



Bundesanstalt für
Landwirtschaft und Ernährung



Bundesinformationszentrum
Landwirtschaft

Stickstoffdüngung im Freilandgemüsebau



Liebe Leserin, lieber Leser,

Gemüse als gesundes und sicheres Lebensmittel zu produzieren, stellt eine immer größer werdende Herausforderung dar. Im Spannungsfeld von Marktstrukturen, internationalem Wettbewerb, gesetzlichen Anforderungen und gesellschaftlichen Erwartungen sind viele, teils gegenläufige Aspekte zu beachten und in Einklang zu bringen. Immer vielseitigeres gärtnerisches Fachwissen wird benötigt, um die verschiedenen Anforderungen zu erfüllen.

Ein besonders forderndes Feld ist dabei die Düngung der vielen unterschiedlichen und anspruchsvollen Gemüsekulturen. Gemüse reagiert im Vergleich zu Ackerkulturen sehr empfindlich, wenn es nicht optimal mit Nährstoffen versorgt ist. Zudem unterscheiden sich die zahlreichen Gemüsekulturen im Hinblick auf den Nährstoffbedarf stark. Auch von Seiten der Vermarktung werden hohe Ansprüche an die innere und äußere Qualität der Produkte gestellt. Aber gerade die Düngung wirkt sich stark auf die Umwelt und besonders auf das Grundwasser aus.

Wie also können die Gemüsekulturen gut mit Nährstoffen versorgt und vermarktungsfähige Produkte erzeugt werden, ohne die Umwelt zu stark zu belasten?

Dieser Frage hat sich das von der BLE geförderte Modell- und Demonstrationsvorhaben „Optimierung der Stickstoffdüngung im Freilandgemüsebau“ angenommen und Handlungsempfehlungen für Gemüsebaubetriebe abgeleitet, die in dieser Broschüre vorgestellt werden.

Ihr Bundesinformationszentrum Landwirtschaft



**Bundesinformationszentrum
Landwirtschaft**

Inhalt

Das Modell- und Demonstrationsvorhaben „Optimierung der Stickstoffdüngung im Freilandgemüsebau“	6
Düngebedarfsermittlung.....	8
Düngebedarfsermittlung für Stickstoff nach guter fachlicher Praxis	9
Düngebedarfsermittlung für Stickstoff nach Düngeverordnung	9
Berechnungshilfen zur Erstellung der Düngebedarfsermittlung für Stickstoff und Phosphat	15
Integration der Düngebedarfsermittlungen in den Betriebsablauf.....	21
Tipps zur Integration der Düngebedarfsermittlungen in den Betriebsablauf	27
Probenahme	28
Verteilung der Einstiche für die Bodenproben	28
Anzahl der benötigten Einstiche	29
Zeitliche Schwankungen der Nährstoffgehalte im Boden.....	30
Richtwerte und eigene Proben	31
Zeitpunkt der Probenahme	31
Tipps zur Probenahme	32
Analyse.....	33
Schnelltests	34
Vorgehensweise bei der Analyse	34
Vom Messwert zum Nitratstickstoffgehalt in Kilogramm pro Hektar.....	35
Länderspezifische Regelungen zu Nitrat-Schnelltests	36
Wie wird in Zukunft der Stickstoffgehalt gemessen?.....	38
Ökonomische Betrachtung der Düngebedarfsermittlung, Probenahme und Analyse	38
Tipps zur Analyse mit dem Nitratschnelltest.....	40
Ausbringungstechnik und -methoden.....	42
Moderne Technik	42
Streutabelle	43
Reihendüngung und Unterfußdüngung	43
Pneumatische Düngerstreuer	43
Ökonomische Betrachtung unterschiedlicher Methoden der Düngeausbringung	44
Tipps zur Ausbringungstechnik.....	48

Düngemanagement	49
Nährstoffbedarf und -verfügbarkeit	49
Grundnährstoffversorgung	49
Pflanzenanalyse als Ergänzung zur Bodenanalyse	51
Pflanzenanalyse und Blattdüngung richtig anwenden	52
Düngemittelauswahl	54
Düngeplanung	57
KNS-System: Feinsteuerung der N-Versorgung durch gezielte Teilgaben	59
Kopfdüngung	62
Düngergabe über die Beregnung	63
Ökonomische Betrachtung des Düngemanagements	64
Tipps zum Düngemanagement	68
Organische Düngung	69
Anrechnung von Stickstoff für die DBE	70
Gegenüberstellung des Düngedarfs und der Menge an gedüngtem Stickstoff	73
Anrechnung von Phosphat für die DBE	74
Tipps (Checkliste) zur organischen Düngung	77
Zwischenfrüchte	78
Auswahl der Zwischenfrucht	80
Bewässerung und Düngung von Zwischenfrüchten	86
Einarbeitung der Zwischenfrucht	89
Futternutzung	91
Anrechenbarkeit von Zwischenfrüchten bei der Düngung der Folgekultur	91
Ökonomische Betrachtung von Zwischenfrüchten	95
Tipps zu Zwischenfrüchten	97
Bewässerung	98
Bedeutung der Bewässerung und Einfluss auf die Nährstoffverfügbarkeit	98
Bewässerungssysteme	99
Bewässerungssteuerung	109
Ökonomische Betrachtung der Bewässerung	119
Tipps zur Bewässerung	119
Empfehlungen zur Optimierung der Stickstoffdüngung im Freilandgemüsebau	120

Anhang	124
Anlaufstellen und weiterführende Informationen der Bundesländer	124
Literatur	136
Medien	138
KTBL-Veröffentlichungen	138
Weitere BZL-Medien	139
Was bietet das BZL?	142
Impressum	143

Das Modell- und Demonstrationsvorhaben „Optimierung der Stickstoffdüngung im Freilandgemüsebau“

Gemüsebaubetriebe stehen vor der Herausforderung, Gemüse von hoher Qualität zu erzeugen, ohne durch die Stickstoffdüngung das Grundwasser zu gefährden. Die Dynamik von Stickstoff im Boden unterliegt jedoch einer Vielzahl von Einflussfaktoren. In Wissenschaft und Versuchswesen wurden diese deshalb intensiv erforscht und daraus Verfahren abgeleitet, um die Effizienz der Düngung zu verbessern und Auswaschung zu vermindern.

Die Verfahren wurden in vielen Feldversuchen an Lehr- und Versuchsanstalten geprüft und bestätigt. Ob sie sich in der Praxis problemlos umsetzen und in den betrieblichen Ablauf integrieren lassen, ist damit jedoch nicht geklärt.

Hier setzt das Modell- und Demonstrationsvorhaben „Optimierung der Stickstoffdüngung im Freilandgemüsebau“ an: Wissenschaftlich begleitet, wurde die Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen in ausgewählten Betrieben erprobt. Die Modellbetriebe wurden dabei so ausgewählt, dass sie verschiedene Betriebsstrukturen, zum Beispiel im Hinblick auf Betriebsgröße, Anbauspektrum und Vermarktungswege, widerspiegeln. Die Optimierung der Düngung erfolgte hinsichtlich Ausbringungsmenge, Zeitpunkt

der Düngergaben und Ausbringungstechnik mit der Zielsetzung, Nitratüberschüsse zu vermindern.

Die teilnehmenden Betriebe wurden durch Projektmitarbeitende intensiv betreut, zwischen den Betrieben einer Region und auch zwischen den Regionen fand ein intensiver Erfahrungsaustausch statt.

Die Gesamtkoordination des Vorhabens oblag dem Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ) Großbeeren e.V. Die Gemüsebauregionen wurden durch die jeweiligen Landeseinrichtungen betreut:

- » Die Region Knoblauchsland in Bayern wurde durch das Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Fürth (AELF) betreut.
- » Die Region Pfalz in Rheinland-Pfalz wurde durch das Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR) Rheinpfalz betreut.
- » Die Betreuung der Regionen Niederrhein und Vorgebirge in Nordrhein-Westfalen erfolgte durch die Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (LWK NRW).



Abb. 1: Projekttreffen am 13. und 14. Februar 2019 in Klein-Altendorf

Die ökonomische Bewertung der umgesetzten Maßnahmen in allen teilnehmenden Regionen übernahm das Thünen-Institut für Betriebswirtschaft.

Das Vorhaben begann am 1. Juli 2016 und endete zum 30. Juni 2021.

Die Ergebnisse des Modell- und Demonstrationsvorhabens (im Folgenden auch „MuD“ genannt) werden in dieser Broschüre vorgestellt.

Düngebedarfsermittlung

Dr. Carmen Feller, Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ) Großbeeren e.V.

Um Pflanzen gut mit Nährstoffen zu versorgen, muss bei der Düngung sowohl beachtet werden, wie viele Nährstoffe die Pflanzen voraussichtlich benötigen, als auch, wie viele Nährstoffe aus dem Boden nachgeliefert werden. Gleichzeitig muss gewährleistet sein, dass keine Beeinträchtigung der Umwelt durch übermäßige Düngung stattfindet. Grundlegende Regelungen zur Düngung finden sich daher im Düngegesetz (DüngG) und in der Düngeverordnung (DüV), die die EG-Nitratrichtlinie 91/676/EWG umsetzt. Die Düngeverordnung schreibt vor: „Aufbringungszeitpunkt und -menge sind so zu wählen, dass verfügbare oder verfügbar werdende Nährstoffe den Pflanzen zeitgerecht in einer dem Nährstoffbedarf der Pflanzen entsprechenden Menge zur Verfügung stehen.“ Da die Nährstoffe Stickstoff und Phosphat in besonderem Maße umweltrelevant sind, schreibt die Düngeverordnung für diese eine genaue Düngebedarfsermittlung (DBE) nach bestimmten Kriterien vor.

Wird der Düngebedarf überschätzt und dadurch mehr gedüngt, als die Pflanzen benötigen, ist dies aus betriebswirtschaftlicher Sicht nur ein geringes Risiko, da die Kosten dafür relativ niedrig sind. Für die Umwelt sind die Auswirkungen jedoch beträchtlich, da vor allem Stickstoff, aber auch andere Nährstoffe ausgewaschen werden und das Grundwasser belasten können. Wird jedoch zu wenig gedüngt, ist das besonders für Gemüsebaubetriebe ein erhebliches Risiko. Im Vergleich

zu Ackerkulturen führt bei Gemüse schon ein geringer Nährstoffmangel dazu, dass die Ernte nicht oder nur teilweise verkauft werden kann.



Abb. 2: Salat reagiert empfindlich auf Nährstoffmangel

Mit der Düngebedarfsermittlung wird die notwendige Menge an Dünger, die eine Kultur benötigt, möglichst genau berechnet. Sie sollte für alle Hauptnährstoffe durchgeführt werden und muss nach Düngeverordnung für Stickstoff und Phosphat vor der Düngung aufgezeichnet werden. Sie beruht jedoch immer auf Vorhersagen, weil im Vorfeld abgeschätzt werden muss, mit welchen Erträgen zu rechnen ist und wie viele Nährstoffe aus dem Boden nachgeliefert werden. Sowohl der erwartete Ertrag, und damit der Nährstoffbedarf der Pflanzen, als auch das Nährstoffangebot aus dem Boden sind jedoch abhängig von der Witterung und den Standorteigenschaften.

Düngebedarfsermittlung für Stickstoff nach guter fachlicher Praxis

Die Düngebedarfsermittlung für Stickstoff nach guter fachlicher Praxis erfolgt nach dem sogenannten N_{\min} -System, das berücksichtigt, wie viel mineralischer Stickstoff im Boden schon vorhanden ist. Dazu wird der mineralische Stickstoff (N_{\min}) in der Bodenschicht gemessen, die von den Pflanzen durchwurzelt wird. Neben dem N_{\min} -Wert des Bodens muss der Stickstoffbedarfswert der Pflanzen bekannt sein, das heißt, wie viel Stickstoff die Pflanzen benötigen, um gute Erträge zu bilden. Der Stickstoffbedarfswert wurde früher auch N_{\min} -Sollwert genannt. Er ist für eine Vielzahl an gemüsebaulichen Kulturen, getrennt nach verschiedenen Anbauverfahren, unter https://www.igzev.de/projekt_type/n-expert-duengung-im-freilandgemuesebau einzusehen. Dort findet sich eine Tabelle mit regelmäßig aktualisierten N_{\min} -Sollwerten.

Zusätzlich muss bei der Düngebedarfsermittlung berücksichtigt werden, wie viel Stickstoff aus Ernterückständen und organischer Düngung mineralisiert wird.

Düngebedarfsermittlung für Stickstoff nach Düngeverordnung

Die Düngebedarfsermittlung nach Düngeverordnung geht von den Stickstoffbedarfswerten aus und berücksichtigt weitere Faktoren.

Stickstoffbedarfswerte für die meisten gemüsebaulichen Kulturen sind in der Düngeverordnung in Tabelle 4 im Anhang 4 aufgeführt.

In diesen Werten ist schon berücksichtigt, wie viel Stickstoff aus dem Boden durch Mineralisierung voraussichtlich nachgeliefert wird. Dafür ist die zu erwartende durchschnittliche Netto-Mineralisierung eingerechnet. Der Bedarfswert ist so berechnet, dass unterschiedliche Boden-, Klima- und Witterungsverhältnisse berücksichtigt werden. Außerdem ist in diesen Werten ein sogenannter Mindestvorrat an Stickstoff in einer Größenordnung von null bis 40 Kilogramm N/ha miteinberechnet. Damit wird die Stickstoffversorgung bis zur Ernte bei den vorherrschenden unterschiedlichen Boden- und Klimaverhältnissen in Deutschland sichergestellt. Ein ausreichender Mindestvorrat ist besonders dann von Bedeutung, falls sich die Ernte verzögert, Stickstoffverluste durch Witterungsereignisse auftreten oder die N-Mineralisierung wetter- bzw. bodenartbedingt besonders niedrig ist.

Von den Stickstoffbedarfswerten müssen dann verschiedene Zu- oder Abschläge vorgenommen werden:

Abschläge sind vorzunehmen:

- » für die im Boden pflanzenverfügbare Stickstoffmenge (N_{\min}) in der entsprechenden Bodenschicht. Sie wird durch Bodenproben ermittelt oder aus Referenzwerten abgeleitet
- » bei Böden mit Humusgehalten über vier Prozent
- » bei der Anwendung organischer oder organisch-mineralischer Düngemittel im Vorjahr bzw. bei der Ausbringung von Kompost in den letzten drei Vorjahren
- » bei der ersten Gemüsekultur im Jahr in Abhängigkeit von der Vor- und/oder Zwischenfrucht

- » bei nachfolgenden Gemüsekulturen in Abhängigkeit von den Ernterückständen der vorangegangenen Kultur. Die Abschläge sind für Ernterückstände in Tabelle 4 und für Vor- oder Zwischenfrüchte in Tabelle 7 im Anhang 4 zu finden.

Zuschläge von 20 Kilogramm N/ha können beim Frühanbau von Gemüse hinzugerechnet werden, wenn die Gemüsekulturen mit Vlies oder Folie abgedeckt werden und die Düngung im zeitigen Frühjahr stattfindet. Für Spargel mit Verfrühung durch Folien oder Tunnel gilt dieser Zuschlag nicht, da eine sachgerechte Stickstoffdüngung bei Spargel erst nach der Ernte im Mai oder Juni erfolgt.

Zu- oder Abschläge werden zudem in Abhängigkeit vom Ertragsniveau vorgenommen. Ist der Ertrag einer Kultur im eigenen Betrieb voraussichtlich höher als das in Tabelle 4 angegebene Ertragsniveau, so kann ein Zuschlag vorgenommen werden bzw. bei einem geringeren Ertragsniveau erfolgen Abschläge. Diese Zu- oder Abschläge gelten erst ab einer Abweichung des Ertragsniveaus von 20 Prozent, ihre Höhe ist in Tabelle 5 im Anhang 4 zu finden. Zur Berechnung des betriebseigenen Ertragsniveaus dient der Durchschnitt der letzten fünf Jahre. Mehrerträge müssen gegebenenfalls nachgewiesen werden.

Standarderträge

Viele Gemüsearten werden nicht nach Gewicht, sondern nach Stück, Bund oder Schale verkauft. Das Gewicht je Stück schwankt dabei stark je nach Anbauzeitraum. Zum Beispiel sind Porreeerträge bei einer Pflanzung im März üblicherweise niedriger als bei einer Pflanzung Ende Mai. Daher kann im Gemüsebau oft kein aussagekräftiges mehrjähriges Ertragsmittel für eine Gemüsekultur gebildet werden. In diesen Fällen können länderabhängig (Stand 2021 zum Beispiel in Bayern, NRW) die in der Düngeverordnung angegebenen Standarderträge verwendet werden. Ansprechpersonen für bundeslandspezifische Auskünfte finden Sie ab Seite 124.



Abb. 3: Gemüse wird nicht immer nach Gewicht verpackt, sondern nach Stück verkauft

Diese Form der Stickstoffbedarfsermittlung entspricht im Prinzip der bisherigen guten fachlichen Praxis.

In der Düngeverordnung ist die Tabelle zur Düngebedarfsermittlung für Acker und Gemüsebau dargestellt (Anlage 4 der Düngeverordnung, Tab. 1).

Düngebedarfsermittlung nach DüV		Wo sind die Werte zu finden?	Erläuterung	Beispiel
1.	Kultur			Einlegegurken (nach Kohlgemüse im Vorjahr)
2.	Stickstoffbedarfswert [kg/ha]	Anlage 4 Tabelle 4	Ausgangswert	210
3.	Ertragsniveau laut Tabelle mit Stickstoffbedarfswerten [dt/ha]	Anlage 4 Tabelle 4	Ausgangswert zur Berechnung der Ertragsdifferenz in Zeile 5	800
4.	Ertragsniveau Betrieb im Durchschnitt der letzten fünf Jahre [dt/ha]	eigene Aufzeichnungen	Ausgangswert zur Berechnung der Ertragsdifferenz in Zeile 5	1.100
5.	Ertragsdifferenz [dt/ha]	Differenz zwischen Zeile 3 und 4	Wenn Zeile 3 und 4 um mehr als 20 Prozent voneinander abweichen, werden Zu- bzw. Abschläge vorgenommen (siehe Zeile 7).	300
Zu- und Abschläge in Kilogramm N/ha				
6.	im Boden verfügbare Stickstoffmenge	Bodenprobe (bei Folgekulturen) oder Referenzwert (erste Kultur im Frühjahr)	vom Stickstoffbedarf abziehen	- 65
7.	Ertragsdifferenz	Wert aus Anlage 4 Tabelle 5, wenn Zeile 3 und 4 um mehr als 20 Prozent voneinander abweichen	zum Stickstoffbedarf hinzurechnen (Wenn der betriebseigene Ertrag geringer ist als das Ertragsniveau laut Tabelle, ergeben sich negative Werte und damit Abzüge.)	+ 40
8.	Stickstoffnachlieferung aus dem Bodenvorrat	Anlage 4 Tabelle 6	vom Stickstoffbedarf abziehen bei Humusgehalten größer als vier Prozent	0
9.	Stickstoffnachlieferung aus der organischen Düngung der Vorjahre	§ 4 Absatz 1 Satz 2 Nummer 5	vom Stickstoffbedarf abziehen, zehn Prozent des N-Gehaltes im Vorjahr aufgebracht organischer bzw. organisch-mineralischer Dünger, bei Kompost Anrechnung über drei Jahre	0

Düngebedarfsermittlung nach DüV		Wo sind die Werte zu finden?	Erläuterung	Beispiel
10.	Vorfrucht bzw. Vorkultur* (Ackerbau/Gemüse)	Tabellen 4 und 7	vom Stickstoffbedarf abziehen	10
11.	Zuschlag bei Abdeckung mit Folie oder Vlies zur Ernteverfügung	§ 4 Absatz 1 Satz 2 Nummer 2	zum Stickstoffbedarf hinzurechnen	0
12.	Stickstoffdüngbedarf während der Vegetation	Ergebnis der Berechnung	Mehr als diese Menge darf nicht gedüngt werden (Ausnahmen bei nachträglich eingetretenen Umständen nach Maßgabe der in den Ländern zuständigen Stellen)	175

* Vorfrucht: im Vorjahr, Vorkultur: im selben Jahr

Mehr als die so ermittelte Menge an Stickstoffdünger darf nicht ausgebracht werden.

Nur in Ausnahmefällen, die dokumentiert werden müssen, dürfen maximal zehn Prozent des ursprünglich ermittelten Düngebedarfs mehr gedüngt werden. Zulässige Ausnahmefälle, wie beispielsweise Starkregenereignisse ab einer bestimmten Niederschlagsmenge, werden durch die nach Landesrecht zuständige Stelle definiert.

Die Düngebedarfsermittlung muss für jeden Schlag bzw. jede Bewirtschaftungseinheit vor dem Aufbringen von wesentlichen Nährstoffmengen (50 Kilogramm Stickstoff je Hektar und Jahr) gesondert erfolgen, bevor stickstoffhaltige Dünger ausgebracht werden. Zwei oder mehr Schläge, die vergleichbare Standortverhältnisse aufweisen, einheitlich

bewirtschaftet werden und deren Nährstoffansprüche aktuell vergleichbar sind, können zu einer Bewirtschaftungseinheit zusammengefasst werden. Unabhängig davon dürfen kleine Flächen unter 0,5 Hektar zu Einheiten von bis zu zwei Hektar zusammengefasst werden.

Bagatellgrenzen

Betriebe mit weniger als zwei Hektar Gemüse sind von den Aufzeichnungspflichten der Düngeverordnung befreit; ebenso Betriebe, die auf keinem Schlag wesentliche Nährstoffmengen (50 Kilogramm Stickstoff und 30 Kilogramm Phosphat pro Hektar und Jahr) ausbringen. Dabei ist es unerheblich, ob die Nährstoffe über Düngemittel, Bodenhilfsstoffe, Kultursubstrate oder andere Mittel ausgebracht werden.

Satzweiser Anbau

Wird eine Gemüsekultur satzweise angebaut, muss die Düngebedarfsermittlung zu Beginn des Anbaus und jeweils nach spätestens sechs Wochen erneut erstellt werden. Mindestens drei Düngebedarfsermittlungen sind vorgeschrieben, wenn sich der satzweise Anbau über mehr als 17 Wochen erstreckt.

Sind die ersten Sätze abgeerntet und es wird eine zweite Gemüsekultur auf diesen freigebliebenen Flächen angebaut, ist erneut eine Düngebedarfsermittlung einschließlich N_{\min} -Bodenprobe erforderlich.



