einsparen und langfristig einsetzbar sein. Dazu wird es voraussichtlich ab 2025 erste Ergebnisse geben.



## f. I. Demoanlagen im Zierpflanzenbau

### Demoanlagen im Freiland-Pfingstrosenanbau

Die Bewässerung von Freilandkulturen im Zierpflanzenbau, in diesem Fall der Pfingstrose, wird üblicherweise mittels der Regenkanone durchgeführt. In einem Modellbetrieb des Zierpflanzenbaus wird die übliche Bewässerung mit zwei weiteren Alternativen, der Bewässerung mittels Tropfschläuchen im und auf dem Boden verglichen und messtechnisch begleitet. Es wird geprüft, ob die Wasser- und Düngeeffizienz erhöht werden kann (Abb. 1 - 3: Demoanlagen im Pfingstrosenanbau).



(1): Herkömmliche Bewässerung



(2): Tropfschlauch auf dem Boden



(3): Tropfschlauch Unterflur

Es wird untersucht, ob durch den Einsatz von Tropfschläuchen, verbunden mit einer verringerten Grunddüngung und anschließender bedarfsgerechter Düngung per Fertigation, die Austräge von Stickstoff und der Verbrauch von Wasser im Sinne der Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit reduziert werden können. Zwei Auswertungsjahre liegen über die Kultur Pfingstrosen mit den Bewässerungsalternativen vor. Sie sind aber aufgrund eines sehr trockenen und eines feuchten Jahres noch nicht aussagefähig. Die Demoanlagen werden fortgeführt. Dabei werden sowohl die Bodenfeuchtigkeiten als auch die Nmin-Verläufe erfasst.

Begleitend zu den Erhebungen der Nmin-Verläufe und der Bodenfeuchtigkeiten, werden Bonituren zur Beurteilung der Pflanzenentwicklung durchgeführt. So wird das Aufblühverhalten der Pfingstrosen bei den verschiedenen Bewässerungsmethoden ermittelt (siehe Abb. 4). Dabei ist „MASCH“ die übliche Kanonenbewässerung, „TIB“ Tropfbewässerung im Boden und „TAB“ Tropfbewässerung auf dem Boden.

Insgesamt scheint die Tropfbewässerung der bisherigen Bewässerung nicht nachteiliger zu sein, im Aufblühverhalten hat sie eher leichte Vorteile. Eventuell kann die Fertigation bei der Tropfbewässerung zukünftig noch leichte Verschiebungen ergeben. Arbeitswirtschaftlich hat die Tropfbewässerung bei der Dauerkultur Vorteile. Die Bewässerung ist eingerichtet und muss nicht zu jedem Bewässerungsgang neu aufgebaut werden.