Abb. 4: Satzweiser Anbau

Aus dem Modell- und Demonstrationsvorhaben

Auf einem Schlag werden neun Sätze Salat gepflanzt, bis der Schlag voll ist. Ab KW 10 wird jede Woche ein Satz gepflanzt. Nach sechs Wochen ist eine neue DBE zu erstellen. Mit der Zweitbelegung beginnt das Verfahren von vorne. Dabei sind nun eine N_{\min} -Bodenprobe und die Anrechnung der Ernterückstände der Vorkultur verpflichtend.

Tab. 1: Beispiel für eine Düngebedarfsplanung bei satzweisem Anbau

Erstbelegung Schlag 1								
DBE 1 mit Referenzwert						DBE 2 mit Referenzwert		
Satz 1	Satz 2	Satz 3	Satz 4	Satz 5	Satz 6	Satz 7	Satz 8	Satz 9
KW 10	KW 11	KW 12	KW 13	KW 14	KW 15	KW 16	KW 17	KW 18
Zweitbelegung Schlag 1								
DBE 1 mit Bodenprobe						DBE 2 mit Bodenprobe		
Satz 1	Satz 2	Satz 3	Satz 4	Satz 5	Satz 6	Satz 7	Satz 8	Satz 9
KW 20	KW 21	KW 22	KW 23	KW 24	KW 25	KW 26	KW 27	KW 28

Referenzwerte und Bodenproben

Nur für die erste Gemüsekultur im Jahr können Referenzwerte (Schätzwerte) der im Boden verfügbaren Stickstoffmenge genutzt werden.

Diese Werte werden regional von verschiedenen Einrichtungen der Bundesländer bereitgestellt, in Baden-Württemberg beispielsweise von den Nitratinformationsdiensten, in Brandenburg durch das Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung, in Rheinland-Pfalz vom Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (siehe Tabelle ab Seite 124). Sie werden im Internet oder in den landwirtschaftlichen Wochenzeitschriften veröffentlicht. Die Referenzwerte berücksichtigen den Standort, die Jahreszeit und Besonderheiten der Vorfrüchte. Aussagekräftiger ist jedoch immer eine Bodenanalyse.

Für den Anbau weiterer Gemüsekulturen auf demselben Schlag müssen repräsentative N_{\min} -Bodenproben (siehe Kapitel Probenahme, Seite 28) genommen werden. Dabei ist die Durchwurzelungstiefe der Kulturen zu beachten. In welcher Tiefe die Bodenproben entnommen werden müssen, findet sich in Anhang 4 Tabelle 4 der Düngeverordnung.

Düngebedarfsermittlung für Phosphat

Die Düngebedarfsermittlung für Phosphat muss erst bei Schlägen, die größer als ein Hektar sind, durchgeführt werden. Basis sind der erforderliche Phosphatbedarf für ein

optimales Pflanzenwachstum und der im Boden nachgewiesene Gehalt an Phosphat. Der erforderliche Phosphatbedarf entspricht im Allgemeinen der Phosphatabfuhr. Werte für die Phosphatabfuhr der einzelnen Kulturen können der Stoffstrombilanzverordnung oder der Düngeverordnung in Anlage 7 Tabelle 2 entnommen werden.

Mindestens alle sechs Jahre sind Bodenproben zu nehmen und zu analysieren.

Liegt eine Fruchtfolgeplanung vor, kann die Düngebedarfsermittlung für Phosphat für mehrere Kulturen zusammengefasst werden. Die Phosphatdüngung erfolgt dann zu der bedürftigsten Kultur. Auf diese Weise kann zum Beispiel eine einmalige organische Düngung für bis zu sechs Jahre durchgeführt werden.

Auf nur gering versorgten Böden besteht die Möglichkeit, mehr als die Phosphatabfuhr der Pflanzen zu düngen, wenn auf anderen Flächen entsprechend weniger gedüngt wird. Gesamtbetrieblich ist auf ein ausgewogenes Verhältnis von Phosphatdüngbedarf und Phosphatzufuhr im Durchschnitt mehrerer Jahre zu achten.

Auf Schlägen mit hohen Phosphatgehalten (beispielsweise höher als 25 Milligramm Phosphat je 100 Gramm Boden nach dem Doppel-Lactat-Verfahren) dürfen phosphathaltige Düngemittel höchstens in Höhe der voraussichtlichen Phosphatabfuhr aufgebracht werden, im Rahmen von Fruchtfolgen maximal der Nährstoffbedarf von bis zu drei Jahren.

Berechnungshilfen zur Erstellung der Düngedarfsermittlung für Stickstoff und Phosphat

Dr. Carmen Feller, Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ) Großbeeren e.V.

Die landwirtschaftlichen Ämter, Landwirtschaftskammern, Zentren oder Landesanstalten der Bundesländer stellen Berechnungshilfen oder Programme zur Verfügung, die die Düngedarfsermittlung erleichtern. Die für die Berechnung notwendigen Daten und Algorithmen sind in den Programmen hinterlegt, sodass Düngelpläne zügig erstellt werden können. In den meisten Bundesländern, wie beispielsweise Hessen oder Rheinland-Pfalz, wurden Excel-Anwendungen erstellt, die leicht einsetzbar sind und die Anforderungen der Düngeverordnung mit ihren länderspezifischen Besonderheiten wie N_{\min} -Richtwerten oder P-Gehaltsklassen erfüllen.

Einen Überblick über die zuständigen Stellen in den Bundesländern und über deren Angebote finden Sie im Anhang ab Seite 124.

BESyD

Insbesondere in den ostdeutschen Bundesländern wird das Programm „Bilanzierungs- und Empfehlungssystem Düngung BESyD“ empfohlen:

<https://www.landwirtschaft.sachsen.de/duengebedarfsermittlung-besyd-20619.html>



Neben der N-Düngedarfsermittlung nach Düngeverordnung berechnet dieses zusätzlich eine fachlich weitergehende Empfehlung mit aufgeteilten Düngergaben. Das BESyD erstellt zudem verschiedene Listen mit Daten und Berechnungen sowie Formulare, die bei amtlichen Kontrollen vorgelegt werden können. Ein besonderer Vorteil ist, dass das BESyD auch Import- und Export-Schnittstellen für Labore und Schlagdateisoftware enthält. So müssen die betrieblichen Daten nicht in allen Programmen einzeln eingegeben werden und Ergebnisse von Bodenanalysen können automatisch übernommen werden.

N-Expert

Speziell für die Düngung von Gemüse wurde am IGZ das Computerprogramm N-Expert entwickelt:

https://www.igzev.de/projekt_type/n-expert-duengung-im-freiland-gemuesebau/



In diesem Programm steht die Optimierung der Düngung im Vordergrund.

Es bietet neben der Stickstoffbedarfsermittlung nach Düngeverordnung weitergehende und genauere Düngempfehlungen, die für aufgeteilte Düngergaben auch während der Kultur berechnet werden können.

Das Programm kann die Stickstoffdüngung wahlweise nach DüV oder nach N-Expert-Algorithmen berechnen. Der ermittelte Bedarf nach DüV stellt immer den maximal zulässigen und damit rechtskonformen Wert für den Bedarf dar.

Die Stickstoffbedarfsermittlung nach N-Expert-Algorithmen kann für jeden beliebigen Zeitpunkt vor und während der Kultur vorgenommen werden. Eine Berechnung nach den Vorgaben der DüV ist dagegen nur zu Kulturbeginn möglich.

N-Expert ist flexibel und berücksichtigt alle wesentlichen Faktoren der Düngedarfsermittlung. Zum Beispiel kann bei Ernterückständen die tatsächlich auf dem Feld verbliebene Menge eingegeben werden und dient dann als Rechengrundlage, während die DüV hier mit Standardwerten arbeitet. Auch bei der Mineralisierung aus Bodenhumus legt N-Expert genauere Werte zugrunde: Die Mineralisierung und damit auch der erforderliche Düngedarf wird in Abhängigkeit vom Mineralisierungspotenzial des Bodens und unter Berücksichtigung von Temperaturverläufen kalkuliert. Die Schätzung der Mineralisierung in N-Expert ist somit an den tatsächlichen Anbauzeitraum und die Standortbedingungen vor Ort angepasst.

In den Stickstoffbedarfswerten in Tabelle 4 der DüV ist die zu erwartende durchschnittliche Mineralisierung aus Bodenhumus dagegen mit 5,04 Kilogramm je Woche und Hektar pauschal berücksichtigt. Der mit N-Expert ermittelte Düngedarf kann daher vom Bedarf nach DüV abweichen.

Mit N-Expert kann man Vorhersagefehler gering halten und Sicherheitszuschläge

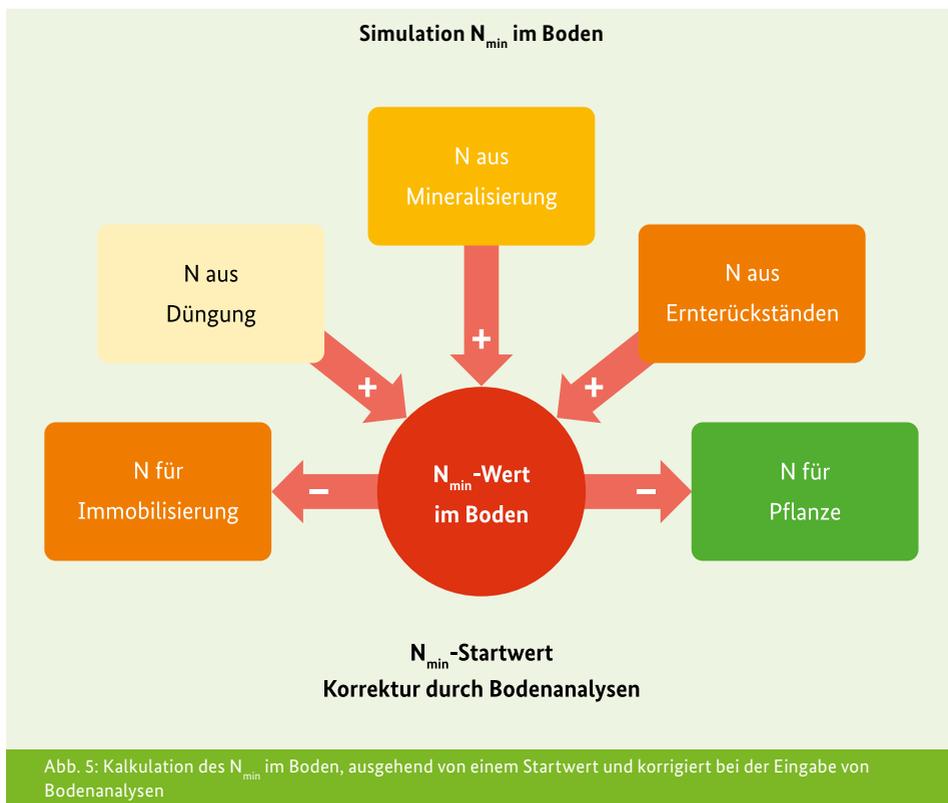
vermeiden, ohne dass es zu Ertragseinbußen kommt. Da N-Expert die Stickstoffversorgung täglich simuliert, lässt sich der Düngedarf auf mehrere Gaben aufteilen. Treten während der Kultur unvorhergesehene Ereignisse ein, können die folgenden Düngergaben bis zur Höhe der durch die Düngeverordnung vorgegebenen Obergrenze entsprechend angepasst werden. Die Düngedarfsermittlung mit N-Expert kann täglich aktuell ermittelt werden.

Herzstück von N-Expert ist die Simulation des pflanzenverfügbaren Stickstoffs im Boden (siehe Abbildung 5).

Aufbau des Programms N-Expert

Neben den Algorithmen, zum Beispiel zur Berechnung von kulturartspezifischer Stickstoffaufnahme, Mineralisierung und Düngedarfsermittlung, beinhaltet N-Expert eine umfangreiche Datenbank. In dieser Datenbank sind Standardwerte für Nährstoffgehalte der gemüse- und ackerbaulichen Kulturen, Modellparameter für Wachstumskurven und Mineralisierungsverläufe hinterlegt sowie Standardwerte für Erträge, Ernterückstände, Kulturzeiten, Nährstoffgehalte von Düngern und weitere Daten.

Betriebsspezifische Daten, zum Beispiel Angaben zu Schlägen, Kulturfolge, Düngemaßnahmen und Bodenanalysen, geben die Nutzerinnen und Nutzer selbst ein. Diese Daten werden in der Datenbank langfristig abgelegt.



Auch Informationen zu N_{\min} -Schätzwerten zu Beginn des Jahres, zum Mineralisierungspotenzial und zu durchschnittlichen Bodentemperaturwerten können betriebsspezifisch angepasst werden.

Über die im Programm hinterlegten Algorithmen ist dann die Düngedarfsermittlung wahlweise nach N-Expert oder nach DüV möglich. Für die Berechnungen nach DüV erfolgt eine kontrollfähige Dokumentation

der Düngedarfsermittlung. Für den Fall, dass ein Betrieb sowohl nitratbelastete als auch nicht nitratbelastete Flächen bewirtschaftet, ist die Dokumentation aufwendiger, da die beiden Bereiche dann in N-Expert als getrennte Betriebe behandelt werden müssen.

Neben dem Stickstoffbedarf kann auch der Bedarf an Phosphat, Kalium und Magnesium sowie die Bilanz für diese Nährstoffe ermittelt werden.



Abb. 6: Allgemeines Schema zum Aufbau von N-Expert

Besonders hilfreich ist N-Expert für folgende Fälle:

Organische Düngung

Für alle gängigen organischen Düngemittel sind in N-Expert die durchschnittlichen Nährstoffgehalte hinterlegt. Den Anteil an mineralischem Stickstoff rechnet das Programm dem im Boden schon vorhandenen Stickstoff hinzu, da er den Pflanzen sofort zur Verfügung steht. Vom organisch gebundenen Stickstoff berechnet das Programm, wie viel durch Mineralisation täglich verfügbar wird, und aktualisiert den Wert für N_{\min} im Boden.

Kopfdüngung

N-Expert kann den Düngerbedarf vom Kulturbeginn bis zu einer Kopfdüngung oder vom Termin der Kopfdüngung bis zur Ernte ermitteln. Diese Berechnungen basieren auf Modellen zur täglichen Stickstoffaufnahme und dem Gehalt an mineralischem Stickstoff im Boden, kalkuliert mit N-Expert, oder auf Bodenproben.

Nachdüngung

Ist zum Beispiel durch Starkregen Stickstoff aus der oberen Schicht ausgewaschen worden und eine Nachdüngung erforderlich, so kann diese leicht mit N-Expert berechnet werden.

Ernteeinbußen

Im Gemüsebau kann es vorkommen, dass eine Kultur nicht oder nur teilweise geerntet werden kann, zum Beispiel wegen Krankheits- oder Schädlingsbefall, schlechter Witterung oder weil sie aufgrund der Marktsituation nicht abgesetzt werden kann. Dann verbleiben deutlich höhere Erntereste und damit Stickstoffmengen auf dem Feld. Mit N-Expert kann berechnet werden, in welcher Höhe und zu welcher Zeit dieser Stickstoff verfügbar wird.

Hilfreich ist das Tool „N-Flüsse“ (siehe Abbildung 7), um die Effekte der Düngung auf der einen und den Pflanzenentzug auf der anderen Seite einander gegenüberzustellen. Positive Werte in dieser Abbildung zeigen einen Zufluss von mineralischem Stickstoff in den Boden, negative Werte zeigen einen Abfluss. Die kalkulierten N_{\min} -Werte (im Diagramm rosafarben dargestellt) ergeben sich aus der Summe aller geschätzten

Zu- und Abflüsse. Die Darstellung dient den Nutzerinnen und Nutzern auch zur Plausibilitätskontrolle der Eingaben hinsichtlich durchgeführter Düngemaßnahmen, der korrekten Eingabe der Kulturfolge, der Menge an Ernterückständen und der Eingabe aller N_{\min} -Bodenprobenergebnisse.

In den Modellbetrieben wurde bei Düngebedarfsberechnungen nach N-Expert in vielen Fällen ein geringerer Düngebedarfswert ermittelt als nach DüV, wenn kulturbegleitende Bodenproben berücksichtigt und entsprechend der Düngebedarf in Teilgaben gegeben wurde. Dabei sind weder Ertragseinbußen noch Qualitätsminderungen aufgetreten. Besonders im Sommer, bei hohen Mineralisierungsraten, konnten dadurch kulturbegleitend oft größere Düngermengen eingespart werden.

Welches Programm oder welche Berechnungshilfe für die eigene Düngebedarfsermittlung gewählt wird, hängt einerseits

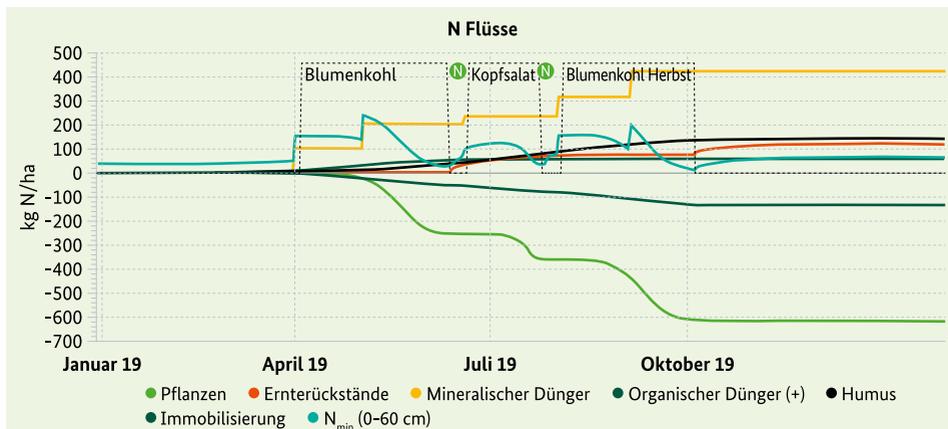


Abb. 7: Darstellung der N-Flüsse (Pflanzenentzug, Mineralisierung aus Ernterückständen, Bodenhumus und organischem Dünger, Immobilisierung), des Boden- N_{\min} -Gehaltes und der mineralischen Düngung im Verlauf eines Jahres. Grüne Punkte in der Grafik markieren N_{\min} -Analysen.

davon ab, was nach jeweiligem Länderrecht vorgegeben ist, andererseits, was zu den Arbeitsabläufen im Betrieb am besten passt. Die einzelnen Länderangebote sind oft „Insellösungen“, die unabhängig vom eigenen Schlagprogramm geführt werden müssen. Hier müssen daher viele Daten erneut eingegeben werden, die auch schon in anderen Programmen im Betrieb gepflegt werden. Andererseits sind diese Berechnungshilfen oft wenig aufwendig und leicht zu bedienen.

Einige Softwarehersteller bieten Schnittstellen zu bestimmten Länderangeboten an, andere programmieren selbstständig Tools zur Düngebedarfsermittlung in ihre Programme. Betriebe, die ihre Düngebedarfsermittlung über ihr Schlagkarteiprogramm erledigen möchten, sollten sich zunächst eine Übersicht

verschaffen, was die Schlagkartei leisten kann. Dabei ist zu prüfen, ob zur Einhaltung aller Anforderungen der DüV, auch hinsichtlich der Besonderheiten des Gemüsebaus, weitere Software bzw. zusätzliche manuelle Aufzeichnungen und Berechnungen benötigt werden. Im nächsten Schritt sollte für alle im Betrieb angebauten Kulturen probeweise eine Düngebedarfsermittlung einmal mit dem Ackerschlagprogramm und einmal mit einem Vergleichsprogramm (beispielsweise dem offiziellen Programm des Bundeslandes) durchgeführt werden, um zu prüfen, ob alle hinterlegten Werte der Kulturen übereinstimmen.

Integration der Düngebedarfsermittlungen in den Betriebsablauf

Sarah Francoise Meyer, Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen

Eine effiziente Düngebedarfsermittlung im Betrieb wird wesentlich erleichtert, wenn die Anbauplanung für jeden Schlag und Teilschlag zu Beginn des Jahres vorliegt. Auch wenn das Flächenverzeichnis mit Feldblockkennung, Schlagnummer, Größe der Flächen sowie Angabe der Hauptkultur meist erst im

Mai bei der zuständigen Behörde einzureichen ist und Zweit- oder Drittkulturen oft nicht zwingend angegeben werden müssen, ist es sinnvoll, frühzeitig den Flächenplan zu erstellen und die Schlagdaten in eine Berechnungshilfe einzupflegen. Kurz vor der Düngung ist dann nur noch der aktuelle N_{\min} -Wert nachzutragen und die Berechnungen sind schnell erstellt, sofern sich an der Anbauplanung nichts ändert.



Abb. 8: Anbau- und Düngeplanung am PC

Für die Anbauplanung eignen sich in der Regel die Monate Dezember und Januar. Sind während der Saison dann durch Ausfall von Jungpflanzen, Vermarktungspartnern, Aufträgen oder aus anderen Gründen vereinzelt Änderungen erforderlich, lässt sich dies schnell anpassen und aktualisieren. Auch die durchschnittlichen Erträge der letzten fünf Jahre für die betrieblichen Kulturen können bereits zu diesem Zeitpunkt berechnet werden.

Ist der Anbauplan erstellt, so kann in Betrieben mit Schlägen unter 0,5 Hektar über die Zusammenlegung von Schlägen zu Einheiten von bis zu 2 Hektar nachgedacht werden. Unter Umständen kann es allerdings weniger aufwendig sein, auch für kleine Schläge Proben zu nehmen und DBEs zu rechnen, als die Schläge zusammenzufassen.

Es ist zu überprüfen, ob auf Schlägen größer als ein Hektar eine gültige Bodenprobe (maximal fünf Jahre alt) für Phosphat vorliegt. Wenn nicht, kann die Beauftragung dieser Bodenproben, im Idealfall verbunden mit der Analyse auf Kalium, Magnesium und pH-Wert, bereits im Januar erfolgen.

Für die später bei der Düngebedarfsermittlung anzugebenden N_{\min} -Werte ist festzulegen, für welche Kulturen Referenzwerte genutzt werden und wann voraussichtlich Bodenanalysen auf N_{\min} einzuplanen sind. Da die Bodenprobennehmer und auch die Labore oft sehr stark ausgelastet sind, empfiehlt sich eine frühzeitige Terminabsprache.

Seit 2021 ist es in einigen Bundesländern auch für Gemüsebaubetriebe vorgeschrieben, bis spätestens zum 31.3. eine Vorplanung des Düngebedarfs aller nitratbelasteten Flächen

(„rote“ Flächen) für das gesamte Jahr zu erstellen und aufzusummieren.

Dieser aufsummierte Düngebedarf muss dann um 20 Prozent reduziert werden. Mehr als die verbleibenden 80 Prozent dürfen nicht ausgebracht werden. Dies gilt jedoch nicht für jede Fläche einzeln, sondern für die Gesamtheit der nitratbelasteten Flächen. Das heißt, es ist zum Beispiel möglich, auf einigen Flächen den vollen Bedarf zu düngen, und auf anderen Flächen entsprechend mehr einzusparen, sodass im Durchschnitt eine Einsparung von 20 Prozent erreicht wird. Zwei Punkte sind jedoch zu beachten:

- » Es gilt nur der Durchschnitt der nitratbelasteten Flächen! Nicht nitratbelastete „grüne“ Flächen dürfen nicht miteinberechnet und zum Ausgleich verwendet werden. Informieren Sie sich daher zu Beginn Ihrer Düngeplanung genau, welche Flächen nitratbelastet sind und welche nicht (Quellen und Ansprechpersonen dazu finden Sie ab S. 124 im Anhang.)
- » Die Minderung um 20 Prozent muss nicht auf jedem einzelnen Schlag eingehalten werden, der volle in der DBE errechnete Düngebedarf (100 Prozent) darf aber nach wie vor auf keinem Schlag überschritten werden.

Im Gemüsebau muss die vorgeplante Düngebedarfsermittlung kurz vor der Bepflanzung der jeweiligen Fläche oft noch geändert werden. Eine Aktualisierung oder Neuberechnung des Düngebedarfs einer Fläche wird beispielsweise aus folgenden Gründen notwendig:

Die genaue Belegung der Flächen wird teils erst kurzfristig festgelegt oder später noch

umgeplant. Dies ist notwendig, um auf Witterungsverhältnisse, Vermarktung der Vorkultur und auf kurzfristige Bestellungen des Handels reagieren zu können. So können Flächen zum Beispiel zu nass sein oder sie werden später als geplant frei, wenn die Vorkultur noch nicht vermarktet ist.

Wird Gemüse nach Gemüse angebaut, muss kurz vor der Pflanzung eine Bodenprobe zur Ermittlung des N_{\min} -Gehalts gezogen werden. Erst mit dem Ergebnis kann die DBE erfolgen.



Abb. 9: Entnahme der Bodenprobe

Bei Kontrollen ist voraussichtlich zwar weniger die Vorplanung relevant als die tatsächlich ausgebrachten Düngemengen, dennoch sollte die Vorplanung für die nitratbelasteten Gebiete sorgfältig durchgeführt werden, weil sich damit besser entscheiden lässt, auf welchen Flächen die Minderung um 20 Pro-

zent problemlos umgesetzt werden oder ob auf manchen Flächen zugunsten anderer Flächen die Düngung noch stärker reduziert werden kann. Oft wird das reale Einsparpotenzial allerdings erst anhand kulturbegeleitender N_{\min} -Proben sichtbar. Besonders, wenn neue Fruchtfolgen auf nitratbelasteten Flächen umgesetzt werden sollen, lohnt es sich, die Vorplanung so exakt wie möglich durchzuführen.

Für nicht nitratbelastete Flächen müssen DBEs erst unmittelbar vor der Düngung erstellt sein.

In jedem Fall müssen Gemüsebaubetriebe zwischen sämtlichen anderen anfallenden Arbeiten während der Saison im Auge behalten, wann Bodenproben gezogen und DBEs angefertigt oder aktualisiert werden müssen. Damit das im Betriebsalltag nicht in Vergessenheit gerät, sind Erinnerungshilfen unerlässlich. Das kann ein Papierkalender sein, sofern er täglich betrachtet wird. Besser ist meist ein Kalender auf PC oder Handy mit Erinnerungsfunktion. Auch manche Schlagkarteien bieten Erinnerungsfunktionen. Andere Betriebe nutzen den Erinnerungsservice einer Beratungseinrichtung.

Jeder Betrieb muss seine individuelle Lösung finden. Dafür sollte er sich **vor Saisonbeginn folgende Fragen** stellen:

- » Wie oft und zu welcher Jahreszeit werden Pflichtbodenproben benötigt (Gemüse nach Gemüse)?
- » Für welche Flächen ist es besser, freiwillig eine Bodenprobe zu ziehen, da vermutlich der Richtwert für diese Flächen nicht passt?

- » Wie viel Zeit muss vom Ziehen oder Beauftragen der Bodenprobe bis zum Erhalt des Ergebnisses einkalkuliert werden?
- » Werden die Bodenproben selbst gezogen oder wird ein Probenahmedienst beauftragt?
- » Wie viel Vorlaufzeit braucht der Probenahmedienst?
- » Wenn ein Probenahmedienst beauftragt wird, sollte dieser vor Saisonbeginn mit einer Auflistung der Flächen und einer dazugehörigen Karte ausgestattet werden. Das spart Zeit in der Saison!
- » Wie kommt die Probe ins Labor? Gibt es bestimmte Abholtage? Oder ist im Bundesland ein Schnelltest erlaubt, der direkt vor Ort von einer fachkundigen Person durchgeführt wird? Wenn ja, wie viel Arbeitszeit ist dafür notwendig?
- » Wie lange dauert die Analyse?
- » Wann wird der Ablauf durch Feiertage verzögert?

Aus dem Modell- und Demonstrationsvorhaben

Beispielhafter Ablauf bei Beauftragung eines Probenahmedienstes: Der Probenahmedienst kann ein bis drei Arbeitstage nach Auftragseingang die Probe nehmen. Die Probe wird direkt zur Sammelstelle gebracht, dort werden die Proben zweimal pro Woche abgeholt. Die Analyse dauert zwei Arbeitstage. Am Wochenende passiert nichts. → Die Probe sollte mindestens eine Woche vor dem Pflanztermin beauftragt werden!



Abb. 10: Transport der Bodenprobe ins Labor

Wie genau kann die Flächenbelegung zu Saisonbeginn vorgeplant werden?

Fall 1: Es gibt einen groben Plan für die ganze Saison, der, von kleinen Änderungen abgesehen, beibehalten wird:

Hier bietet es sich an, den Anbauplan vor Saisonbeginn mit der Anbau- oder Wasser-schutzberatung zu besprechen und diese über Änderungen auf dem Laufenden zu halten. Die Beratung kann die Erinnerung an Bodenproben und DBEs übernehmen.

Alternativ können die entsprechenden Termine im Voraus in einen elektronischen Kalender eintragen werden, um sich von diesem erinnern zu lassen. Jede Änderung in der Kulturplanung muss mit einer Überprüfung des Kalenders einhergehen.

Fall 2: Die Flächenbelegung steht nur für die ersten Wochen zu Saisonbeginn fest. Was danach passiert, ergibt sich später.

Eine Begleitung durch die Beratung ist hier schwierig.

Alternative Erinnerungsmöglichkeit: In regelmäßigen Abständen (zum Beispiel wöchentlich) werden Termine in einem Kalender vermerkt, an denen geprüft wird, ob neue Bodenproben oder DBEs notwendig sind.

Besonderheiten im Gemüsebau: Satzweiser Anbau, mehrschnittige Kräuter und Dauerkulturen

Im satzweisen Anbau muss mindestens alle sechs Wochen eine neue DBE erstellt werden.

Für satzweisen Anbau hat es sich bewährt, gleich nach der ersten DBE einen Kalendervermerk für die nächste DBE sechs Wochen später einzutragen bzw. fünf Wochen später, falls eine Bodenprobe gezogen werden soll.

Für einige Kulturen sind nach Düngeverordnung DBEs zu verschiedenen Düngezeitpunkten vorgesehen. Dazu zählen mehrschnittige Kräuter und Dauerkulturen wie zum Beispiel Rhabarber.

- » Für Rhabarber sieht die DüV jeweils eine DBE im Frühjahr und nach der Ernte vor.
- » Für Petersilie und Schnittlauch ist eine DBE für jeden weiteren Schnitt vorgesehen. Das heißt, nach einem erfolgten Schnitt wird sofort der Düngebedarf für den nächsten Schnitt ermittelt und entsprechend gedüngt.



Abb. 11: Für Rhabarber sieht die DüV jeweils eine DBE im Frühjahr und nach der Ernte vor.

Nicht alle Betriebe planen zu allen genannten Zeitpunkten auch eine Düngung. Manche Betriebe düngen den Rhabarber beispielsweise nur nach der Ernte oder verzichten aufgrund der hohen N-Nachlieferung ihrer Böden auf die Düngung des zweiten Kräuter-

schnitts. Wenn nicht gedüngt wird, ist auch keine DBE vorgeschrieben. In nitratbelasteten Gebieten empfiehlt es sich, den Düngebedarf trotzdem zu allen vorgesehenen Zeitpunkten zu berechnen. Denn die DBE dient als Rechengrundlage, wenn der Düngebedarf gesamtbetrieblich um 20 Prozent unterschritten werden muss.

Für die DBEs dieser Kulturen können zudem Richtwerte verwendet werden, da es sich nicht um eine klassische Gemüse-nach-Gemüse-Fruchtfolge handelt, bei der Erntereste eingearbeitet werden.

Bei mehrschnittigen Kräutern im Satzanbau (Petersilie/Schnittlauch) kann man leicht die Übersicht verlieren, wenn unterschiedliche Sätze unterschiedlich oft geschnitten wurden. Es kann helfen, sich ein Schema dazu aufzuzeichnen: Tabelle 2.

Auf einem Schlag steht gepflanzte Petersilie, auf dem anderen gesäte Petersilie. Die DBEs erfolgen auf beiden Schlägen zu Kulturbeginn (DBE 1/DBE 1). Es wird wöchentlich Petersilie gepflanzt und gesät. Im satzweisen Anbau ist eine DBE sechs Wochen lang gültig. Bei der Pflanzpetersilie ist ab der siebten Pflanzwoche daher eine neue DBE notwendig (DBE 2).

Die Aussaat der Säpetersilie ist nach sechs Wochen beendet, daher ist hier erst mal keine weitere DBE nötig. Nachdem der erste Satz das erste Mal geschnitten wurde, wird der Düngebedarf für den zweiten Schnitt ermittelt (Pflanzpetersilie: KW 17/DBE 3; Säpetersilie: KW 20/DBE 2). Diese DBE gilt wieder sechs Wochen. Bei der Pflanzpetersilie dauert der Schnitt aller Sätze wieder neun Wochen, daher ist eine weitere DBE (DBE 4) erforderlich. Die Säpetersilie wird ab KW 25 ein zweites Mal geschnitten und für den dritten Schnitt gedüngt. Auch hier ist wieder eine DBE erforderlich (DBE 3).

Tab. 2: DBE-Übersicht für zwei Schläge Petersilie mit mehreren Schnitten

	März			April			Mai			Juni			Juli			August											
KW	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
Petersilie gepflanzt (6 Sätze), 1. Schnitt	DBE 1						DBE 2																				
Petersilie gepflanzt (6 Sätze), 2. Schnitt								DBE 3			DBE 4																
Petersilie gesät (6 Sätze), 1. Schnitt	DBE 1																										
Petersilie gesät (6 Sätze), 2. Schnitt											DBE 2																
Petersilie gesät (6 Sätze), 3. Schnitt																DBE 3											

Tipps zur Integration der Düngebedarfsermittlungen in den Betriebsablauf

Vor Saisonbeginn:

- » Möglichst präzise Anbauplanung erstellen
- » Vorläufige DBEs erstellen
- » In nitratbelasteten Gebieten verpflichtend bis 31.3. des laufenden Jahres!
- » Auch für alle anderen Flächen empfohlen → Entlastung während der Anbausaison
- » Betriebliche Besonderheiten bei DBEs (Satzanbau, mehrschnittiger Kräuteraanbau, Dauerkulturen ...) beachten
- » Gegebenenfalls Beratung zur Erstellung der DBEs hinzuziehen
- » Bodenprobenehmer einweisen und aktuelle Flächenkarten übermitteln
- » Planen, wann für welche Kulturen N_{\min} -Bodenproben verpflichtend oder sinnvoll sind
- » Im Kalender Erinnerungen an N_{\min} -Bodenproben vermerken
- » In nitratbelasteten Gebieten: Vorplanung der Düngemengen, um im Betriebschnitt 20 Prozent unter dem ermittelten Bedarf zu düngen
- » Beim Einsatz organischer Dünger sind weitere Punkte vor Saisonbeginn zu beachten (siehe Kapitel organische Düngung).

Während der Saison:

- » DBEs vor Kulturbeginn auf Aktualität prüfen (Schlag, Kultur, Vorkultur, Datum, verwendeter Referenzwert)
- » Rechtzeitig vor Pflanzung N_{\min} -Beprobung veranlassen (Vorlaufzeit für Probenahme und Analyse beachten!)
- » N_{\min} -Werte in DBE nachtragen
- » In nicht nitratbelasteten Gebieten: Düngung gemäß DBE durchführen
- » In nitratbelasteten Gebieten: Düngereduktion gemäß Vorplanung durchführen; bei Änderungen in den DBEs regelmäßig gesamtbetriebliche Einsparung prüfen

Probenahme

*Dr. Alexander Dümig und Andrea Spirkaneder,
Amt für Ernährung, Landwirtschaft und
Forsten, Fürth*

Um den Stickstoffgehalt im Boden zu bestimmen, werden Bodenproben genommen und analysiert. Da diese Werte der Düngebedarfs-ermittlung zugrunde liegen und wesentlichen Einfluss auf das Ergebnis der Berechnung haben, müssen die Bodenproben besonders sorgfältig und fachgerecht durchgeführt werden. Denn die Ermittlung des Düngebedarfs ist nur so genau wie die Probenahme. Ziel ist es, eine Mischprobe zu erhalten, die möglichst repräsentativ die Eigenschaften der gesamten zu beprobenden Fläche darstellt.

Eine repräsentative Mischprobe ist nötig, weil der Stickstoff auf einer Fläche nicht immer gleichmäßig verteilt ist, zum Beispiel aufgrund ungleichmäßiger Bodenbearbeitung oder Düngerausbringung. Auch eine Bewässerung kann zu Verlagerungen und ungleichmäßiger Stickstoffverteilung führen, wenn sie keine optimale Wasserverteilung – zum Beispiel bei Wind oder unebenem Boden – gewährleistet. Weitere Faktoren wie der pH-Wert, Humusgehalt und Durchwurzelung führen ebenfalls dazu, dass Stickstoff auf der Fläche heterogen verteilt ist. Studien zufolge zeigen ökologisch bewirtschaftete Flächen eine gleichmäßigere Stickstoffverteilung als konventionelle.



Abb. 12: Werkzeuge zur Probenahme

Verteilung der Einstiche für die Bodenproben

Die Fläche sollte vor allem in ihrer Bodenart, aber möglichst auch bezüglich Humusgehalt und Nutzungsvorgeschichte einheitlich sein. Bei heterogenen Schlägen, mit zum Beispiel unterschiedlichen Hauptbodenarten, sollten auf den Teilflächen getrennte Proben genommen werden. Von untypischen Teilflächen wie Rändern, Vorgewenden, Senken und Nassstellen, Kuppen oder Fahrspuren werden keine Proben gezogen oder im Bedarfsfall ebenfalls gesonderte Proben.

Um möglichst viele unterschiedliche Bereiche einer Fläche zu erfassen, müssen die Einstiche der Bodenproben gut verteilt sein.

Folgende Muster sind empfehlenswert:

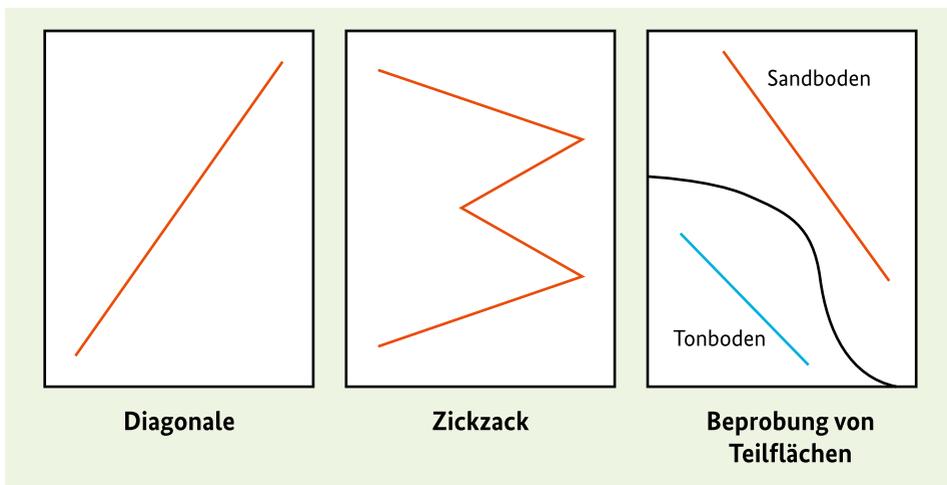


Abb. 13: Empfohlene Muster zur Probenahme

Die jeweiligen Landesbehörden und Bodenlabore stellen genaue Beschreibungen zur Verfügung, wie die Probenahme ordnungsgemäß durchgeführt werden kann. Sie sollte frühestens drei bis vier Wochen nach der letzten Stickstoffdüngung erfolgen. Sonst können Messfehler entstehen, falls sich der Dünger nicht richtig gelöst hat und der Stickstoff im Boden schlecht verteilt ist. Bis zu welcher Tiefe die Bodenprobe genommen wird, ist abhängig von der Kultur und der durchwurzelbaren Bodenschicht. Tabelle 4 im Anhang 4 der Düngeverordnung gibt für jede Gemüsekultur vor, in welcher Tiefe die Probe genommen werden muss. Für den Fall, dass die Probe nicht bis zur angegebenen Tiefe genommen werden kann, zum Beispiel aufgrund von Verdichtungen oder undurchlässigen Tonschichten, sollte dies in der Düngebedarfsermittlung vermerkt werden.

Anzahl der benötigten Einstiche

Neben der Verteilung der Einstiche auf der Fläche spielt auch deren Anzahl eine große Rolle, um eine repräsentative Mischprobe mit möglichst hoher Genauigkeit der N_{\min} -Analyse zu erhalten. Erst ab einer bestimmten Anzahl an Einstichen ist die Sicherheit ausreichend hoch, dass die Streuung der einzelnen gemessenen Werte um den Mittelwert der Mischprobe gering ist. Das heißt, je mehr Proben genommen werden, umso genauer ist das Ergebnis.

Wie viele Einstiche auf einer Fläche notwendig sind, um ausreichend genaue Werte zu ermitteln, wurde sowohl für landwirtschaftliche Kulturen als auch für den Gemüsebau in zahlreichen Studien untersucht. Die Größe der Fläche hat dabei nur geringen Einfluss auf das Ergebnis. Eine aktuelle und sehr umfangreiche Untersuchung auf gemüsebaulich genutzten Flächen ermittelte 16 Einstiche,

um eine ausreichend hohe Genauigkeit zu erreichen. Bei 16 Einstichen kann mit 95-prozentiger Sicherheit davon ausgegangen werden, dass zum Beispiel bei einem gemessenen N_{\min} -Wert von 100 Kilogramm N/ha der tatsächliche Wert zwischen 95 und 105 Kilogramm N/ha liegt. In Anlehnung an diese Studie ist deshalb zu empfehlen, unabhängig von der Schlaggröße an mindestens 16 Stellen Proben zu nehmen. Nach der Ernte sollte dieser Wert jedoch auf 18 Einstiche erhöht werden, da dann die Unterschiede zwischen den Einzelproben meist höher liegen.



Abb. 14: Probenahme

Zeitliche Schwankungen der Nährstoffgehalte im Boden

Ein weiterer Unsicherheitsfaktor beim N_{\min} -Messergebnis besteht in der zeitlichen Änderung von Nährstoffgehalten. Diese ist bei Nitrat besonders stark ausgeprägt, dagegen weniger problematisch zum Beispiel bei Phosphat oder Kalium. Daher sollte vor allem bei Stickstoff der Zeitabstand zwischen Probenahme und Düngung kurz sein. Hierbei ist ein reibungsloser und schneller Ablauf von der Probenahme über den Transport bis zum Labor wichtig. In der Praxis ist dies leider aufgrund von Marktflexibilität, Kulturverzögerungen und kurzen Pausen zwischen Ernte und nächster Pflanzung oder Aussaat oft nur schwer umsetzbar. Die Proben sind unbedingt gekühlt zu lagern und bis ins Labor gekühlt zu transportieren, bei plus zwei Grad Celsius bis plus vier Grad Celsius. Eine Erwärmung führt zu verstärkter Mineralisierung und somit zu erhöhten N_{\min} -gehalten und folglich bei der Berechnung zu einem zu niedrigen Ergebnis für den Düngbedarf. Beim Expressversand kann jedoch nicht immer gewährleistet werden, dass die Proben ununterbrochen gekühlt werden. Deshalb ist eine gute Organisation von Probenahme und -transport unabdingbar, um eine bedarfsgerechte N-Versorgung der Kulturen zu gewährleisten.

Aus dem Modell- und Demonstrationsvorhaben

Proben zu nehmen, ist arbeitsintensiv und körperlich anstrengend, vor allem in lehmigen, schweren Böden und wenn tiefe Proben nötig sind. Im Rahmen des Modell- und Versuchsvorhabens wurde im Teilprojekt Rheinpfalz deshalb anstatt der üblichen Handbohrer ein Akku-Schrauber mit Spiralbohrer eingesetzt.



Abb. 15: Probenahme mit Spiralbohrer

Mit diesem Verfahren wurden in der Praxis gute Erfahrungen gemacht. Allerdings muss es sich um ein leistungsstarkes Gerät handeln und Ersatzakkus sind notwendig. Bei leichten Böden oder geringer Bodenfeuchte besteht jedoch die Gefahr, dass die Bodenprobe nicht am Spiralbohrer haftet und keine ausreichende Menge erfasst werden kann.