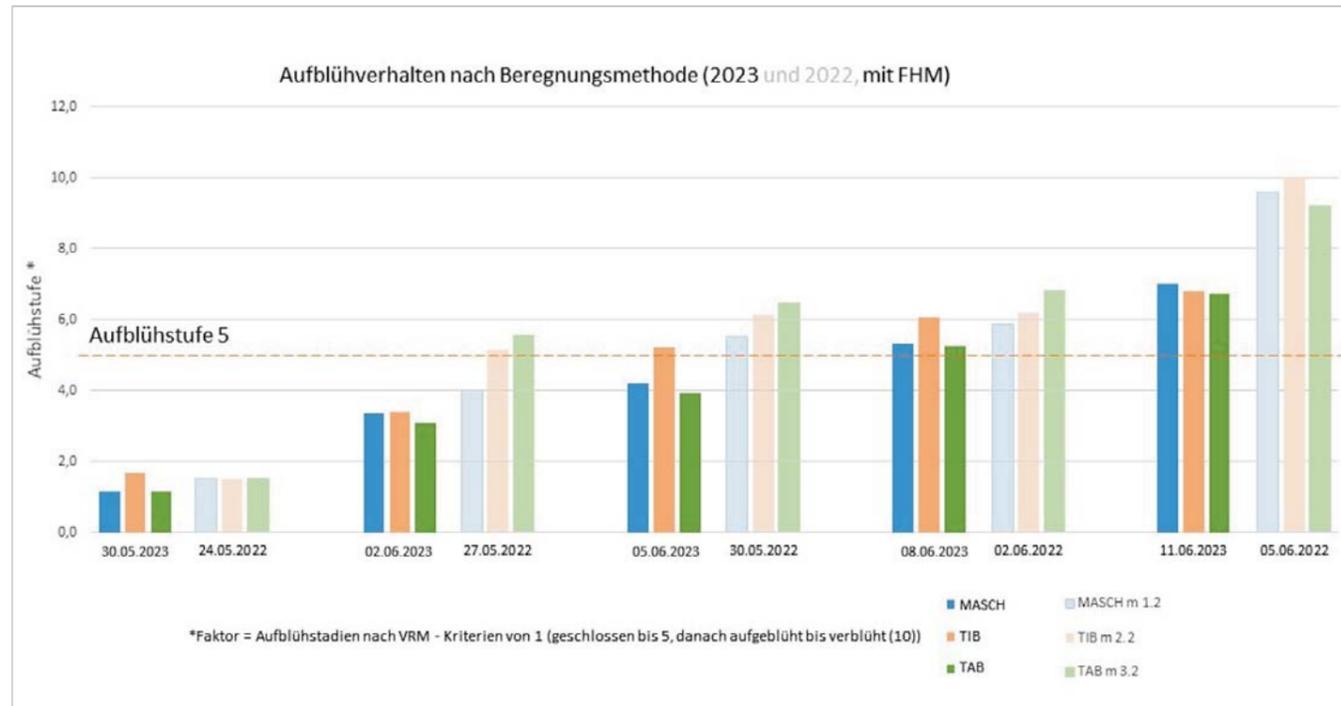


Abb. 4: Aufblühverhalten der verschiedenen Bewässerungsmethoden

Im zukünftigen Verlauf der Demoanlage Pfingstrosen soll die Grunddüngung angepasst sowie die Fertigation mit dem Ziel einer nachhaltigeren Produktion getestet werden. Das Bild der Pflanzenhöhen und auch der Knospen war bisher zwischen dem trockenen Jahr 2022 und dem feuchteren Jahr 2023 sehr uneinheitlich. Hier sind noch keine Aussagen möglich, es bedarf weiterer Demojahre für zusätzliche Erfahrungen und Beobachtungen sowie Messungen.

## f. II. Exaktgießwagen im Zierpflanzenbau

Im Bereich des Zierpflanzenbaus wurde seit dem Jahr 2019 ein weiterer Exaktgießwagen entwickelt, der für die Kultur von gängigen, kleinen Topfgrößen geeignet ist. Dieser Gießwagen bewässert in einer Überfahrt eine Fläche von ca. 1 ha. Die im Modellbetrieb zu bewässernden Töpfe haben einen Durchmesser von 10,5 cm. Die besondere Herausforderung hierbei ist das rationelle und präzise Ausstellen der Töpfe auf der Stellfläche, sodass die vom Exaktgießwagen vorgegebenen Bewässerungspunkte jeweils über der Topfmitte liegen (Abb. 6). Hierzu wurde zunächst ein Schablone-system getestet (Abb. 5). Es stellte sich heraus, dass der Faktor Mensch hier nicht den Anforderungen bezüglich der Präzision und dem zeitlichen Ablauf gerecht werden konnte.



Abb.5: Druckschablone zur Markierung der Topfpositionen



Abb. 6: Markierung der Topfpositionen auf der Kulturfläche



Daraufhin wurde ein sogenannter Absetzroboter (Abb. 8) an den Exaktgießwagen adaptiert. Dieser übernimmt die Vorgaben des Exaktgießwagens und setzt die Töpfe punktgenau aus. Für das Aussetzen der Töpfe auf einer Bahn ist das System 2023 bereits einsatzfähig gewesen.

Die Feinabstimmungen für das Aussetzen mehrerer benachbarter Bahnen folgen in 2024. Das System kann bereits jetzt zum punktgenauen Bewässern eingesetzt werden, allerdings mit (noch) etwas höherem Aufwand beim Ausrichten der Töpfe. Der technische Ablauf des Aussetzens der Töpfe auf die entsprechenden Bewässerungspositionen kann am Besten anhand der Videopräsentation auf dem YouTube Kanal der Landwirtschaftskammer NRW nachvollzogen werden (Abb. 7).

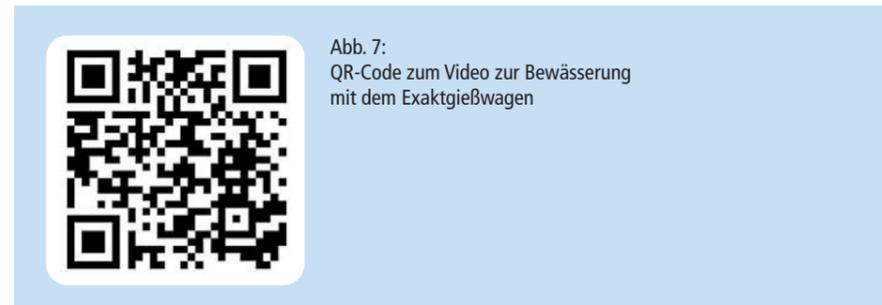
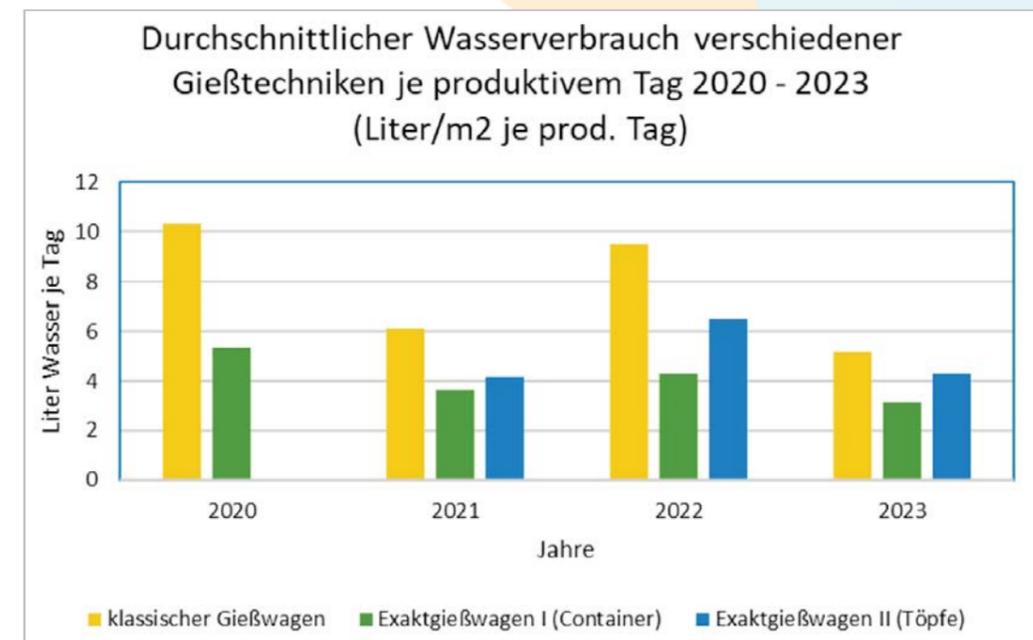


Abb. 8: Exaktgießwagen mit Absetzroboter

Wie in Tabelle 1 dargestellt, ist der Wasserverbrauch beim klassischen Gießwagen am Höchsten. Die Differenz ist umso größer, je trockener und heißer es in der produktiven Phase ist. Containerkulturen benötigen bisher am wenigsten Wasser. Bei den kleinen Töpfen ergab der Exaktgießwagen II gegenüber dem klassischen Gießwagen eine Wasserersparnis in den Jahren 2021 - 2023 von fast 30 %, bei den Containern sparte der Exaktgießwagen I fast 50 %.

Wenn in 2024 die Feinjustierung der kleinen Töpfe optimiert ist, wird der Wasserverbrauch beim größeren Exaktgießwagen II weiter sinken, da bisher der Exaktmodus – d. h. die Bewässerung von kleinen Töpfen – noch nicht durchgehend genutzt werden konnte.



Tab. 1: Wasserverbrauch verschiedener Bewässerungstechniken

Auf den Flächen des klassischen Gießwagens und des Exaktgießwagens mit Containerware sind Saugplattenanlagen installiert. Der Exaktgießwagen I für Container ist ja bereits länger funktionstüchtig auf dem Modellbetrieb in Einsatz. In allen Jahren sind die Nitratwerte im Sickerwasser des klassischen Gießwagens deutlich höher als beim Exaktgießwagen I, in trockenen Jahren sind die Unterschiede dabei wesentlich höher. Das zeigt, dass die punktgenaue und mengengesteuerte Topfbewässerung weniger Einträge ins Grundwasser bewirkt, als die flächenmäßige Bewässerung beim klassischen Gießwagen; das Wasser der Topfzwischenräume verdunstet nicht nur, sondern sorgt auch für eine laufende Sickerbewegung des mit Dünger versehen Gießwassers.