Richtwerte und eigene Proben

Obwohl im Frühjahr die Übernahme von N_{\min} -Richtwerten nach DüV zugelassen ist (zum Beispiel veröffentlicht von Landesbehörden, siehe Tabelle ab Seite 124), sind N_{\min} -Untersuchungen von den eigenen Äckern unter Umständen sinnvoll. Denn die Richtwerte gelten für große Regionen und berücksichtigen beispielsweise nicht den Aussaatzeitpunkt, die Zwischenfruchtart oder eine langjährige organische Düngung. Erfahrungswerte zeigen, dass sandige Böden im Frühjahr durch die Winterniederschläge in der Regel größtenteils an Stickstoff „entleert“ sind, hier finden sich meist nur 20 bis 50 Kilogramm N/ha in null bis 60 Zentimetern Tiefe. Ob zusätzliche Bodenproben im Frühjahr sinnvoll sind, ist deshalb unter anderem von der Bodenart und der Witterung im Winterhalbjahr abhängig und sollte im Einzelfall entschieden werden.

Zeitpunkt der Probenahme

Wird Gemüse nach einer vorangegangenen Gemüsekultur angebaut, schreibt die Düngverordnung eine Bodenprobe zur Bestimmung des Stickstoffgehaltes vor. Diese ist vor der Düngung zu nehmen, ein genauere Zeitpunkt ist jedoch nicht festgelegt. In den Modell- und Demonstrationsvorhaben stellte sich heraus, dass die Probenahme direkt nach Ernte der ersten Kultur noch vor dem Einfräsen der Erntereste und der Bodenbearbeitung empfehlenswert ist.

Wird die Bodenprobe schon früher gezogen, während sich die Vorkultur noch im Wachstum befindet, so steht der gemessene Stickstoff der Folgekultur nicht voll zur Verfügung, da er teilweise noch von der Vorkultur aufgenommen wird. Eine zu frühe Probenahme in der noch stehenden Vorkultur kann daher zu einer fehlerhaften Düngebedarfsermittlung und somit zu einer Unterversorgung der Folgekultur führen.

Wird die Bodenprobe erst später genommen, wenn die Erntereste schon eingearbeitet sind, besteht dagegen die Gefahr, dass durch kurzfristige Mineralisierungsschübe stark erhöhte N_{\min} -Gehalte gemessen werden.

Bei längerer Kulturdauer stellt sich die Frage, ob eine Probenahme vor Grund- oder Kopfdüngung am sinnvollsten ist. Eine Probenahme und Bedarfsermittlung vor der Kopfdüngung in Verbindung mit einer nur moderaten Grunddüngung hat sich hier als vorteilhaft gezeigt. Zum einen wird die Unsicherheit über den Stickstoffgehalt im Boden, zum Beispiel nach Starkregenereignissen, umgangen. Des Weiteren wird der bis zur Kopfdüngung aus dem Humus mineralisierte Stickstoff miterfasst. Findet die Probenahme erst vor der Kopfdüngung statt, ist die mit der Grunddüngung ausgebrachte N-Menge vom errechneten Bedarfswert abzuziehen. Zu beachten ist dabei, dass die Düngebedarfsermittlung grundsätzlich vor der ersten Düngegabe erfolgen muss. Außerdem ist diese

Vorgehensweise nur zulässig, sofern auf der entsprechenden Fläche keine Verpflichtung zur N_{\min} -Beprobung besteht und es sich um die Erstkultur handelt. Ist dies der Fall, so kann für die Düngebedarfsermittlung der entsprechende Referenzwert verwendet und die Bodenprobe erst vor der Kopfdüngung gezogen werden. Unabhängig vom Ergebnis der Bodenprobe darf dann aber der mit dem Referenzwert ermittelte Düngebedarf natürlich nicht überschritten werden.

Tipps zur Probenahme

- » Empfohlene Beprobungsmuster einhalten, um eine repräsentative Bodenprobe zu erhalten (das Ergebnis ist nur so gut, wie die Probenahme es erlaubt)
- » N_{\min} -Beprobung frühestens drei bis vier Wochen nach der letzten N-Düngung
- » Ein Akkuschauber mit Spiralbohrer kann bei schweren Böden und/oder tiefer Beprobung die Probenahme erleichtern.
- » 16 Einstiche pro Probe für eine ausreichend hohe Genauigkeit
- » Kühlkette vom Feld bis ins Labor einhalten, um nachträgliche Mineralisierung zu vermeiden
- » Bei Gemüse nach Gemüse: Beprobung vor der zweiten Kultur am besten direkt nach Ernte der ersten Kultur

Analyse

*Dr. Alexander Dümig und Andrea Spirkaneder,
Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten,
Fürth*

Für aussagekräftige Messergebnisse müssen nicht nur die Proben sorgfältig genommen und transportiert werden, auch die richtige Analyse hat einen wesentlichen Einfluss.

Wegen der kurzen Kulturzeiten und zeitlich dichten Abfolgen im Gemüsebau müssen die Ergebnisse besonders schnell vorliegen. Dies erfordert „kurze Wege“ und eine gute Organisation von der Probenahme über den Transport unter Wahrung der Kühlkette bis zur Analyse im Labor und Ergebnismitteilung.

Die logistischen Voraussetzungen, Transport- und Laborkapazitäten sind je nach Region unterschiedlich, weshalb in manchen Bundesländern verschiedene Verfahren, wie Nitrat-Schnelltestmethoden, zugelassen sind. Generell ist es problematisch, wenn Proben-transport und Labore auf landwirtschaftliche Kulturen ausgelegt sind und die Besonderheiten im Gemüsebau nicht immer berücksichtigen können.



Abb. 16: Nitratschnelltest-Set



Abb. 17: Probenahme mit dem Bohrstock und Filtration für den Nitratschnelltest

Schnelltests

In einigen Bundesländern sind Schnellmethoden zugelassen (zum Beispiel in Bayern und Nordrhein-Westfalen), dabei sind zusätzliche Vorgaben der Landesbehörden zu beachten. Die entsprechenden Anleitungen gibt es von den jeweiligen Herstellern. Werden die in den Anleitungen aufgeführten Arbeitsschritte und Kalkulationen fachgerecht und genau durchgeführt, stimmen die Ergebnisse von Schnelltests in der Regel gut mit Labormethoden überein. Somit erlauben Schnelltestmethoden bei korrekter und sorgfältiger Ausführung, in kurzer Zeit bei relativ geringem Aufwand und ohne Kühlungsproblematik zuverlässige Werte selbst zu ermitteln.

Vorgehensweise bei der Analyse

Ob in qualifizierten Laboren oder mittels sogenannter Schnelltests oder Feldmethoden ist die Vorgehensweise bis zur Messung des Nitratgehalts ähnlich: Zunächst wird eine bestimmte Menge Boden eingewogen, dazu wird nur die Feinerde verwendet, Steine werden zuvor aussortiert. Danach wird eine bestimmte Menge Calciumchlorid-Lösung zugegeben bzw. bei Schnelltests nitratfreies Wasser. Die Mischung wird intensiv geschüttelt und anschließend filtriert. In der so gewonnenen klaren Lösung kann der Nitratgehalt mit verschiedenen Methoden bestimmt werden. Im Labor meist mit einem Spektralphotometer, bei den Schnelltests mit einem Reflektometer oder ionensensitiven Elektroden.

Vom Messwert zum Nitratstickstoffgehalt in Kilogramm pro Hektar

In den Messungen werden die Werte in Milligramm Nitrat pro Liter ermittelt. Sie müssen noch in Kilogramm Nitrat-Stickstoff pro Hektar umgerechnet werden. Das heißt, neben der Umrechnung der Einheiten muss noch beachtet werden, dass der Anteil an Stickstoff, der im Nitrat gebunden ist, nur 22,6 Prozent beträgt. Daneben gehen weitere Faktoren ein wie die Bodendichte, Bodenfeuchte und Horizontdicke (in der Regel 30 Zentimeter). Für die Dichte von normalen mineralischen Böden kann ein mittlerer Wert von 1,4 bis 1,5 g/cm³ angenommen werden, wenn nicht anders durch die Landesbehörde vorgegeben. Nur bei sehr leichten organischen Böden sollte die Bodendichte gesondert bestimmt werden. In den Anleitungen der Hersteller und Landesbehörden sind die entsprechenden Rechengänge mit Formeln dargestellt bzw. es können auch zur Vereinfachung Umrechnungsfaktoren (zum Beispiel gestaffelt nach Bodenfeuchte) verwendet werden.

Zum besseren Verständnis ist nachfolgend ein Berechnungsbeispiel zur Umrechnung des Nitratgehalts in der Lösung in den Stickstoffgehalt pro Hektar aufgeführt:

Vorgabe: Einwaage von 100 Gramm Boden, Zugabe von 100 Milliliter nitratfreiem/destilliertem Wasser und Messwert von 50 Milligramm NO₃ pro Liter. Das Verhältnis von Boden zu Wasser ist hier eins zu eins, daher erfolgt an dieser Stelle keine Korrektur des Messwertes. Bei einer Einwaage von zehn Gramm Boden und Zugabe von 100 Milliliter Wasser wäre der Messwert mit zehn zu multiplizieren.

Umrechnung von Nitrat (NO₃) in Nitrat-Stickstoff (NO₃-N)

$$50 \text{ mg NO}_3/\text{Liter} \times 0,226 = 11,3 \text{ mg NO}_3\text{-N/Liter}$$

Der Gehalt an Nitrat-Stickstoff in Kilogramm pro Hektar wird dann über folgende Formel berechnet:

$$\text{NO}_3\text{-N (kg/ha)} = \frac{\text{NO}_3\text{-N (mg/l)} \times \text{Bodendichte (g/cm}^3\text{)} \times \text{Horizontdicke (dm)} \times (100 + \text{Bodenfeuchte in \%})}{(100 - \text{Bodenfeuchte in \%})}$$

Bei einer Bodendichte von 1,4 g/cm³, einer Bodenfeuchte von 19 Prozent und einer Horizontdicke von 30 Zentimetern (= 3 Dezimeter) ergibt sich ein Gehalt an Nitrat-Stickstoff (im Folgenden nur Stickstoff bzw. N genannt) von 70 Kilogramm pro Hektar.

Zur Ermittlung der Bodenfeuchte ist eine bestimmte Bodenmenge zu wiegen, dann vollständig zu trocknen (zum Beispiel in Ofen oder Mikrowelle) und wieder zu wiegen. Die Bodenfeuchte in Prozent errechnet sich aus dem Gewichtsverlust.

Bei der Rechnung zeigt sich, dass der Einfluss der Bodendichte auf den berechneten Stickstoff in Kilogramm N/ha relativ gering ist. Bei einem Messwert von 100 mg/l bewirkt eine Änderung von 0,1 g/cm³ nur einen Unterschied von zehn Kilogramm N/ha.

Dagegen hat die Bodenfeuchte einen höheren Einfluss. Unterschiedliche Bodenfeuchten erzeugen sehr unterschiedliche berechnete Nitratgehalte. So ergibt sich zum Beispiel bei einem gemessenen Wert von 100 mg/l bei einer Bodenfeuchte von null Prozent ein

Nitrat und Ammonium

Das Angebot an Mineralstickstoff im Boden, das den Pflanzen zur Verfügung steht, setzt sich aus Nitrat und Ammonium zusammen. Schnelltests messen nur den Stickstoff, der als Nitrat vorliegt, in Laboren wird auch der Ammonium-Stickstoff gemessen. In gemüsebaulich genutzten Böden ist die Bedeutung von Ammonium aufgrund der hohen pH-Werte jedoch gering und kann vernachlässigt werden. Eine Ausnahme hiervon ist die Ausbringung ammoniumhaltiger oder organischer Dünger. Dann können relevante Ammoniumgehalte im Boden vorliegen. Da diese Dünger jedoch erst nach der Bodenanalyse ausgebracht werden sollten, ist auch in diesen Fällen eine Messung des Ammoniumgehalts im Boden vorab nicht notwendig.

Nitrat ist leicht löslich und für Pflanzen daher sehr gut verfügbar. Da Nitrat im Boden kaum gespeichert wird, ist es auch sehr auswaschungsgefährdet – vor allem, wenn es im Überschuss im Boden vorliegt. Aufgrund dieser Eigenschaft ist Nitrat auch mit relativ geringem labortechnischem Aufwand analysierbar.

berechneter N-Wert von 95 Kilogramm N/ha. Bei einer Bodenfeuchte von 30 Prozent ergeben sich jedoch 176 Kilogramm N/ha.

Deshalb sollte die Bodenfeuchte, besonders bei sehr feuchten oder sehr trockenen Böden, unbedingt bestimmt werden. Bei mittlerer Bodenfeuchte kann auch ein Wert von 19 Prozent, so wie es zum Teil auch in Laboren gehandhabt wird, angenommen werden.

Länderspezifische Regelungen zu Nitrat-Schnelltests

.....

In den Bundesländern, die Nitrat-Schnelltests zugelassen haben, ist die Nachweispflicht bei Kontrollen unterschiedlich geregelt und es gibt diverse Einschränkungen. Hierzu ein paar Beispiele:

Nordrhein-Westfalen und Hamburg: Nitratschnelltests sind nur in Ausnahmefällen vorläufig zugelassen, zum Beispiel, wenn das Laborergebnis nicht rechtzeitig vorliegt oder bei zeitlich sehr dichter Kulturabfolge.

Die Messung und das Ergebnis müssen nach einem vorgegebenen Protokoll schriftlich dokumentiert werden.

Bayern: Nitratschnelltests sind generell im Gemüsebau vorläufig zugelassen.

Das Messgerät mit Teststreifen, den Gebrauchsanleitungen des Herstellers und der Landesbehörde sowie das Zubehör müssen vorzeigbar sein.

Die Messergebnisse sind mit Datum, Schlagbezeichnung und Unterschrift zu dokumentieren.

Rheinland-Pfalz:

Nitratschnelltests sind vorläufig zugelassen, sofern der Betrieb als Labor über die Aufsichts- und Dienstleistungsdirektion (ADD) anerkannt ist. Hierfür ist die Teilnahme an Ringversuchen notwendig.

Was ist zusätzlich zu beachten?

Die ersten eigenen Messungen im Betrieb sollten mit Laboranalysen verglichen werden. Dies sollte regelmäßig wiederholt werden.

Es sollte immer dieselbe Person mit gärtnerischer Ausbildung die Probe nehmen und den Schnelltest durchführen. Dadurch lassen sich Fehler, zum Beispiel bei der Aufbereitung

der Probe oder Kalibrierung der Teststreifen, vermeiden.

Nur eine sorgfältige Arbeitsweise gemäß den Anleitungen garantiert richtige Ergebnisse.

Die Werte müssen direkt nach der Probenahme gemessen werden! Eine Lagerung der Proben bei maximal vier Grad Celsius (zum Beispiel im Kühlschrank) für wenige Tage ist möglich.

Die Bodenproben müssen fachgerecht genommen und die Schnelltests müssen korrekt ausgeführt werden, um die genaue Düngedarfsermittlung mit ausreichender Stickstoffversorgung der Kultur zu gewährleisten. Sonst erfolgt ein „Blindflug“ bei Düngung und Ertrag!

Aus dem Modell- und Demonstrationsvorhaben

Im Teilprojekt Knoblauchsland/Bayern wurde ein Schnelltest auf Reflektometerbasis ausgiebig getestet. Der Vergleich von 180 Proben im MuD-Projekt zeigte eine gute Übereinstimmung der Nitratgehalte zwischen Schnelltest und Labormethode.

Die Messung dauert vom Einwiegen der Probe bis zum Ergebnis etwa 15 bis 20 Minuten. In dieser Zeit können mehrere Proben gleichzeitig gemessen werden, da jede Probe fünf Minuten geschüttelt und drei Minuten filtriert werden muss. Fügt man dem Wasser eine Messerspitze (1,5 Gramm) Calciumchlorid pro Liter zu, löst sich das Nitrat besser und die Filtration verläuft schneller.

Im klein strukturierten Knoblauchsland mit begrenzt verfügbaren Ackerflächen, häufig kleinen Anbausätzen und sehr schnellen Kulturabfolgen erwies sich der Schnelltest besonders vor Kopf-Düngungen und vor Düngung der zweiten Kultur als vorteilhaft; ebenso bei der schnellen Klärung möglicher Nährstoffmängel, zum Beispiel, ob ein Stickstoff- oder Schwefel-Mangel vorliegt oder ob eine Nitratauswaschung nach stärkeren Niederschlägen erfolgte.

Wie wird in Zukunft der Stickstoffgehalt gemessen?

Alle Methoden setzen eine fachgerechte Probenahme voraus und geben den Nitratgehalt des Bodens nur zum Zeitpunkt der Probenahme wieder. N_{\min} -Gehalte können sich jedoch je nach Bodeneigenschaften, Witterungsverlauf und Bodenbearbeitung schnell ändern. Methoden, mit denen Nitrat kontinuierlich und vor Ort bestimmt werden kann, sind jedoch derzeit nicht verfügbar. Allerdings sind solche Produkte in Entwicklung. Auch an weiteren Methoden, welche die Nitratbestimmung zum Beispiel mithilfe von Sensortechniken vereinfachen und beschleunigen sollen, wird geforscht. Da die bisherige Verfahrensweise der N_{\min} -Bestimmung zeitaufwendig ist und die Ergebnisse oft zeitverzögert vorliegen, sollte man die Entwicklung dieser Methoden im Blick behalten. An dieser Stelle sei allerdings erwähnt, dass neue Methoden zunächst validiert und zugelassen werden müssen, bevor sie zum Einsatz kommen können.



Abb. 18: Filtration

Ökonomische Betrachtung der Düngedarfsermittlung, Probenahme und Analyse

Dr. Sabine Ludwig-Ohm, Hanna Wildenhues und Dr. Hildegard Garming, Thünen-Institut für Betriebswirtschaft

Die Düngedarfsermittlung führt zu zusätzlichen Kosten in den Betrieben. Diese Kosten setzen sich aus der Probenahme, der N_{\min} -Analyse und der Ermittlung und Dokumentation des Düngedarfs zusammen. Sie sind zudem abhängig von den Vorgaben des Bundeslandes, regionalen Besonderheiten sowie den Betriebsstrukturen. Auch die Kosten der Bodenlabore und Dienstleistungsunternehmen variieren. In Tabelle 2 sind verschiedene Möglichkeiten einer Düngedarfsermittlung exemplarisch aufgelistet. Für eine N_{\min} -Analyse mit Nitratecheck fallen Kosten für Material und Arbeitszeit in Höhe von etwa vier Euro an, hinzu kommen Kosten für die Probenahme. Bei der Analyse durch ein Labor sind 20 Euro zuzüglich einer betrieblichen Arbeitszeit für die Auftragsvergabe kalkuliert. Dabei wurde davon ausgegangen, dass größere Schläge oft weiter entfernt liegen und daher eine längere Anfahrt benötigen. Für Probenahme, N_{\min} -Analyse und Düngedarfsermittlung ergeben sich Gesamtkosten zwischen 20 Euro für einen 0,5-ha-Schlag bei betriebsinterner Nitratecheck-Analyse und 48 Euro für einen Zwei-Hektar-Schlag bei externer Laboranalyse. Wird auch die Probenahme extern beauftragt, ergeben sich Kosten von 56 Euro. Diese Kosten sind exemplarisch und können in der Praxis abweichen.

Tab. 3: Kosten für Düngedarfsermittlung bei unterschiedlichen Analysemethoden

Schlaggröße ¹		Analyse durch Betrieb			Laboranalyse			Fremdauftrag
		0,5 ha	1 ha	2 ha	0,5 ha	1 ha	2 ha	
Probenahme	[Euro]	13	18	22	13	18	22	53
N _{min} -Analyse	[Euro]	4	4	4	23	23	23	
Dokumentation	[Euro]	3	3	3	3	3	3	3
Kosten DBE	[Euro]	20	25	29	39	44	48	56

Selbst durchgeführt

Extern beauftragt

¹ Je größer der Schlag, umso länger die Hof-Feld-Entfernung.

Flächen, die kleiner als 0,5 Hektar sind, können zu Bewirtschaftungseinheiten von bis zu zwei Hektar zusammengefasst werden, sofern sie im selben Zeitraum bepflanzt sind. Auf diesen werden dann beispielsweise N_{min}-Proben und DBE für Stark-, Mittel- und Schwachzehrer durchgeführt. Modellrechnungen haben ergeben, dass die Kosten damit gesenkt werden konnten. Allerdings fallen auch die Düngemittelsparungen bei zusammengefassten Flächen geringer aus.

Größere Betriebe können für die zusätzlichen Aufgaben und die Dokumentation Fachpersonal einstellen und betriebsangepasste Schlagkarteisysteme nutzen. Im Idealfall ist die Schlagkartei mit dem Bodenlabor verknüpft, sodass die Analysewerte direkt eingepflegt werden können. In kleinen und mittleren Betrieben ohne entsprechendes Fachpersonal ergeben sich zusätzliche Aufgaben für die Betriebsleitung, die neben den vielen anderen Managementaufgaben als weitere Belastung empfunden werden. Daher greifen diese Betriebe eventuell auf Dienstleister für die Bodenprobenahme zurück. Auf den Betrieb entfallen dann lediglich noch die Auftrags-

vergabe und die Durchführung der Düngedarfsermittlung. Die Beauftragung externer Dienstleistungen stellt die teuerste Variante der in Tabelle 3 dokumentierten Kosten dar. Sie kann sich aber dennoch rechnen, da während der Saison nur wenig Arbeitskapazität betriebsintern zur Verfügung steht und die Einweisung externer Probenehmer dagegen auch im Winter oder zu anderen weniger arbeitsintensiven Zeiten erfolgen kann.

In Anbaubetrieben mit kleinen und mittleren Betrieben können solche Leistungen auch von Beratungsinstitutionen erbracht werden. Die Anbauberatung im Knoblauchsland zeigt, dass die Betriebe durch eine solche Unterstützung deutlich entlastet werden.

Die Erfahrung aus den seit 2017 dokumentierten DBEs in den Betrieben hat gezeigt, dass die Bedarfswerte oft deutlich niedriger ausfallen als die zuvor betriebsüblich ausgebrachten Düngemittelmengen bzw. dass je nach Vorkultur und N_{min}-Bodenvorrat gar kein Dünger aufgebracht werden muss. Je größer der Unterschied zwischen früherer betriebsüblicher Düngung und dem ermit-

telten Düngbedarf ist, desto größer ist die Sorge bei den Betrieben, dass Ertrags- oder Qualitätseinbußen auftreten könnten. Eine sinnvolle Maßnahme kann es daher sein, die Düngemittelmengen auf mehrere Teilgaben aufzuteilen und zusätzliche N_{\min} -Proben durchzuführen, um das Kulturrisiko zu verringern. Dadurch entstehen zwar zusätzliche Kosten, denen jedoch Einsparungen durch geringere Düngemittelmengen und/oder geringere Arbeits- und Maschinenkosten gegenüberstehen können.