Dass die Idee der Bewässerung mittels Exaktgießwagen und somit der punktgenauen Applikation von Wasser und Dünger inzwischen auch von anderen Herstellern und Projekten zur Nachhaltigkeit im Zierpflanzen übernommen und mit neuen technischen Ansätzen versehen werden, zeigt die Strahlkraft und das Interesse der Branche an dem laufenden Projekt.

### Fazit

Die zwei Exaktgießwagen sind geeignet, sowohl die Nährstoffausträge und den Düngeraufwand als auch den Wasserverbrauch deutlich zu reduzieren.



### f. III. Drainwasserrückführung von Stellflächen im Zierpflanzenbau

Die in der Praxis häufig anzutreffenden flächig beregneten Stellflächen des Zierpflanzenbaus werden üblicherweise drainiert und das anfallende Drainwasser wird in sogenannten bewachsenen Mulden gesammelt und versickert. Um dieses Verfahren kostengünstig nachhaltiger zu gestalten, wurde in einem Modellbetrieb zunächst eine Messstation errichtet. Diese ermöglicht die Erfassung der Wassermengen und deren Inhaltsstoffe.

Außerdem wurde eine einfache Auffangmöglichkeit geschaffen, um das aus den Stellflächen fließende Drainagewasser in den Bewässerungsprozess, zunächst teilweise, zurückzuführen. Hierzu wurde ein Betonschacht in die Versickerungsmulde integriert, aus dem das Wassergemisch aus Bewässerungs- oder Niederschlagswasser, zurück in den Bewässerungstank gepumpt und dort mit Brunnenwasser verschnitten wird (Abb. 9 und 10). Überschussmengen – üblicherweise bei hohen Niederschlägen – gehen wie bisher in die bewachsene Mulde.



Abb. 9: Drainwasser-Leitung mit Messstation im Hintergrund und Recyclingschacht vorne links



Abb. 10: Recyclingschacht mit Drainwasserzulauf und Tauchpumpe

Im ersten Betrachtungszeitraum wurden vom 08.07. bis 11.10.2023 knapp 6.400 m<sup>3</sup> Drainwasser abgeführt. Dieses Wassergemisch aus Bewässerungswasser und Niederschlägen hatte einen durchschnittlichen Gehalt von 89,3 mg/l mg NO<sub>3</sub>, mit zum Teil starken Schwankungen. Im Bezugszeitraum wurden knapp 2.800 m<sup>3</sup> Drainwasser mit überdurchschnittlich hohen NO<sub>3</sub>-Konzentrationen in den Bewässerungskreislauf rückgeführt.

Es ist keine Reinigungsstufe für das rückgeführte Wasser vorhanden. Aktuell wird beobachtet, ob die Wiederverwendung des Wassers zu phytosanitären Problemen in den Kulturen führt – mit Wasseranalysen und phytosanitären Bonituren.

Die phytosanitären Untersuchungen und Beobachtungen werden ebenso wie die Wassermessungen fortgeführt. Die Anlage soll dahingehend verfeinert werden, dass das mit über 50 mg/l NO<sub>3</sub> belastete Drainwasser rückgeführt werden soll und das restliche Wasser in die Mulde abgeleitet wird. Damit könnte ein Großteil der Düngermengen, die im Drainagewasser enthalten sind, der Wiederverwendung zugeführt werden.

Sollte sich die Anlage in dieser Form bewähren, so wäre das eine sehr kurzfristig realisierbare Form, um die Sickerwasserbelastung deutlich zu reduzieren und die Wassereffizienz zu erhöhen. Eine Übertragung dieser Wasserrückführung kann aber erst nach weiteren positiven Untersuchungen und Erfahrungen für die Praxis empfohlen werden, bisher sind die Aussichten dazu gut.



Abb. 11: Volumetrische Messung und Auswertung des zurückgeführten Drainwassers

#### Fazit

Die Wasserrückführung scheint eine geeignete Methode sein zu können, gezielt höher belastetes Wasser in den Bewässerungskreislauf zurückzuführen, die Grundwasserbelastung zu senken und die Wassereffizienz zu erhöhen.