Einsparpotenziale

Im MuD-Projekt zeigte sich, dass in Betrieben, die sich schon vor der Novellierung der DüV 2017 intensiv mit der Düngung beschäftigt und Know-how im Umgang mit N_{\min} -Proben, Dokumentation etc. erworben haben, nur relativ geringe Zusatzkosten durch die seit 2017 verpflichtende Form der Düngbedarfsermittlung entstehen. Allerdings sind in diesen Betrieben auch die möglichen Düngemittel-einsparungen gering.

Demgegenüber sind in Betrieben, in denen zuvor nach Erfahrungswerten gedüngt wurde, durch vermehrte Düngbedarfsermittlungen teils erhebliche Einsparpotenziale zu verzeichnen.

In den Tabellen 4a und 4b sind beispielhaft für verschiedene Schlaggrößen und unterschiedliche Einsparpotenziale die Nettokos-

ten bzw. -ersparnisse von Düngbedarfsermittlung und N_{\min} -Analyse mit Nitracheck bzw. durch ein Bodenlabor dargestellt. Für Schlaggrößen, die kleiner als 0,5 Hektar sind, ergeben sich fast immer Mehrkosten. Wenn nur geringe Einsparungen (20 Kilogramm N/ha) erreicht werden, führt auch die Laboranalyse zu Mehrkosten. Nettoersparnisse ergeben sich erst bei größeren Schlägen. Für Ein-Hektar-Schläge sind immer höhere Düngereinsparungen erforderlich, um die Kosten für N_{\min} -Analyse und DBE auszugleichen, insbesondere wenn die teureren Laboranalysen durchgeführt werden.

Tipps zur Analyse mit dem Nitratschnelltest

- » Prüfen Sie, ob Schnelltests in Ihrem Bundesland zugelassen sind.
- » Gehen Sie sorgfältig nach der Anleitung vor.
- » Messen Sie direkt nach der Probenahme. Falls das nicht möglich ist, bewahren Sie die Proben bei vier Grad Celsius auf.
- » Vergleichen Sie die Schnelltestergebnisse regelmäßig mit Laborwerten.
- » Der Nitratschnelltest kann auch gut eingesetzt werden für zusätzliche Nitratproben vor Kopfdüngungen oder zur Klärung eines möglichen Nährstoffmangels.

Tab. 4a: Nettokosten bzw. -ersparnis durch DBE mit N_{\min} -Probe mit Nitracheck für verschiedene Schlaggrößen und unterschiedliche Einsparpotenziale

Nettokosten/-ersparnis [Euro/ha]					
Ø N-Einsparungen [kg N/ha] \ Ø Schlaggröße	0,4 ha	1 ha	2 ha	3 ha	
20	-34	-9	1	6	
40	-18	6	17	22	
60	-3	22	32	37	

Quelle: KTBL (2019a), eigene Berechnungen.

Tab. 4b: Nettokosten bzw. -ersparnis durch DBE mit N_{\min} -Probe mit Laboranalyse für verschiedene Schlaggrößen und unterschiedliche Einsparpotenziale

Nettokosten/-ersparnis [Euro/ha]					
Ø N-Einsparungen [kg N/ha] \ Ø Schlaggröße	0,4 ha	1 ha	2 ha	3 ha	
20	-82	-28	-8	-0	
40	-66	-13	7	15	
60	-50	3	23	31	

Quelle: KTBL (2019a), eigene Berechnungen.

Ausbringungstechnik und -methoden

Sarah Françoise Meyer, Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen

Um eine gute Versorgung der Pflanzen zu gewährleisten und Auswaschungen zu vermeiden, muss die notwendige Düngemenge nicht nur möglichst exakt bestimmt, sondern auch gleichmäßig verteilt werden. Dazu ist eine geeignete Technik notwendig.

Bei veralteten Schleuderstreuern ohne Grenzstreueinrichtung oder falsch eingestellten Düngerstreuern zum Beispiel besteht die Gefahr, dass Dünger auf Fahrgassen und über den Feldrand hinaus auf Wirtschaftswegen verteilt wird. Auf diesen Flächen wird Stickstoff nicht von Pflanzen aufgenommen und durch Niederschläge und Bewässerung schnell ins Grundwasser ausgewaschen.

Außerdem kann die ungleichmäßige Düngerverteilung zu ungleichmäßigen Beständen führen, die auch in der weiteren Bearbeitung schwieriger zu behandeln sind und ungleiche Erntequalitäten zur Folge haben können. Bei alten Geräten ist es jedoch oft kompliziert und zeitaufwendig, die auszubringende Düngermenge exakt einzustellen.

Moderne Technik

.....

Eine Investition in moderne Düngerstreuer oder ein Umbau vorhandener Geräte führen in vielen Fällen dazu, dass die eingesetzte Düngermenge erheblich reduziert werden kann. Für Betriebe, die alte Schleuderstreuer

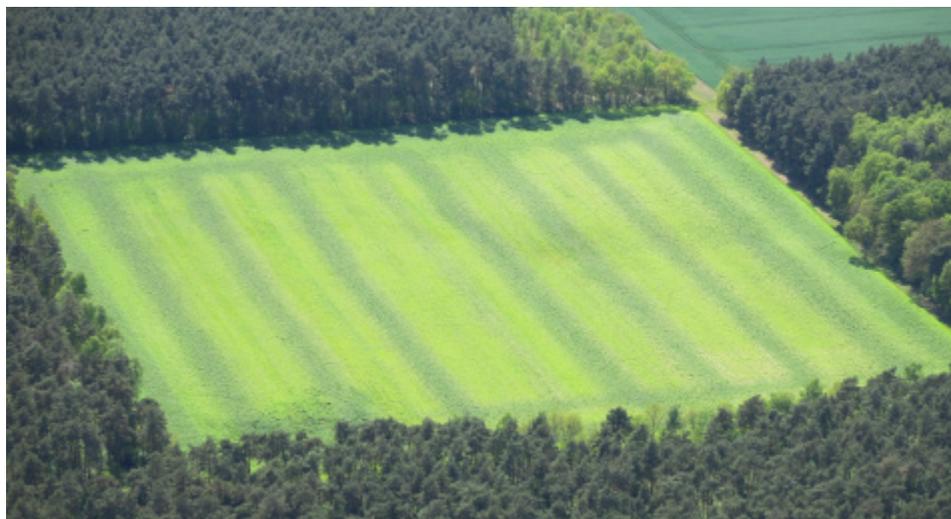


Abb. 19: Uneinheitlicher Bestand wegen ungleichmäßiger Düngerverteilung

für sämtliche Kulturen (inkl. Beetkulturen) einsetzen, ergibt sich ein Einsparpotenzial von bis zu 20 Prozent. Durch Einbau einer GPS-Steuerung im Schlepper können Überlappungen reduziert werden. Dies lohnt sich vor allem für Betriebe mit großen Schlägen.

In Betrieben mit Beetkulturen (insbesondere Salat und Kräuter) werden schon jetzt meistens Kastendüngerstreuer verwendet, die Fahrgassen aussparen. Gegenüber Schleuderstreuern haben sie allerdings eine geringere Schlagkraft. Dennoch können sie wirtschaftlich eingesetzt werden, wenn sie in Kombination mit anderen Geräten bei derselben Überfahrt verwendet werden.

Auch wenn sich eine Kultur nicht für den Einsatz eines Kastendüngerstreuers eignet, zum Beispiel im Blumenkohlanbau, gibt es einige Tipps, mit denen der Einsatz des Schleuderstreuers effizienter wird:

Streutabelle

Bei modernen Schleuderstreuern ist die Änderung der Ausbringungsmenge unkompliziert und zeitsparend möglich. Man gibt lediglich Düngerart, Zapfwellengeschwindigkeit beziehungsweise Fahrgeschwindigkeit und gewünschte Ausbringungsmenge über die Bedieneinheit ein. Aber auch bei älteren Modellen ist die Änderung der Ausbringungsmenge eigentlich nicht schwer. Oft scheitert es daran, dass notwendige Angaben nicht greifbar sind, sondern im Büro aufbewahrt werden. Eine aktuelle Streutabelle sollte sich daher immer auf dem Schlepper befinden, am besten laminiert, damit sie vor Feuchtigkeit geschützt ist. Angaben für nicht standardmäßig hinterlegten Dünger können bei Einsendung einer Probe vom Hersteller des

Düngerstreuers schnell nachgeliefert werden. Der Düngerstreuer sollte zudem alle drei Jahre gewartet und geprüft werden, um eine gute Verteilgenauigkeit sicherzustellen.

Reihendüngung und Unterfußdüngung

Noch gezielter als mit einem Kastendüngerstreuer kann der Dünger über eine Reihendüngung oder eine Unterfußdüngung ausgebracht werden. Bei der Reihendüngung wird der Dünger direkt in den Pflanzreihen, bei der Unterfußdüngung unter den Pflanzen ausgebracht. Versuche dazu werden derzeit an öffentlichen Versuchsanstalten und in Praxisbetrieben durchgeführt. Schwerpunkt sind dabei Kopf- und Blumenkohlkulturen. Bisher gibt es jedoch noch keine eindeutigen Aussagen, ob dadurch Dünger einspart werden kann. Erste Versuche auf einem Modellbetrieb zeigten bei Salat keine Unterschiede zwischen Kastendüngerstreuer und Unterfußdüngung.

Pneumatische Düngerstreuer

Sehr sinnvoll ist der Einsatz pneumatischer Düngerstreuer im Gemüsebau. Diese funktionieren sehr präzise und lassen sich im Prinzip in allen Kulturen einsetzen. Ähnlich wie bei Pflanzenschutzgeräten lassen sich Teilbreiten gezielt abstellen. Allerdings werden pneumatische Düngerstreuer in einer für den Gemüsebau geeigneten kompakten Breite bisher, abgesehen von Prototypen, noch nicht angeboten. In näherer Zukunft ist jedoch damit zu rechnen, dass auch für kleinere und mittelgroße Betriebe im Gemüsebau taugliche Pneumatikstreuer zur Verfügung stehen.



Abb. 20: Pneumatischer Düngestreuer im Versuchsbetrieb

Ökonomische Betrachtung unterschiedlicher Methoden der Düngerausbringung

*Dr. Sabine Ludwig-Ohm, Hanna Wildenhues
und Dr. Hildegard Garming, Thünen-Institut
für Betriebswirtschaft*

Mit einer höheren Verteilgenauigkeit bei der Düngemittelausbringung reichen geringere Mengen an Düngemitteln aus, um die Pflanzen optimal mit Stickstoff zu versorgen. Geringere Mengen an Düngemitteln in Fahrgassen etc. bedeuten auch geringere Mengen Stickstoff, die in die Umwelt gelangen. Um diese Effizienzsteigerung durch eine verbesserte Düngetechnik ökonomisch bewerten zu können, wird im Folgenden die Düngemittelausbringung mit Anbauschleuderstreuer mit der eines Kastenstreuers mit Reihenstreuung verglichen.

In den im Rahmen des MuD untersuchten Regionen konnten für die Düngemittelausbringung mit dem Kastenstreuer je nach Anbausystem Düngereinsparungen von bis zu 20 Prozent ermittelt werden. Demgegenüber stehen höhere Anschaffungsausgaben und höhere Arbeits- und Maschinenzeiten. Wichtig ist in diesem Zusammenhang auch die korrekte Dokumentation: Bei der Düngung mit Kastendüngerstreuer entspricht die gedüngte Fläche nicht der Größe des gesamten Schlags, die ausgebrachte Menge auf einem einen Hektar großen Schlag ist daher niedriger als die am Gerät eingestellte Ausbringmenge pro Hektar.

Zum Vergleich der Düngerausbringung mit Schleuder- oder Kastenstreuer werden die Arbeiterledigungskosten (Arbeits- und Maschinenkosten) herangezogen. In diesem Fall werden auch die fixen Maschinenkosten einbezogen, da die Frage beantwortet werden

Aus dem Modell- und Demonstrationsvorhaben

Arbeitsgänge kombinieren

Im Rahmen des MuD-Projektes hat ein Betrieb gute Erfahrungen damit gemacht, die Reihendüngung von Porree mit Kalkstickstoff mit einem Schuffelgang zu kombinieren. Dadurch werden auch mögliche Verbrennungen, die bei Überkopfdüngung auftreten können, vermieden.

In einem anderen Betrieb wird im Blumenkohl das Hacken mit einer Reihendüngung kombiniert. Hacken ist allgemein eine sinnvolle Maßnahme, um den Stickstoff im Boden zu mobilisieren. Gerade in heißen, trockenen Sommern bringt ein Hackdurchgang einen ins Stocken geratenen Pflanzenbestand eher wieder ins Wachsen als eine Nachdüngung, da der Dünger unter diesen Bedingungen schlecht verfügbar ist.

In einem Modellbetrieb wurde ein Kastendüngerstreuer vor die Pflanzmaschine direkt hinter dem Schlepper angebaut. Dadurch ist keine zusätzliche Überfahrt mehr für die Düngung nötig. Der Düngerstreuer wird in diesem Betrieb bei Salat, Petersilie, Dill und Koriander eingesetzt. Der Dünger liegt nach dem Arbeitsgang neben der Pflanzreihe auf der Oberfläche. Auch bei

Aussaaten kann die Düngung im selben Arbeitsgang umgesetzt werden, dazu wird der Kastendüngerstreuer vor der Saatmaschine eingebaut. Auch ohne Einarbeitung war die Verfügbarkeit des Düngers selbst in trockenen Jahren unproblematisch, obwohl der Betrieb eher knapp berechnete. Gelegentlich kam es zu Verstopfungen im Düngerstreuer. Dieses Problem konnte durch den vermehrten Einsatz von Kalkammonsalpeter anstelle von NPK-Düngern gelöst werden.

In einem anderen Modellbetrieb wurde die Düngung in den Arbeitsgang des Beetfräsens integriert. Dazu wurde der Kastendüngerstreuer vor dem Schlepper angebaut, wodurch der Dünger gleich in den Boden eingearbeitet wurde.



Abb. 21: Kastendüngerstreuer vor Pflanzmaschine



Abb. 22: Anbau des Kastendüngerstreuers vor dem Schlepper, kombinierbar mit Beetfräse oder anderen Geräten hinter dem Schlepper

soll, in welche Düngetechnik investiert werden soll.

Die Arbeiterledigungskosten werden den Düngemittleinsparungen gegenübergestellt, die durch eine exaktere Dosierung und Verfeinerung erreicht werden können.

In Tabelle 5 sind für unterschiedlich hohe Ausbringungsmengen die Arbeiterledigungskosten von Anbauschleuderstreuern und Kastenstreuern mit Reihenstreuerrichtung aufgelistet und die dazugehörigen Arbeitszeiten ausgewiesen. Kastenstreuer können nicht nur einzeln, sondern auch in Kombination mit anderen Arbeitsgeräten wie Beetfräsen oder Pflanzmaschinen verwendet werden. In diesen Fällen ist keine zusätzliche Feldüberfahrt für die Düngung erforderlich. Auch diese Variante ist in der Tabelle dargestellt.

Tab. 5: Kosten und Nutzen der Düngemittelausbringung mit Anbauschleuderstreuer und Kastenstreuer mit Reihenstreffunktion

		Kastenstreuer			Kastenstreuer			Kastenstreuer		
		Schleuderstreuer	Kastenstreuer		Schleuderstreuer	Kastenstreuer		Schleuderstreuer	Kastenstreuer	
			Einzel-fahrt	mit weite-rem Gerät ¹		Einzel-fahrt	mit weite-rem Gerät ¹		Einzel-fahrt	mit weite-rem Gerät ¹
Ausbringungsmenge pro Düngevorgang		75 kg N/ha			100 kg N/ha			150 kg N/ha		
Zeitbedarf	[h/ha]	0,18	2,18	0,04	0,18	2,29	0,04	0,22	2,40	0,05
Arbeits-erledigungs-akosten ²	[Euro/ha]	6,33	69,17	4,17	6,33	73,78	5,49	8,27	78,34	6,82
Düngemittleinsparungen bei Ausbringung mit Kastenstreuer										
10 %	[Euro/ha]		5,83			7,78			11,67	
15 %	[Euro/ha]		8,75			11,67			17,50	
20 %	[Euro/ha]		11,67			15,56			23,33	

Quelle: KTBL (2017, 2019b), eigene Berechnungen.

¹ zum Beispiel Saat- oder Pflanzmaschine

² fixe und variable Arbeits- und Maschinenkosten

Hohe Ausbringungsmengen pro Düngegang erfordern Maschinen mit höheren Leistungsdaten und verursachen höhere Kosten. Daher steigen mit zunehmender Ausbringungsmenge die Arbeiterledigungskosten pro Düngegang. Bei der Anschaffung eines bestimmten Maschinentyps sollte die benötigte Düngemittelmenge der angebauten Kulturen berücksichtigt werden, denn bei unterdimensionierten Maschinen können weitere Arbeitsschritte und damit Kosten entstehen.

Die Arbeits- und Maschinenzeiten bei einer Ausbringung mit dem Kastenstreuer liegen um mehr als das Zehnfache höher als bei einer Ausbringung mit dem Schleuderstreuer (KTBL 2017). Die höheren Kosten lassen sich nicht durch entsprechende Düngemittelsparungen auffangen.

Erfolgt die Düngung jedoch gleichzeitig mit einem weiteren Arbeitsgang, entfällt eine Überfahrt. In diesen Fällen sind nur die zusätzlichen Kosten für das Befüllen des Kastenstreuers und die Maschinenkosten für den Kastenstreuer zu berücksichtigen. Diese Kosten sind geringer als diejenigen für eine Ausbringung mit dem Schleuderstreuer, sodass sich für das in Tabelle 5 dargestellte Beispiel in Abhängigkeit von der Ausbringungsmenge und dem Einsparniveau ein Nettonutzen zwischen acht und 25 Euro pro Hektar ergibt.

(Nettonutzen bei Ausbringung von 75 kg N/ha und 10 % Düngemittelsparung:
 $(6,33 - 4,17) + 5,83 = 7,99$ €/ha, bei 150 kg N/ha und 20 % Düngemittelsparung:
 $(8,27 - 6,82) + 23,33 = 24,78$ Euro/ha)

Rechtlich ist der ermittelte Düngebedarf die Höchstgrenze für die erlaubte Düngermenge, unabhängig davon, ob diese Düngermenge genau verteilt oder durch Verluste auf Fahrgassen und Wegen gemindert wird. Um Mangelerscheinungen an den Pflanzen und dadurch bedingte Ertragsverluste zu vermeiden, kann daher die Investition in eine bessere Verteiltechnik sinnvoll sein, weil die Effizienz des angewendeten Stickstoffs erhöht werden kann.

Bei einer Einzelfahrt mit dem Kastenstreuer ergeben sich immer Mehrkosten. Diese können auf die damit eingesparte Stickstoffmenge bezogen werden. Abbildung 23 zeigt, dass diese Kosten umso geringer ausfallen, je mehr Stickstoff mit dem Düngegang eingespart werden kann.

Der beim Einsatz des Kastenstreuers durch die bessere Verteilgenauigkeit eingesparte Stickstoff steht zu einem späteren Zeitpunkt noch zur Verfügung. Diese Option, den eingesparten Stickstoff später, zum Beispiel nach einem Starkregenereignis, nutzen zu können, kostet zwischen 1,60 und 7,60 Euro je Kilogramm. Dies ist quasi der Preis für eine zusätzliche Flexibilität in der Düngung.

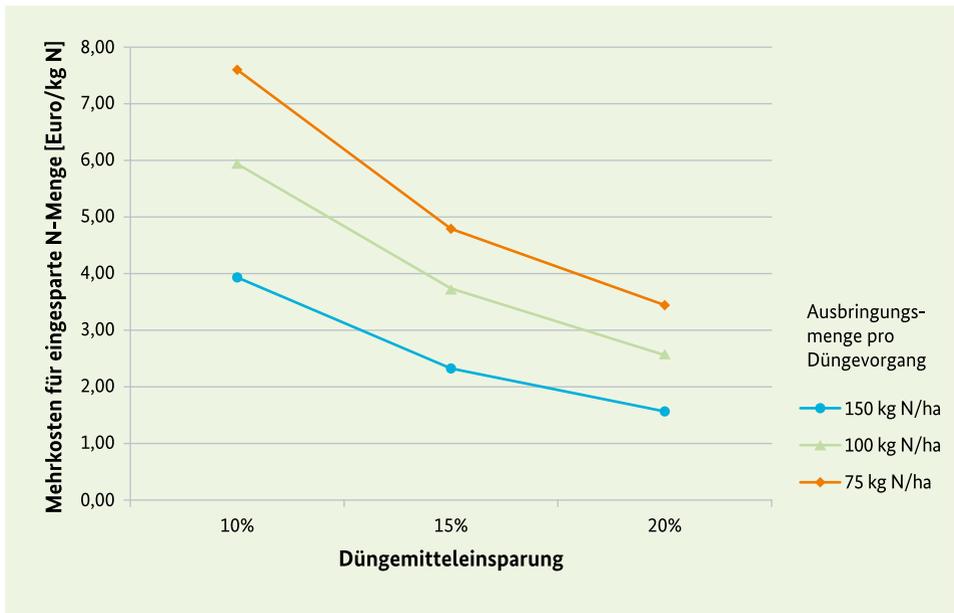


Abb. 23: Mehrkosten beim Einsatz eines Kastenstreuers im Vergleich zu einem Schleuderstreuer in Bezug zur eingesparten N-Menge

Quelle: KTBL (2017), eigene Berechnungen.

Tipps zur Ausbringungstechnik

- » Düngung mit weiteren Arbeitsgängen kombinieren
- » Düngertabelle immer zur Hand haben (auf dem Schlepper)
- » Digitale Technik nutzen (ISOBUS, GPS)
- » Düngerstreuer regelmäßig warten
- » Kastendüngerstreuer einsetzen, besonders in Beetkulturen
- » Moderne Düngerstreuer mit hoher Verteilgenauigkeit und leichter Bedienung einsetzen
- » Boden bewegen statt nachdüngen (Hacken oder Schuffeln)

Düngemanagement

Joachim Ziegler, Esther Paladey und Philipp Heid, Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinpfalz, Sarah Françoise Meyer, Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen

Nährstoffbedarf und -verfügbarkeit

Das Nährstoffversorgungs- und Düngemanagement im Gemüsebau ist wegen seiner Vielfalt an Kulturen, Angebotsformen, Anbauertminen und Wachstumsdauer, Durchwurzelungstiefen und Kulturfolgen anspruchsvoll und aufwendig in der praktischen Umsetzung. Bei dem mitunter schnellen Zuwachs steigt auch der Nährstoffbedarf sprunghaft an, sodass auch eine bis dato ausreichende Nährstoffversorgung direkt in einen Mangel wechseln kann.

Dazu kommen sehr hohe Anforderungen an die äußere Produktqualität wie Farbe, Größe, Gleichmäßigkeit, Frische und Haltbarkeit. Diese werden von Handel und Endverbrauchenden auch für Freilandzeugnisse stets vorausgesetzt. Abweichungen von den allgemeinen Handelsnormen werden nur in Ausnahmefällen, zum Beispiel bei unzureichender Marktversorgungslage, akzeptiert.

Um diese Handelsqualitäten zu erfüllen, muss den Gemüsepflanzen ein optimiertes Nährstoffangebot im Boden zur Verfügung stehen. Ungünstige Bedingungen können die Nährstoffaufnahme jedoch beeinträchtigen. Kritische Bodentemperaturen, Trocken-

heit, Nässe und Bodenverdichtungen sowie Nährstoffblockierungen oder -antagonismen erschweren die Nährstoffaufnahme. So reduziert zum Beispiel ein Überangebot von Kalium oder Phosphat die Calciumaufnahme. Nicht zuletzt, um eine gute Nährstoffverfügbarkeit zu gewährleisten, benötigt eine Mehrzahl der Gemüsekulturen und -standorte eine zusätzliche Wasserversorgung.

Grundnährstoffversorgung

Die Kontrolle der Grundnährstoffversorgung erfolgt verpflichtend gemäß aktueller Düngeverordnung durch eine Bodenanalyse nach LUFA-Methode auf Phosphat (P). Diese wird standardmäßig ergänzt durch Angaben zu Bodenart, pH, C_{org} , K, Mg sowie B. Der Untersuchungszyklus beträgt zirka drei bis maximal sechs Jahre. Wegen häufiger Kultur- und Flächenwechsel werden im Gemüsebau von der Fachberatung auch kürzere Untersuchungszyklen von ein bis zwei Jahren empfohlen. Die Probenahmetiefe liegt standardmäßig bei null bis 30 Zentimetern, bei mehrjährigen, tief wurzelnden Dauerkulturen wie Rhabarber und Spargel wird empfohlen, vor der Pflanzung auch die Schicht von 30 bis 60 Zentimetern zu untersuchen. Für die gezielte Düngebedarfsermittlung und -planung müssen diese Analysen schlagbezogen stets zur Verfügung stehen.

14 essenzielle Makro- und Mikronährstoffe werden von Nutzpflanzen direkt oder indirekt

für das Wachstum und die Vermehrung benötigt. Ein erheblicher Teil dieser Nährelemente ist in fruchtbaren Gemüseböden ausreichend bis sehr gut verfügbar und muss nicht im vollen Umfang gedüngt werden. Im besonderen Maße gilt dies für Anbauregionen mit regelmäßiger Ausbringung von Wirtschaftsdüngern (Gülle, Stallmist) oder Kompost.

Der pH-Wert ist die zentrale Steuerungsgröße für die Verfügbarkeit der Makroelemente P (Phosphat, pH-Ziel: 6,5 bis 7,0) und Mg (Magnesium, pH-Ziel: > 6,0) sowie der Mikro-nährelemente Eisen, Bor, Mangan, Kupfer, Zink und Molybdän. Mit Ausnahme von Molybdän reagieren diese bei sinkendem pH-Wert mit einer höheren Freisetzung mobiler

Aufnahmeformen (siehe Abbildung 24). Sinkt der pH-Wert unter 5,5, kann es bei einigen Kulturen zu Toxizitätssymptomen durch überhöhte Aufnahme von Schwermetallionen kommen. Dies betrifft mit abnehmender Tendenz insbesondere Mangan, Zink, Kupfer und Eisen. Auf Sand- und lehmigen Sandböden – und da besonders in Bodensenken – kann es nach Starkregen zu erheblichen Kalkverlusten kommen. Durch teilflächenspezifische Bodenanalysen und Kalkdüngung kann die gleichmäßige Nährstoffverfügbarkeit wiederhergestellt werden. Auch wenn einzelne Nährstoffe auf der Fläche ungleich verteilt sind, kann deren gezielte Nachdüngung auf Teilbereichen sinnvoll sein.

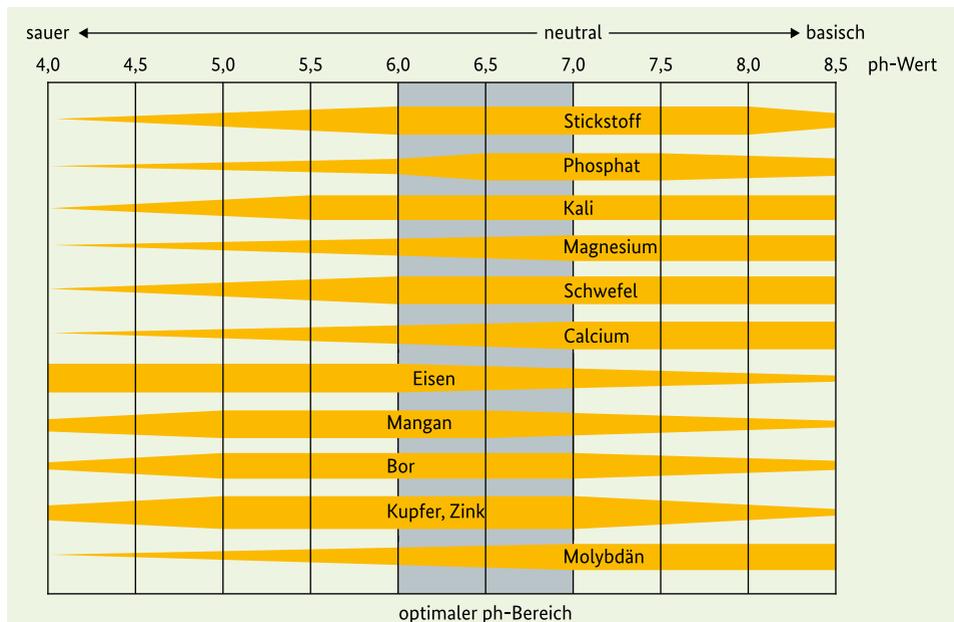


Abb. 24: Beziehung zwischen Boden-pH-Wert und Verfügbarkeit von Pflanzennährstoffen

Quelle: Bundesministerium für die Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Wien (Hrsg.) (2008): Richtlinien für die sachgerechte Düngung im Garten- und Feldgemüsebau. 3. Auflage

Pflanzenanalyse als Ergänzung zur Bodenanalyse

Akuter Nährstoffmangel im Gemüsebau ist eher selten, physiologisch in der Pflanze nicht optimal ausbalancierte Nährstoffgehalte sind

dagegen häufiger. Letzteres ist weniger mit der klassischen Bodenanalyse, sondern zielgenauer durch Pflanzenanalysen nachweisbar.

	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Si	Na	B	Mn	Cu	Zn	Mo
N		+	+	+	+									
P	+			!			!				!		!	
K	+			-	-				-					
Ca	+	!	-		-		-		-	!	!	!	!	
Mg	+	!	-	-					-					
S														
Fe		!		-							-	-	-	
Si						-								
Na			-	-	-									
B				!										
Mn				!			-						-	
Cu				!			-							-
Zn				!			-							
Mo	+											-		

+ Synergismus - Antagonismus ! Blockierung

Quelle: Niederhäuser, R., in: Bundesministerium für die Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Wien (2006): Richtlinien für die sachgerechte Düngung im Obstbau

Erläuterungen:

Synergismus: Ein Nährstoff steigert die Verfügbarkeit eines anderen Nährstoffs im Boden, fördert seine Aufnahme in die Pflanze oder seine Funktion im Stoffwechsel der Pflanze.

Antagonismus/Blockierung: Ein Nährstoff reduziert die Verfügbarkeit eines anderen Nährstoffs im Boden, hemmt oder verhindert die Aufnahme in die Pflanze oder seine Funktion im Stoffwechsel der Pflanze. Dabei wirkt eine Blockierung stärker als ein Antagonismus.

Abb. 25: Wechselbeziehungen der Pflanzennährstoffe

Tab. 6: Phosphatverfügbarkeit in Abhängigkeit von Boden-pH-Wert und Bodentemperatur

Boden-pH	Effekt der Bodentemperatur auf die relative Verfügbarkeit des Phosphors im Boden			
	13 °C	16 °C	18 °C	21 °C
5,0	7 %	10 %	17 %	23 %
6,0	14 %	20 %	34 %	46 %
6,5	29 %	40 %	67 %	92 %
7,0	31 %	43 %	73 %	100 %

Quelle: Phytosolution, Freyburg

Pflanzenanalyse und Blattdüngung richtig anwenden

Spätestens bei unklaren, nicht parasitären Schadsymptomen im Pflanzenbestand sollte die Pflanzenanalyse eingesetzt werden. Am besten ist es, symptomatische und symptomfreie Pflanzen aus dem gleichen Feld untersuchen zu lassen. Nicht jeder auf den ersten Blick im Feld beobachtete, vermeintlich typische Stickstoffmangel ist auch einer. Stickstoffmangel äußert sich bei vielen Kulturen durch chlorotische Blattaufhellungen, beginnend an den älteren Blättern, sowie reduzierten Aufwuchs. Visuelle Verwechslungen können je nach Kultur zum Beispiel mit Schwefelmangel vorkommen.

Die Schwefelaufnahmeform ist das Sulfat-Anion (SO_4^{2-}), das ähnlich wie Nitrat im Boden sehr beweglich ist. Der jährliche Eintrag an industriell verursachten Schwefelimmismissionen ist drastisch zurückgegangen, von über 40 Kilogramm S/ha im Jahre 1970 auf aktuell nur noch fünf Kilogramm S/ha.

Mit Schwefelmangel ist daher in Zukunft häufiger zu rechnen, vor allem bei Kulturen

mit besonders hohem Schwefelbedarf. Der Bedarf an Schwefel liegt zum Beispiel bei Kreuzblütlern höher als bei Leguminosen, der von Gemüse liegt höher als der von Getreide. Kritische Standorte und Bedingungen sind Sandböden und hohe Winterniederschläge mit hoher SchwefelAuswaschung, im Gemüsebau kritisch zu sehen ist die Verwendung von schwefelfreien bzw. -armen Düngemitteln. Besonders Bund- und Speisezwiebel zählen zu den besonders schwefelbedürftigen Kulturen, sie reagieren bereits bei leichtem Mangel mit Symptomen.

Pflanzenanalysen werden in darauf spezialisierten Laboren durchgeführt. Probenahme, Versand und Analyse sollten schnell erfolgen, sodass das Ergebnis innerhalb von drei bis fünf Tagen vorliegt. Um eine Unterversorgung möglichst schnell zu beheben, bietet sich eine Blattdüngung an. Mit einer Blattdüngung können Mangelerscheinungen schnell und effizient behoben werden, wenn folgende Punkte beachtet werden: Nach der Applikation müssen die Blätter über einen längeren Zeitraum feucht bleiben, auch Schattenblätter müssen gut benetzt sein, da die Aufnahme durch die Cuticula und über die Stomata erfolgt. Die Anwendung sollte mehr-

Institut für Agrar- und Umweltanalytik

Akkreditiertes Agrarlabor für die Untersuchungen von Böden- Pflanzenteilen- Substraten



Auftraggeber: Mustermann

Probenahmedatum: XXXXX

Probenehmer: Auftraggeber

Probeneingang:

Bearbeitungszeitraum: bis

Berichtsdatum:

Auftrags-/ Labor-Nr.:

Probenbezeichnung: Zwiebeln

Schlag

ExtPrNr

Prüfbericht

Element	Einheit	min*	max*	Ist-Wert	Einschätzung des Ernährungszustandes				
					A	B	C	D	E
Stickstoff	% TS	2,00	3,00	4,85					
Calcium	% TS	0,60	1,50	1,51					
Phosphor	% TS	0,25	0,40	0,19					
Kalium	% TS	2,50	3,00	3,26					
Magnesium	% TS	0,25	0,50	0,17					
Natrium	% TS	0,01	2,00	0,02					
Schwefel	% TS	0,50	1,00	0,55					
Bor	ppm	30	50	15,9					
Mangan	ppm	40	100	143,8					
Kupfer	ppm	7,0	15,0	6,3					
Zink	ppm	20	70	15,0					
Eisen	ppm	60	300	272,4					
Molybdän	ppm	0,15	0,30	0,8					

A:	mangelernährter Bereich	
B:	latent mangelernährter Bereich	
C:	ausreichend, anzustreben	
D:	latent übersorgter Bereich	
E:	übersorgter Bereich	

*min. Grenzwert nach Rosen und Eliason, Bergmann, eigene Grenzwerte

*max. Grenzwert nach Rosen und Eliason, Bergmann, eigene Grenzwerte

k.M. = kleiner Messgrenze

Analysenmethoden: Gesamt-N nach VDLUFA Methodenbuch II, 3.5.2.7

Mikro- und Makronährstoffe nach VDLUFA Methodenbuch VII. 2.2.2.6, 2. Teilfg.2003

Abb. 26: Ergebnis einer Pflanzenanalyse zur Diagnose des Ernährungszustandes bei Zwiebel

Quelle: Werner Bannach, Institut für Agrar- und Umweltanalytik, Freyburg

mals erfolgen, es sollten flüssige Produkte mit an Komplexbildner gebundenen Nährstoffen verwendet werden.

Wie bei Bodenanalysen auch stehen bei der Pflanzenanalyse für die meisten Gemüsearten entsprechende Orientierungswerte für Mangel- und Zielbereiche zur Verfügung. Die Einteilung reicht von A und B für den Mangel über C als Zielbereich bis D und E für Überversorgung (siehe Abbildung 26). Als Minimalziel sollten die Bereiche A und E vermieden werden. Im Gemüsebau häufig belegt sind Nährstoffdefizite bei Phosphat, Schwefel und Bor, aber auch bei Magnesium, Zink und Mangan.



Abb. 27: Schlottenfarbe von Bundzwiebeln mit (links, dunkelgrün) und ohne S-Düngung (rechts, partiell hellgrün)

Düngemittelauswahl

Für die Bodendüngung im Gemüsebau stehen vor allem feste, industrielle Mineraldünger in Form von Einzel- und Mehrnährstoffdünger im Vordergrund. Ihre Anwendung ist gut planbar, sie sind leicht zu lagern und verursachen wenig Arbeitsaufwand und Kosten. In Regionen mit Düngermischanlagen in Betriebsnähe verwenden zunehmend mehr Betriebe auf die jeweilige Bodensituation, Kultur und Vegetationszeit abgestimmte Mischungen. Diese werden möglichst direkt nach dem Mischvorgang ausgebracht, um die Probleme der Entmischung unterschiedlicher Korngrößen so gering wie möglich zu halten. Das beste Mittel gegen Entmischungen sind gleiche Korngrößenverteilungen der Mischkomponenten. Sonst kann es bei der Ausbringung zu einer ungleichmäßigen Verteilung auf dem Feld kommen, insbesondere, wenn schlechte äußere Bedingungen wie Seitenwind hinzukommen.

Insbesondere bei Phosphat ist eine gleichmäßige Ausbringung wichtig, da sich die Phosphatmobilität in der Bodenlösung auf wenige Millimeter beschränkt.

Bei Säukulturen wie Radies, Feldsalat, Bundzwiebeln oder Babyleaf-Salaten ohne Schutzbedeckung mit Vlies, Schattier- oder Insektennetzen ist eine Stickstoffdüngung erst bei Feldaufgang nötig. Erst wenn die Keimblätter voll entwickelt sind, wird gedüngt. Dabei ist nach einer Kopfdüngung eine sorgfältige Beregnung wichtig, um Salzsäden an den jungen Pflanzen zu vermeiden. Wenn dafür keine ausreichende Bewässerungstechnik oder -kapazität zur Verfügung steht, sollten auch diese Kulturen vor Feldaufgang gedüngt

werden. Die Kombination von Kastendüngerstreuer und Saatmaschine in einem Arbeitsgang ist hier eine gute Möglichkeit zur präzisen Düngung.

Stickstoffdünger mit Nitrifikationshemmstoff

Durch Stickstoffdünger mit Nitrifikationshemmstoff (zum Beispiel DMPP) kann die Stickstofffreisetzung besser an den Bedarf der Gemüsepflanzen angepasst werden. Der Hemmstoff verlangsamt die mikrobielle Umwandlung von Ammoniumstickstoff ($\text{NH}_4\text{-N}$) zu Nitratstickstoff ($\text{NO}_3\text{-N}$), besonders bei kühleren Temperaturen, wenn das Pflanzenwachstum ohnehin gebremst ist. Dabei liegt der Stickstoff in kühleren Phasen vermehrt als Ammoniumstickstoff vor und wird dadurch weniger leicht ausgewaschen. Besonders für Kulturen mit späten Ernteterminen wie Feldsalat ist der Einsatz sinnvoll, um im Spätherbst sowohl eine ausreichende Stickstoffversorgung zu gewährleisten als auch Auswaschungen zu minimieren.

Bei frühen Kulturen besteht dagegen die Gefahr, dass das Nitrat aus DMPP-haltigen Düngern für Sämlinge oder Jungpflanzen nicht in ausreichender Menge zur Verfügung steht. Ihre Entwicklung kann durch den ausschließlichen Einsatz dieser Düngemittel verzögert werden. Für frühe Kulturen hat sich daher eine Mischung aus DMPP-freien Mehrnährstoffdüngern mit DMPP-haltigen Düngern im Verhältnis zwei zu eins bewährt. Je leichter die Bodenart – und damit je früher sich der Boden erwärmt –, umso früher kann der Einsatz von DMPP-haltigen Düngern in Betracht gezogen werden.

Kalkstickstoff

Kalkstickstoff ist wie ein stabilisierter Dünger zu werten. Beim Umbau entsteht Dicyandiamid, ein Nitrifikationshemmer. Der im Kalkstickstoff enthaltene Kalk ist schnell wirksam, stabilisiert die Bodenstruktur und beugt der Verschlammung vor. Zudem hat Kalkstickstoff desinfizierende Eigenschaften und beugt damit bodenbürtigen Krankheiten wie Kohlhernie, Sklerotinia, Verticillium und Fusarium vor. Auch im Boden vorkommende Schädlinge wie Nacktschnecken und Drahtwürmer werden dezimiert. Darüber hinaus hat er eine herbizide Nebenwirkung. Für die meisten Gemüsekulturen wird zur Mitausnutzung der herbiziden Wirkung ein Einsatz zehn bis 14 Tage vor der Pflanzung bzw. acht bis 14 Tage nach Pflanzung mit einer Aufwandmenge von zwei bis vier dt/ha empfohlen, was einer Düngegabe von 40 bis 80 Kilogramm N/ha entspricht. Die Kultur muss deshalb einen entsprechenden N-Bedarf aufweisen, was zum Beispiel bei Salat in der Zweitbelegung nicht immer der Fall ist. Bei einer Kopfdüngung ist es wichtig, dass der Pflanzenbestand trocken ist und die Pflanzen gut angewachsen sind. Zudem ist zu beachten, dass nicht alle Kulturen eine Kopfdüngung mit Kalkstickstoff gut vertragen. Geeignet ist die Kopfdüngung bei Kulturen mit aufrecht stehenden Blättern, wie zum Beispiel Zwiebeln, oder ausgeprägter Wachsschicht wie Kohl. Der Boden sollte möglichst feucht sein. Bei kühler Witterung und trockenem Boden ist eine Anwendung von Kalkstickstoff, wie von anderen stabilisierten Düngern, nicht sinnvoll. Im MuD-Projekt wurde Kalkstickstoff hauptsächlich zu Blumenkohl eingesetzt.

Aus dem Modell- und Demonstrationsvorhaben

In einem Versuch zum Feldtag der Landwirtschaftskammer NRW 2019 mit Lollo bionda wurde eine reduzierte Startdüngung mit Kalkammonsalpeter (KAS) (60 Prozent des errechneten Düngebedarfs) in Kombination mit Blattdüngern (zwei mal zehn Prozent des errechneten Düngebedarfs) mit einer einmaligen Startdüngung mit KAS (80 Prozent des errechneten Düngebedarfs) verglichen. Als Kontrolle erfolgte eine Variante mit 100 Prozent des errechneten Düngebedarfs. Die ausgewählten Blattdünger (Folimac N plus (Formaldehydharnstoff)) oder Yara Live CalciNit wurden in der dritten und vierten Kulturwoche morgens im Tau appliziert, mit einer Menge von jeweils zehn Kilogramm N/ha in 1.500 Liter Wasser/ha. Durch dieses Vorgehen konnten Blattverbrennungen vermieden werden. Der Lollo bionda wurde am 28.08. (29 Tage nach Pflanzung) und am 02.09.19 (34 Tage nach Pflanzung) geerntet, der Kopfsalat nur am zweiten Erntetermin.