## 9 | Ausblick

Mit den Modellbetrieben sind zahlreiche Themenbereiche zur grundwasserschonenderen Bewirtschaftung in Bearbeitung. Wie hier beschrieben, liegen insbesondere bei den Zwischenfrüchten, der Fruchtfolgegestaltung, einer bodenschonenderen Bewirtschaftung und der Bewässerung wichtige Stellschrauben. Eine große Hilfe zur schnelleren Evaluierung der Einzelmaßnahmen bilden die Saugplattenanlagen.

Insbesondere die trockeneren Jahre mit hohen Sommertemperaturen haben den Focus auf die Bewässerung intensiviert. In den Modellbetrieben haben wir das aufgegriffen. Feuchtesensoren zur genaueren Bestimmung des Bewässerungszeitpunktes, Messungen des Wasserverbrauchs und der -Verteilung, Vergleich verschiedener Systeme und auch die Begleitung auf den Saugplattenstandorten zur Abschätzung von Auswaschungsverlusten werden die nähere Zukunft bestimmen. Was kann die Unterflurbewässerung? Ist sie geeignet? Wie lässt sich die Wassereffizienz erhöhen?

Die Digitalisierung in der Landwirtschaft hat begonnen. Inwiefern diese hilft, Nährstoffe effizienter einzusetzen, zusätzliche Bewirtschaftungsdaten zu gewinnen und zu nutzen, wird uns weiter begleiten. Hoffnungen bestehen in der Reduzierung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes durch gezielte Anwendungen auf dem Feld. Die Daten können aus heutiger Sicht nur eine Zusatzinformation und Hilfe sein. Die Interpretation und sinnvolle Anwendung wollen wir in ausgewählten Modellbetrieben begleiten.

Der Boden ist verstärkt in den Focus geraten. Was bewirken Control Traffic-Verfahren, wie funktioniert die Direktsaat? Wo können bisherige Verfahren mit starker Bodenbewegung, die die Mineralisierung anregt, verringert werden? Können die Helfer im Boden, Bakterien, Würmer, Pilze gezielt angeregt und einbezogen werden, dadurch z. B. die Nährstoffnachlieferungen besser abgeschätzt werden, um sie bei einer Düngung mit einzubeziehen? Es gilt, weiterhin vielen Fragen nachzugehen.

Ebenso bleibt das zentrale Glied der Zwischenfrüchte ein Thema. Möglichst späte Einarbeitung im Frühjahr und die große Frage der Nachlieferung von Nährstoffen aus den Zwischenfrüchten. Was kann für die Folgefrucht angerechnet werden? Und wenn die Sommer trockener werden, welche Zwischenfrüchte eignen (keimen) sich dann noch, um die wichtige Aufgabe der Nährstoffbindung über den Winter zu erfüllen?

Wir wünschen uns – angeregt auch durch die Ideen aller Modellbetriebsleiter – weiterhin mit zahlreichen Feldbegehungen, Vorführungen auf dem Feld, Vorträgen von Ergebnissen aus Demonstrationsanlagen sowie Veröffentlichungen einen Beitrag im Sinne der WRRL zu leisten.



Abb. 1: Feldtag zur Vorstellung von Gießwagentechnik 2024



Abb. 2: Demonstration eines Spotsprayers auf einem Modellbetrieb zur Verringerung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes 2024

## Impressum

Landwirtschaftskammer  
Nordrhein-Westfalen

### Erfahrungen aus 10 Jahren Modellbetrieben der Wasserrahmenrichtlinie in NRW

Herausgeber: Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen  
Redaktion: Uwe Kalthoff  
Fachbereich 61 - Landbau, Nachwachsende Rohstoffe  
Gartenstraße 11  
50765 Köln-Auweiler  
Telefon: 0221 5340-528  
E-Mail: wasserschutz@lwk.nrw.de  
www.landwirtschaftskammer.de  
www.wasserschutz-nrw.de



Autoren: Andreas Bergmann  
Marco Breuer  
Lea Garmer  
Pascal Gerbaulet  
Michael Gersmann  
Uwe Kalthoff  
Klaus Karl  
Matthias Koch  
Stefan Schulte-Übbing  
Jonas Seegers  
Niclas Winkelheide

Fotos: LK NRW, vornehmlich Modellbetriebsberater

› Abbildungen  
Titel: Streifensaat  
Rückseite: Feldtag zur streifenförmigen  
Düngerabgabe

September 2024

## 10 Jahre Modellbetriebe 2024

Etablierung grundwasserschonender Anbauverfahren  
für die Landwirtschaft und den Gartenbau