Die Ergebnisse zeigen, dass eine Reduzierung der Stickstoff-Düngemenge um 20 Prozent unter den gegebenen Kulturbedingungen bei Lollo bionda ohne negative Auswirkungen möglich war (bei optimaler Bodentemperatur und -feuchte, ausreichender Nachlieferung, ohne Stickstoffverlagerung durch Regen). Stickstoffmangel oder

Blattrandverbrennungen traten nicht auf. Die Salate aller Varianten waren ohne Qualitäts- oder Ertragsverluste vermarktfähig. Zum ersten Erntetermin (Abb. 28, linke Balken) waren die Kopfgewichte in allen Varianten fast gleich. Zum zweiten Erntetermin (fünf Tage später) sind die Kopfgewichte der „60 % + Blattdüngung“-Variante geringer ausgefallen verglichen mit denen der „80 %“-Variante und der Kontrolle (Abb. 28, rechte Balken). Die Kopfgewichte des zweiten Erntetermins

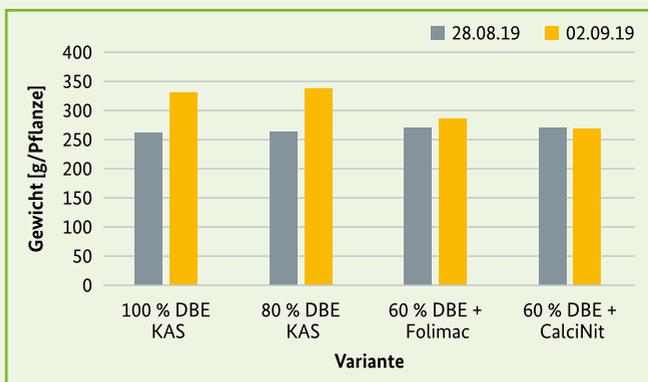


Abb. 28: Gewicht [g] je Salatkopf am 28.08. (grau) und am 02.09.19 (gelb) von Lollo bionda in den Varianten „100 % KAS“, „80 % KAS“, „60 % KAS + 20% Folimac“ und „60 % KAS + 20 % CalciNit“

geben deutliche Hinweise darauf, dass die Kultursicherheit sinkt, trotz gleicher N-Gesamtgabe bei der „80 %“-Variante und der „60 % + Blattdüngung“-Variante. Dies wäre insbesondere dann der Fall, wenn das Stickstoffangebot im Boden gering ist oder bei Verlagerung von Stickstoff durch Regen und geringe Nachlieferung. Eine Blattdüngung kann geeignet sein, um zum Kulturende kurzzeitig Erträge und Qualitäten abzusichern, nicht jedoch, um die Kultur nachhaltig mit fehlendem Stickstoff zu versorgen.

Spezifische Düngermischungen

Bei der Verwendung von NPK- oder NP-Dünger ist immer darauf zu achten, dass bei einer Düngegabe weder der N-Bedarf noch der P-Bedarf der Kultur bzw. Fruchtfolge überschritten wird. Einzel Nährstoffdünger oder NK-Dünger sind in dieser Hinsicht unkomplizierter und präziser anzuwenden. Bei sehr hohen Phosphatgehalten im Boden (Gehaltsklasse D und E) sollten bevorzugt phosphatfreie Stickstoffdünger zum Einsatz kommen. Lediglich im kalten Frühjahr ist auf diesen Böden unter Umständen eine geringe Phosphatgabe notwendig.

Wenn auf bestimmten Standorten mit den typischen Standarddüngemitteln die angestrebten optimalen Nährstoffgehalte bei einzelnen Pflanzennährstoffen nicht erreicht werden können, dann kommen noch spezifischere und gegebenenfalls betriebs-eigene Düngermischungen in Betracht. Bei Bundzwiebel und Radies zum Beispiel sind diese Mischungen im Vergleich zum Standard deutlich phosphatreduziert, während die Gehalte an Magnesium und Schwefel erhöht sind. Regional können beispielsweise auch höhere Bor- und Zinkgehalte im Mischdünger nötig sein.

Düngeplanung

.....

Grundsätzlich empfiehlt es sich, die jährliche Kulturfolge so weit wie möglich vorab zu planen. In nitratbelasteten Gebieten ist eine vorläufige Erstellung von DBEs bis zum 31. März ohnehin Pflicht und eine darauf aufbauende Düngevorplanung sehr zu empfehlen.

Auch für Phosphat sollte eine Düngeplanung zu Beginn des Jahres erfolgen. Wird Phosphat über organischen Dünger zugeführt, ist in vielen Fällen eine P-Bedarfermittlung über mehrere Jahre notwendig (siehe Kapitel organische Düngung Seite 69 ff.). Wenn Phosphat dagegen mineralisch gedüngt wird, reicht eine einjährige Bedarfsermittlung in der Regel aus.

Der Phosphatbedarf wird ausgehend von der vorliegenden Phosphatgehaltsklasse berechnet. Ab 20 Milligramm Phosphat je 100 Gramm Boden darf maximal der Entzug der Fruchtfolge gedüngt werden. Bei Flächen in eutrophierten Gebieten müssen je nach Landesdüngeverordnung weitergehende Beschränkungen beachtet werden.

Bei hohen Phosphatgehalten, die auf lang-jährig genutzten Gemüseflächen häufig vorkommen, ist eine mineralische Düngung mit Phosphat nur im Frühjahr bei kühlen Temperaturen sinnvoll. Dafür empfiehlt sich entweder die Verwendung eines NPK-Düngers, der sowohl den Stickstoff- als auch den Phosphatbedarf optimal deckt, oder eine separate Phosphatdüngung vor der Pflanzung. Diese kann zum Beispiel in Kombination mit der Kalkung erfolgen. Für die zweite und dritte Kultur kann die Phosphatdüngung auf Böden der Gehaltsklassen D und E meist entfallen, da bei steigenden Bodentemperaturen im Sommer das im Boden vorrätige Phosphat verfügbar wird. Für die Stickstoffdüngung dieser Kulturen sollte am besten ein phosphatfreier Dünger verwendet werden (zum Beispiel NK-Dünger, KAS, Ammonsulfatsal-peter). Bei einigen stabilisierten N-Düngern wird auch etwas Phosphat ausgebracht, diese Mengen sind bei der Planung des Phosphatbedarfs ebenfalls zu beachten.

Für die Stickstoffdüngplanung wird zunächst der Stickstoffbedarf gemäß DüV mithilfe von nach jeweiligem Landesrecht zugelassenen Methoden berechnet. Für Zweit- und Drittkulturen kann der Düngebedarf in der Planungsphase nur grob geschätzt werden, da eine verbindliche Düngebedarfs-ermittlung erst mit dem Ergebnis einer zum

Pflanzzeitpunkt aktuellen N_{\min} -Bodenprobe möglich ist.

Für jede Kultur sollten trotzdem bereits Anzahl und Zeitpunkt der Düngetermine und N_{\min} -Bodenproben sowie Art und Menge der eingesetzten Dünger vorgeplant werden. Letztere ist anhand der N_{\min} -Proben natür-

Tab. 7: Beispielhafte Düngplanung für eine Kulturfolge von Früh-Brokkoli unter Folie, Kopfsalat und Porree

	Brokkoli	Kopfsalat	Porree
Anbauzeitraum	März bis Mitte Juni	Ende Juni bis Ende Juli	Anfang August bis März
Anbaubedingungen	Vlies	Freiland	Freiland
N-Bedarf, ermittelt nach DüV	228 kg N/ha	53 kg N/ha	180 kg N/ha
P-Bedarf Fruchtfolge, ermittelt nach DüV	105 kg P_2O_5 /ha		
Grunddüngung	1.000 kg Mehrnährstoffdünger (15/5/20/2/9) enthält 150 kg N/ha u. 50 kg P_2O_5 /ha	378 kg ¹ stabilisierter N-Dünger (14/5/20/2) enthält 53 kg N/ha u. 19 kg P_2O_5 /ha	400 kg ¹ stabilisierter N-Dünger (14/5/20/2) enthält 56 kg N/ha u. 20 kg P_2O_5 /ha
Termin	01.03. vor der Pflanzung	30.06. vor der Pflanzung	15.08. nach dem Anwachsen
Kopfdüngung	300 kg KAS enthält 78 kg N/ha	keine wegen stabilisiertem Dünger	zweimal 230 kg ¹ KAS (27/0/0/0) enthält je 62 kg N/ha
Termin(e)	05.04. vor dem Anhäufeln	entfällt	15.09. und Ende Oktober nur bei Bedarf (N_{\min} -Kontrollmessung)
N_{\min} -Bodenproben	keine	vor Pflanzung (Mitte/Ende Juni)	vor Pflanzung (Ende Juli); zur ersten Kopfdüngung (Mitte September) und zweiten Kopfdüngung (Februar)
Erntebeginn	ab 20. Mai	Ende Juli	Ernte ab März

¹ Diese Düngermengen müssen mittels aktueller N_{\min} -Bodenprobe überprüft werden.

lich zu gegebener Zeit zu überprüfen. Beim Einsatz von Mehrnährstoffdünger ist an dieser Stelle besonders darauf zu achten, dass weder der Stickstoff- noch der Phosphatbedarf überschritten werden. Für die Planung können konkrete Datumsangaben verwendet werden wie unten gezeigt, für mehr Flexibilität verwenden viele Betriebe aber auch die Angabe der Kalenderwoche.

Beispielhaft für eine Kulturfolge von Früh-Brokkoli unter Folie, Kopfsalat und Porree kann die Düngplanung wie in Tabelle 7 dargestellt aussehen.

KNS-System: Feinsteuerung der N-Ver-sorgung durch gezielte Teilgaben

.....

Eine besonders erfolgreiche, jedoch arbeitsaufwendige Methode ist die N-Düngung nach KNS (Kulturbegleitendes N_{\min} -Sollwertesystem). Mit dem KNS-System ist es möglich, N-Sollwerte nicht nur für den Beginn der Kultur, sondern auch für beliebige Zeitpunkte während des Pflanzenwachstums zu berechnen, um so die N-Düngung flexibel an den Bedarf der Pflanzen anzupassen. Bei lang stehenden Kulturen bieten sich die kulturbegleitenden N_{\min} -Untersuchungen in Kombination mit dem KNS-System an. Dies ist besonders zu empfehlen, wenn warme, für die Mineralisation günstige Bedingungen in den ersten Kulturwochen auftreten. Generell kann dies auf Flächen mit langjähriger organischer Düngung oder erfahrungsgemäß hoher Mineralisierung empfohlen werden.

Die Aufteilung in eine Grunddüngung und eine oder mehrere Kopfdüngungen ist flexibel

möglich. Dabei sind jedoch der Zeitpunkt des Reihenschlusses der Kultur sowie die Empfindlichkeit der Kultur gegenüber Verbrennungen bei der Auswahl von Düngemitteln und Düngezeitpunkt zu beachten.



Abb. 29: Verbrennungen an Chinakohl durch Kopfdüngung

Das KNS-System kann auf Basis von Tabellen kalkuliert oder mithilfe der Software N-Expert angewendet werden (siehe Seite 15). Entsprechende Tabellen finden sich in der Publikation „Düngung im Freilandgemüsebau“ des IGZ:

http://www.igzev.de/publikationen/IGZ_Duengung_im_Freilandgemuesebau.pdf

Zum Kulturbeginn wird der N_{\min} -Gehalt durch eine Bodenprobe in einer Tiefe bis 30 Zentimeter oder einen Richtwert bestimmt. Anschließend wird die N-Aufnahme bis zum Kopfdüngungstermin zuzüglich des N-Mindestvorrats zu Kulturbeginn ermittelt. Aus der Differenz zum N_{\min} -Gehalt ergibt sich die Höhe der Startdüngung. Der N-Mindestvorrat

Blumenkohl, Standard	Aufwuchs 800 dt ha ⁻¹ , N im Aufwuchs 251 kg N ha ⁻¹ , Marktertrag 350 dt ha ⁻¹																	
Kulturwoche	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Probenahmetiefe cm	30	—				30	60	—	60									
Mindestvorrat kg N ha ⁻¹	80	—				80	40	40										
N-Aufnahme kg ha ⁻¹ Woche ha ⁻¹	1	4	8	21	44	67	60	33	13									
Sollwert kg N ha ⁻¹	85		286															
Mineralisierung kg N ha ⁻¹	-6		0															
Sollwert mM	91		286															

Abb. 30: Werte für Blumenkohl aus der Publikation „Düngung im Freilandgemüsebau“ des IGZ, Feller et al.

ändert sich im Verlauf der Kultur und ist zu Beginn höher als am Ende. Dadurch entsteht ein gewisser Puffer für den Zeitpunkt der Kopfdüngung. Angaben für den N-Mindestvorrat finden sich ebenfalls in der oben genannten Publikation.

Zum Kopfdüngungszeitpunkt wird die N-Aufnahme bis zum nächsten Kopfdüngungszeitpunkt beziehungsweise bis zum Kulturende zuzüglich Mindestvorrat kalkuliert. Aus der Differenz zum ermittelten N_{\min} -Gehalt ergibt sich die Höhe der Kopfdüngungsgaben. Probenahmetiefe und Mindestvorrat ändern sich im Laufe der Kultur. Ist nur eine Kopfdüngung geplant, so sind Probenahmetiefe und Mindestvorrat zum Kulturende für die Berechnung zu verwenden. Dies gilt allgemein für die letzte Kopfdüngung. Handelt es sich nicht um die letzte Kopfdüngung, so sind die für den Düngungszeitraum angesetzten Werte zu verwenden. Im folgenden Beispiel wären das für eine Kopfdüngung in Woche drei, die die Pflanze bis Woche sechs versorgen soll, 30 Zentimeter Probenahmetiefe und ein Mindestvorrat von 80 Kilogramm N/ha. Für die Berechnung der zweiten Kopfdüngung in Woche sechs werden 60 Zentimeter Probenahmetiefe und ein Mindestvorrat von 40 Kilogramm N/ha verwendet:

Beispiel für eine Düngung nach KNS-System

Startdüngung = N-Aufnahme bis zum Kopfdüngungszeitpunkt + N-Mindestvorrat zum Kulturbeginn (0–30 cm) – N_{\min} (0–30 cm)

1. Kopfdüngung =
N-Aufnahme bis zum nächsten Kopfdüngungszeitpunkt + N-Mindestvorrat – N_{\min}

Die Bodentiefe für N_{\min} und den N-Mindestvorrat richtet sich nach den Tabellenangaben für die jeweilige Kultur für den Zeitraum von der ersten Kopfdüngung bis zur zweiten Kopfdüngung.

2. Kopfdüngung =
N-Aufnahme bis Kulturende + N-Mindestvorrat zum Kulturende (0–60 cm) – N_{\min} (0–60 cm)

Zusätzlich ist vor der ersten Düngung eine DBE gemäß DüV zu erstellen. Die daraus errechnete N-Obergrenze darf – unabhängig von den Berechnungen des KNS-Systems – in der Summe der Düngemaßnahmen nicht überschritten werden.

**Wöchentliche N-Aufnahme in kg/ha von Sommer-Blumenkohl
nach KNS/N-Expert zusammengefasst in 3 Teilgaben**
(Aufwuchs 800 dt/ha, Marktertrag 350 dt/ha)



Abb. 31: N-Aufnahme von Sommer-Blumenkohl in verschiedenen Düngezeiträumen (Startdüngung zur Pflanzung, Kopfdüngung in Kalenderwoche vier und sieben)

Tab. 8: Düngeplanung von Sommer-Blumenkohl mit zwei N_{\min} -Analysen für drei geplante N-Teilgaben [kg N/ha], Kopfdüngung Anfang vierter und Anfang siebter Kulturwoche

Maßnahme	N-Bedarf		N_{\min} (Bodenschicht)	N-Gabe	Bemerkung
1. Teilgabe mit N_{\min}	93 N-Aufnahme (13) und Mindestvor- rat (80)	minus	36 (0–30 cm) (geringe Wurzeltiefe der noch jungen Pflanzen)	= 57	Der N-Bedarf von 57 kg/ ha ergibt sich aus 80 kg N/ha Mindestvorrat und 13 kg N/ha N-Aufnahme
2. Teilgabe	212 N-Aufnahme (132) und Min- destvorrat (80)	minus	Probe optional 80 (0–30 cm) ansonsten: ge- schätzt 80 kg N/ ha (verbleibender Mindestvorrat)	= 132	N_{\min} -Messung nur notwendig bei Risiko- situation, zum Beispiel Starkregen, ansonsten wird Mindestvor- rat als N_{\min} -Gehalt angenommen
3. Teilgabe mit N_{\min}	146 N-Aufnahme (106) und Mindestvor- rat zum Kultur- ende (40)	minus	76 (0–60 cm)	= 70	zweite N_{\min} -Messung
				259 kg N/ha	Summe N-Gabe

Die Schwierigkeit beim KNS-System ist es, den Einfluss von Witterung, Sortenwahl und weiteren betrieblichen Besonderheiten auf das Wachstum und die Entwicklung und somit die Kulturdauer und N-Aufnahme der Pflanze durch Beurteilung des Aufwuchses, der optischen Erscheinung und des BBCH-Stadiums richtig zu bewerten und die noch bereitzustellende Menge an Stickstoff richtig abzuschätzen. In den MuD-Projekten war die Kulturentwicklung bei Wasserknappheit zum Beispiel bei Knollensellerie deutlich länger als die im IGZ-Heft angegebene Standardkulturdauer, während sie im nassen Sommer 2017 bei Weißkohl mitunter schneller verlief.

Kopfdüngung

Für die Ausbringung der Kopfdüngung gibt es verschiedene Möglichkeiten.

In einigen Betrieben werden die entsprechenden N-Teilgaben über stationäre Bewässerungssysteme verabreicht. Eine Düngerausbringung mit der Überkopfberegnung oder Tropfbewässerung ist auch dann möglich, wenn die Fläche zu nass ist, um sie zu befahren.

Aus dem Modell- und Demonstrationsvorhaben

Sellerie

Auf einer Fläche stand über den Winter spät eingesäter Grünroggen. In diesem Grünroggenbestand wurde am 22. März 2018 die Bodenprobe gezogen, die einen sehr geringen N_{\min} -Gehalt im Boden ergab (sechs Kilogramm N/ha in null bis 60 Zentimetern). Die daraus errechnete N-Obergrenze gemäß DüV für diesen Schlag betrug 210 Kilogramm N/ha. Auf Basis des KNS-Systems wurden 97 Kilogramm N/ha als Startdüngung für den Knollensellerie errechnet und in Form von KAS zur Pflanzung Anfang April gedüngt. Ende Juni wurde die nächste Bodenprobe für die Kopfdüngung gezogen. Demnach waren 100 Kilogramm N/ha mehr im Boden verfügbar als von der Software N-Expert prognostiziert, was sicherlich an den hohen Temperaturen im Frühjahr

2018 lag. Auf eine Kopfdüngung konnte deshalb verzichtet werden. Es wurde vier Wochen später noch eine weitere N_{\min} -Probe gezogen, die bestätigte, dass weiterhin keine Kopfdüngung notwendig war.

Wirsing

In den Jahren 2018 und 2019 wurden auf einem Betrieb insgesamt vier Wirsingflächen mit dem KNS-System begleitet. Es wurden Bodenproben zur Startdüngung sowie zu zwei Kopfdüngungsterminen gezogen. Sowohl 2018 als auch 2019 war auf jeweils einer Fläche die Mineralisation höher als erwartet, sodass letztlich 30 bis 40 Prozent des anfangs kalkulierten Düngebedarfs eingespart werden konnten. Dennoch gab es jedes Jahr auch eine Fläche, auf der trotz warmer Witterung und N_{\min} -Beprobung nach Anwendung des KNS-Systems in der Summe der Düngemaßnahmen der anfangs errechnete Bedarf gegeben werden musste.

In Kulturen mit großen Reihenabständen und langen Standzeiten, zum Beispiel Einlegegurken, Kürbis, Zucchini, Rhabarber, Minze oder Spargel, werden zunehmend Tropfbewässerungssysteme mit Injektordosieretechnik und Dünger-Stammlösung, zum Teil mit häufigeren Teilgaben, eingesetzt.

Die Kopfdüngung kann auch mit festen Düngemitteln, zum Beispiel KAS, Kalkstickstoff oder Ammonsulfatsalpeter, erfolgen. Um die Wirkung der Dünger sicherzustellen, muss bei Trockenheit auf jeden Fall nach der Ausbringung bewässert werden.

Bei empfindlichen Kulturen, zum Beispiel Salat, ist ein mögliches Verätzungsrisiko durch die Kopfdüngung zu beachten. Wenn eine Düngergabe über Rohrberegnung nicht möglich ist, empfiehlt sich hier eine Ausbringung mit ausreichend Wasser über die Pflanzenschutzspritze. Die Ausbringung kann gegebenenfalls mit der Anwendung von Pflanzenschutzmaßnahmen kombiniert werden. Für N-Mengen von bis zu zehn Kilogramm pro Hektar eignen sich auch bei empfindlichen Kulturen wie Salat Ammoniumnitrat-Harnstoff-Lösung (AHL) oder Kalksalpeter in Kombination mit 1.000 bzw. 1.500 Litern Wasser. Bei weniger empfindlichen Kulturen wie Porree oder Kohl hat sich auch Harnstoff mit etwas geringeren Wassermengen zur Blattdüngung bewährt. Um die grüne Blattfärbung sowie das Wurzelwachstum von Gemüse kurzfristig zu fördern, eignen sich auch Blattdünger auf Basis von Aminosäuren. Die ausbringbaren N-Mengen belaufen sich hier jedoch nur auf zwei bis drei Kilogramm N/ha.

Düngergabe über die Beregnung

Für Kulturen mit fest installierter Rohrberegnung kann die N-Düngung auch über diese erfolgen, sofern eine gute Wasserverteilung gewährleistet ist. Der Arbeitsablauf besteht dann aus der Vorberegnung von fünf bis 15 Minuten zum Anfeuchten und dem Anschluss eines robusten Düngelösegeräts mit Venturi-Einspeisung, welches auch für größere Mengen eines leicht löslichen N-Düngers geeignet ist. Unmittelbar danach muss sorgfältig nachberegnet werden, um Pflanzenschäden zu vermeiden. Bewährt haben sich hierzu fünf bis zehn Millimeter über eine halbe bis eine Stunde.

Für eine Düngergabe und Einspeisung in die Beregnung kommen vor allem folgende N-Düngemittel zum Einsatz:

- » Harnstoff mit 46 Prozent Amidstickstoff
- » AHL mit 28 Gewichtsprozent N (bzw. 36 Kilogramm N/100 Liter) mit sieben Prozent Nitratstickstoff, sieben Prozent Ammoniumstickstoff und 14 Prozent Amidstickstoff
- » Kalksalpeter mit 15,5 Gewichtsprozent N als Nitratstickstoff

Der Arbeitszeitaufwand pro Gabe und Beregnungseinheit beträgt maximal eine Stunde, wenn aus einer Wasserentnahmestelle drei Rohrleitungen gleichzeitig betrieben werden können.

Die Düngerausbringung über die Beregnung sollte bei weitgehender Windstille und keiner oder geringer Sonneneinstrahlung geschehen, am besten eignen sich die zweite Nachthälfte und die frühen Morgenstunden. Kultur-

spezifische, phytosanitäre Risiken durch die Beregnung, zum Beispiel eine Förderung von Blattkrankheiten, sind zu beachten.

Ökonomische Betrachtung des Düngemanagements

Dr. Sabine Ludwig-Ohm, Hanna Wildenhues und Dr. Hildegard Garming, Thünen-Institut für Betriebswirtschaft

Aus ökonomischer Sicht erscheinen Maßnahmen des Düngemanagements zunächst unrentabel, weil sie mit einem erhöhten Arbeitsaufwand verbunden sind. In der Hochsaison tritt ein zusätzlicher Zeitaufwand zudem in Konkurrenz zu anderen, dringenden Arbeiten. Andererseits besteht durch ein explizites Düngemanagement die Möglichkeit, Risiken zu minimieren, indem Witterungsverläufe und Bestandsentwicklung in der Düngeplanung besser berücksichtigt werden können. Außerdem hilft es, die Umwelt zu entlasten und gleichzeitig Düngemittel und Düngekosten einzusparen.

Die nachfolgenden Beispielrechnungen zeigen Kosten und Nutzen verschiedener Maßnahmen des Düngemanagements anhand

1. einer Aufteilung der Düngemenge in Teilgaben,
2. eines Vergleichs unterschiedlicher Düngeverfahren und
3. einer teilflächenspezifischen Nachdüngung bei einer heterogenen Bestandsentwicklung.

1. Düngung in mehreren Teilgaben

Statt die gesamte für eine Kultur notwendige Düngemenge als einmalige Grunddüngung auszubringen, kann diese auf mehrere Gaben aufgeteilt werden. Dies wird bei vielen Kulturen heutzutage bereits in Form von zwei Teilgaben, zumeist als Grund- und Kopfdüngung, praktiziert. Dabei kann mit einer zweiten Düngegabe auf aktuelle Witterungsverläufe reagiert und die Düngung genauer an den Pflanzenbedarf angepasst werden. Wenn die zweite DBE einen geringeren Bedarf anzeigt, führt dies zu einem insgesamt geringeren Düngeraufwand. Andernfalls kann mit einer zweiten Düngegabe auf Auswaschungen reagiert und die Kultursicherheit erhöht werden.

Bei der Düngung in späteren Kulturstadien ist die Auswahl der richtigen Ausbringungstechnik von besonderer Bedeutung. Vor allem in kopfbildenden Gemüsekulturen müssen Verbrennungen durch Düngekörner, die auf den Blättern liegen bleiben, verhindert werden. Dies ist beispielsweise mit einem Kastenstreuer mit Reihenstreuvorrichtung und mit einer Flüssigdüngung über die Pflanzenschutzspritze möglich. Die variablen Arbeiterledigungskosten der Düngeverfahren mit Schleuderstreuer, Kastenstreuer und Pflanzenschutzspritze sind in Tabelle 9 aufgelistet.

Tab. 9: Variable Arbeiterledigungskosten eines zusätzlichen Düngevorgangs für verschiedene Düngerverfahren

	variable Arbeiterledigungskosten [Euro/ha]	
	Schlaggröße, Hof-Weg-Entfernung 1 ha, 2 km	2 ha, 10 km
Düngerverfahren		
Schleuderstreuer	5	5
Kastenstreuer mit Reihenstreuvorrichtung	53	72
Flüssigdüngung mit Pflanzenschutzspritze	8	11

Quelle: KTBL (2017), eigene Berechnungen.

Das günstigste Verfahren mit Kosten von fünf Euro pro Hektar ist die Düngung mit dem Schleuderstreuer. Die Düngeausbringung mit dem Kastenstreuer ist wegen der geringeren Arbeitsbreite und des geringeren Behältervolumens deutlich teurer und verursacht Kosten von 53 bzw. 72 Euro pro Hektar. Die Kosten für eine Flüssigdüngung mit der Pflanzenschutzspritze liegen mit acht bzw. elf Euro pro Hektar deutlich höher als die Kosten einer Düngung mit Schleuderstreuer. Sie betragen aber nur etwa ein Sechstel der Kosten für eine Düngung mit dem Kastenstreuer. Wenn die Flüssigdüngung in Kombination mit einer Pflanzenschutzanwendung erledigt wird, ist sie sogar nahezu kostenneutral. Es entstehen nur Arbeitskosten für das zusätzliche Befüllen des Tanks mit Düngemittel.

Die Berechnungen wurden sowohl für einen Ein-Hektar-Schlag mit einer Entfernung von zwei Kilometern als auch für einen Zwei-Hektar-Schlag mit zehn Kilometern Entfernung zwischen Hof und Feld durchgeführt. Größere Flächen liegen meist in einem weiteren Radius um die Hofstelle entfernt. Mit zunehmender Schlaggröße steigen, aufgrund der größeren Entfernungen, dann auch die auf einen Hektar bezogenen Ausbringungskosten an. Während sich die Ausbringungskosten für eine Düngung mit dem Schleuderstreuer auf einem Zwei-Hektar-Schlag in zehn Kilometern Hofentfernung gegenüber einer kleineren und näheren Fläche nur geringfügig ändern, erhöhen sich die Kosten für einen Düngevorgang mit dem Kastenstreuer bzw. für eine Flüssigdüngung – bedingt durch das geringere Behältervolumen – jeweils um etwa ein Drittel.

2. Unterschiedliche Düngerverfahren

Die Düngung einer Gemüse-Erstkultur erfolgt in der Regel zum Kulturstart, daher kann sie aus arbeitswirtschaftlichen und aus Kostengründen gut als Kombination von Beetfräse bzw. Pflanz-/Saatmaschine mit Kastenstreuer erfolgen. Für die zweite Gemüsekultur im Anbaujahr kann es kulturtechnisch vorteilhafter sein, die erste Düngegabe drei bis vier Wochen nach der Aussaat bzw. Pflanzung auszubringen, sodass für die Zweitkulturen verschiedene Düngerverfahren denkbar sind, deren Kosten am Beispiel von Brokkoli nach Brokkoli verdeutlicht werden sollen (siehe Tabelle 10). Das Beispiel fokussiert auf die Besonderheiten der Kohlkulturen: hohe Stickstoffbedarfswerte und gleichfalls hohe Stickstoffnachlieferung aus den Ernteresten für die Folgekultur.

Mit diesen Modellrechnungen soll die Größenordnung von Mehrkosten unterschiedlicher Düngerverfahren gegenüber dem Standardverfahren Grund- und Kopfdüngung ermittelt werden. Für die Zweitkultur ist vor der ersten Ausbringung von N-Düngern immer eine DBE mit N_{\min} -Probe erforderlich. Der hier angenommene Düngedarf beträgt insgesamt 110 Kilogramm N/ha. Dies entspricht dem Sollwert bei mittlerem Ertragsniveau abzüglich des N_{\min} -Min-

destvorrats der Vorkultur und abzüglich der in den Ernteresten der Erstkultur enthaltenen N-Menge.

Im Standardverfahren (Variante null) werden eine Grunddüngung bei der Beetvorbereitung und eine spätere Kopfdüngung mit dem Kastenstreuer mit Reihenstreuvorrichtung durchgeführt. Hierfür ergeben sich Kosten in Höhe von 181 Euro pro Hektar. In der Variante 1 wird die Nachdüngung mit einer zusätz-

Tab. 10: Variable Kosten unterschiedlicher Düngerverfahren am Beispiel Brokkoli als Zweitkultur nach Brokkoli

Düngerverfahren	Grund- und Kopfdüngung		Zwei Kopfdüngungen	
	mit einer N_{\min} -Probe [Euro/ha]	mit zwei N_{\min} -Proben [Euro/ha]	mit einer N_{\min} -Probe [Euro/ha]	mit zwei N_{\min} -Proben [Euro/ha]
Variante	0	1	2	3
Grunddüngung (Beetfräse mit Kastenstreuer)	60 kg N/ha	60 kg N/ha		
N_{\min} -Probe / DBE	44	44		
- Düngemittelkosten	47	47		
- Ausbringungskosten	0 ¹	0 ¹		
Kopfdüngung 1 (Kastenstreuer)	50 kg N/ha	50 kg N/ha	80 kg N/ha	80 kg N/ha
N_{\min} -Probe / DBE	-	25	44	44
- Düngemittelkosten	39	39	63	63
- Ausbringungskosten	50	50	50	50
Kopfdüngung 2 (Pflanzenschutzspritze)			30 kg N/ha	30 kg N/ha
N_{\min} -Probe / DBE			-	25
- Düngemittelkosten			24	24
- Ausbringungskosten			7	7
Variable Kosten der Düngung	181	205	187	212

Quelle: KTBL (2017), eigene Berechnungen.

¹ Für das Ausbringen des Düngers entstehen keine Kosten, weil es gleichzeitig mit der Beetvorbereitung erfolgt. Es erfordert lediglich geringfügige Arbeitszeit für das Befüllen und Anhängen des Kastenstreuers.

lichen freiwilligen N_{\min} -Probe abgesichert, die keine Laboranalyse sein muss und daher als Schnelltest vom Betrieb selbst durchgeführt werden kann. Die Kosten für diese zusätzliche Information zur Kultursicherheit liegen bei 25 Euro.

Die Varianten zwei und drei verzichten auf eine Grunddüngung zugunsten zeitlich flexibel einsetzbarer Kopfdüngungen. Für die zweite Kopfdüngung wird eine Ausbringung mit der Pflanzenschutzspritze veranschlagt. Die Kosten für Variante zwei mit zwei Kopfdüngungen liegen mit 187 Euro/ha nur geringfügig höher als beim Standardverfahren (Variante null). Mit einer zweiten N_{\min} -Probe (Variante drei) erhöhen sich diese Kosten auch hier um lediglich 25 Euro.

Mit einer zusätzlichen kulturbegleitenden N_{\min} -Probe kann die Düngung besser auf die Entwicklung des Pflanzenbestandes und den Witterungsverlauf – beispielsweise auf Auswaschungen durch Starkregenereignisse – abgestimmt werden. Falls die zusätzliche N_{\min} -Probe einen für die verbleibende Kulturdauer ausreichenden N_{\min} -Wert feststellt, sind auch Düngereinsparungen möglich, die die Umwelt entlasten.

3. Teilflächendüngung bei heterogener Bestandsentwicklung

Zeigen die Bestände partielle Aufhellungen, können heterogene Bodenbeschaffenheiten, ungleich verteilte Erntereste der Vorkultur oder auch Auswaschungen die Gründe sein. Hierauf reagieren die Betriebe oft mit einer Nachdüngung des gesamten Bestandes. Eine Teilflächendüngung ist aus Umweltsicht aber deutlich sinnvoller. Zur partiellen Nachdüngung eignen sich der Kastenstreuer und

die Fertigation über die Bewässerung. Eine Düngung mit dem Kastenstreuer, der mit oder ohne Reihenstreuvorrichtung eingesetzt werden kann, eignet sich für ungleichmäßig betroffene Kulturflächen. Die Fertigation über die Bewässerung ist insbesondere dann sinnvoll, wenn Auswaschungen entlang den Bewässerungsleitungen auftreten.

Dazu werden Kalkulationen am Beispiel von Aufhellungen an etwa einem Drittel eines Hektar umfassenden Bundmöhrenbestandes durchgeführt. Zwei Bodenproben werden genommen und mit Nitrachek analysiert. Sie ergeben, dass der N_{\min} -Gehalt in den hellen Bereichen null beträgt, in den nicht von Aufhellung betroffenen Bereichen des Bestandes dagegen 70 Kilogramm N_{\min} . In Tabelle 11 wird eine Düngung des gesamten Bestandes mittels Schleuderstreuer verglichen mit einer partiellen Düngung auf einem Drittel der Fläche mit einem Kastenstreuer mit Reihenstrefunktion. In beiden Fällen werden 70 Kilogramm N/ha ausgebracht.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Düngung der Gesamtfläche mit dem Schleuderstreuer und die partielle Düngung auf einem Drittel der Fläche mit dem Kastenstreuer mit 84 bzw. 85 Euro/ha nahezu gleiche Kosten verursachen. Für diese Kalkulationen wurde angenommen, dass eine Saisonarbeitskraft die Bodenproben zieht.

Übernimmt die Betriebsleitung diese Aufgabe, so sind höhere Arbeitskosten für die Düngebedarfsermittlung anzusetzen. Anstelle des Lohnansatzes für Saisonarbeitskräfte von 13 Euro/AKh müsste der Lohnansatz für die Betriebsleitungsstunde mit 25 Euro zugrunde gelegt werden. In diesem Fall wäre die Teilflächendüngung, die für das in Tabelle 10

Tab. 11: Variable Kosten von flächiger und partieller Düngung bei Bundmöhren

	Bodenprobe wird gezogen von	Kosten für			Summe: variable Kosten der Düngung [Euro/ha]
		DBE	Düngemittel ¹	Ausbringung ²	
		[Euro/ha]			
Düngung der Gesamtfläche mit Schleuderstreuer, eine N_{\min} -Probe	Saison-AK Betriebsleitung	25	55	4	84
		40	55	4	100
Partielle Düngung auf $\frac{1}{3}$ der Fläche mit Kastenstreuer, zwei N_{\min} -Proben	Saison-AK Betriebsleitung	36	20	30	85
		57	20	30	107

Quelle: KTBL (2019), eigene Berechnungen.

¹ 70 Kilogramm N/ha

² Variable Arbeiterledigungskosten

gewählte Beispiel mit zwei Teilflächen zwei N_{\min} -Proben erfordert, mit 107 Euro/ha etwas teurer als die flächige Düngung, die mit einer N_{\min} -Probe auskommt und Kosten für die Düngemaßnahme in Höhe von 100 Euro/ha verursachen würde.

Muss nur ein Viertel der Fläche nachgedüngt werden oder wird ein anderer, in der Regel teurerer Dünger als der hier zugrunde gelegte Kalkammonsalpeter verwendet, wird die partielle Düngung sogar kostengünstiger.

Für den betrieblichen Stickstoffsaldo und die Umwelt ist die partielle Düngung weitaus sinnvoller. Entstehen durch die partielle Düngung keine weiteren Kosten, dann sollte diese vorgezogen werden.

Tipps zum Düngemanagement

- » Jährliche Vorplanung der Kulturfolgen und diese so weit wie möglich einhalten
- » Terminfenster für Grundnährstoff- und N_{\min} -Bodenanalysen festlegen und rechtzeitig beauftragen
- » Bodenproben zu Kopfdüngungsterminen ziehen, um Düngung an Mineralisierung anzupassen
- » Mehr Erfahrungen mit Pflanzenanalysen bei Wachstumsproblemen und unklaren Blattsymptomen sammeln
- » Den berechneten N-Bedarf möglichst in mehreren Teilgaben (maximal 100 N/ha pro Gabe) düngen und bei Säukulturen erst nach dem Auflauf ausbringen
- » Für Notfälle: Düngung über die Bewässerung ermöglichen

Organische Düngung

Dr. Carmen Feller, Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ) Großbeeren e.V., Sarah Francoise Meyer, Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen

Organische Düngung – nicht nur Nährstofflieferant

Die organische Düngung erfüllt mehrere Funktionen für den Erhalt der Bodenfruchtbarkeit. Sie trägt nicht nur zur Nährstoffversorgung der Pflanzen bei, sondern verbessert auch Bodenstruktur und Humusbilanz. Die Humusversorgung ist wichtig für die Produktivität gemüsebaulich genutzter Böden. Ein hoher Gehalt an Humus wirkt sich positiv auf die mikrobielle Aktivität im Boden und das Porensystem aus. Gut mit Humus versorgte Böden sind weniger anfällig für Erosion. Für das Bodengefüge liefert organischer Dünger wertvolle Bausteine für den Aufbau der organischen Bodensubstanz. Dadurch verbessern sich die Luft- und Wasserkapazität, die Nährstoffspeicherung, die Filtereigenschaften der Bodenkrume und die Pufferfunktion. Im Boden liegen verschiedene Humusformen vor. Wissenschaftlich lassen sich Humusformen je nach ihren Eigenschaften unterschiedlich bezeichnen, für die Praxisanwendung reicht es zunächst, in leicht zersetzbaren Nährhumus und den mikrobiell schwer umsetzbaren Dauerhumus zu unterscheiden. Beide Formen sorgen für den Erhalt der natürlichen Bodenfunktionen. Während hohe Gehalte an Dauerhumus angestrebt werden, ist bei Nährhumus abhängig von der Bodenart, speziell dem Tongehalt, Vorsicht geboten, denn hohe Zufuhren an Humus können je nach Ausgangsmaterial

und den gegebenen Bodeneigenschaften zur Auswaschung von Stickstoff führen.

Der Anbau von Gemüsekulturen und landwirtschaftlichen Fruchtarten wirkt sich ebenfalls sehr unterschiedlich auf den Humusgehalt aus. So gibt es stark humuszehrende Fruchtarten, zu denen viele Gemüsekulturen, insbesondere Blumen- und Kopfkohle, Sellerie und Porree gehören. Humusmehrende Fruchtarten sind Zwischenfrüchte, Körnerleguminosen und mehrjähriges Feldfutter. Für die Einteilung sind die jeweilige Anbauintensität der Fruchtart und die Abbaurate der Ernte- und Wurzelreste entscheidend. Der Anbau von Zwischenfrüchten sorgt für den Ausgleich der Humussalden, ebenso wie die organische Düngung. Durch den Einsatz von Kompost und Mist wird der Humusgehalt, abhängig von den Ausgangsmaterialien und ihrer Qualität, im Boden erhöht (Humusreproduktionsleistung). Aber auch andere organische Dünger wirken sich positiv auf den Ausgleich der Humussalden aus.

Organische Dünger, die im Gemüsebau genutzt werden, sind:

- » tierische Wirtschaftsdünger (Stallmist, Gülle, Jauche)
- » pflanzliche Wirtschaftsdünger (Kompost, Champost)
- » organische Handelsdünger (pflanzliche Rückstände aus der Öl-, Stärke- und Nahrungsmittelproduktion)

Die Düngebedarfsermittlung ist die Grundlage sowohl für die organische Düngung wie

auch die mineralische Düngung. Bei organischer Düngung sind jedoch Besonderheiten zu berücksichtigen, die sich einerseits auf die Wirksamkeit des Gesamtstickstoffs bei der DBE, andererseits auf Ausbringungszeiten und Ausbringungsmengen beziehen.

Anrechnung von Stickstoff für die DBE

Im Gegensatz zu den Nährstoffen aus Mineraldüngern, welche den Pflanzen sofort zur Verfügung stehen, gilt dies bei organischen Düngern nur für den Anteil an Stickstoff in Nitrat- und Ammoniumform. Der Gesamtstickstoff ist größtenteils organisch gebunden, zum Beispiel in Aminosäuren und Huminstoffen (siehe Abbildung 32). Wann der organisch gebundene Stickstoff pflanzenver-

fügar wird, hängt von der Zusammensetzung des organischen Düngers und exogenen Faktoren, wie zum Beispiel Klima, Bodenleben und Bewirtschaftung ab. Ein Teil des Stickstoffs wird in den ersten beiden Jahren mineralisiert und damit pflanzenverfügbar. Ein weiterer Teil verbleibt in der organischen Bodensubstanz und wird erst nach vielen Jahren, teilweise Jahrzehnten, mineralisiert.

Die N- und P-Gehalte organischer Dünger müssen bei Ausbringung bekannt sein. Die Dokumentation kann auf Basis von Richtwerten oder Analysewerten erfolgen. In einigen Bundesländern ist in nitratbelasteten oder eutrophierten Gebieten eine Wirtschaftsdüngeranalyse verpflichtend. Vor Ausbringung organischer Dünger muss zudem immer eine DBE erfolgen, auch wenn die Kultur erst einige Wochen oder Monate später gepflanzt wird.

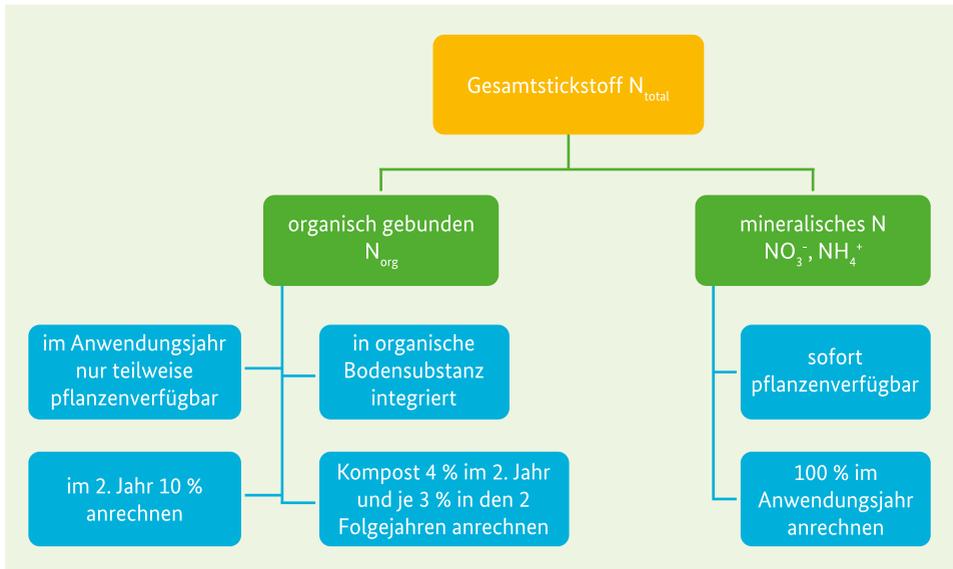


Abb. 32: Bewertung des Stickstoffs in organischen Düngern für den Düngbedarf



Abb. 33: Ausbringung von Kompost

Die sogenannte Mindestwirksamkeit bezeichnet den Anteil des organisch gebundenen Stickstoffs, der im Anwendungsjahr freigesetzt wird. Sie ist für einige organische Dünger in der Düngeverordnung (Anlage 3 DüV) vorgegeben. Die Mindestwirksamkeit entspricht der Summe des sofort pflanzenverfügbaren mineralischen Stickstoffs und dem im Anwendungsjahr pflanzenverfügbaren Anteil des organisch gebundenen Stickstoffs (siehe Abbildung 32). Fehlt die Angabe der Mindestwirksamkeit für das einzusetzende organische Düngemittel in der Anlage 3 der Düngeverordnung, so ist der entsprechende Wert bei der nach Landesrecht zuständigen Stelle zu erfragen (siehe Tabelle ab Seite 124).

Im zweiten Jahr sind zehn Prozent des Gesamtstickstoffs aller im Vorjahr ausgebrachten organischen Dünger bei der DBE als Abschlag zu berücksichtigen. Bei Komposten können diese zehn Prozent auf drei Jahre gesplittet werden, im ersten Folgejahr vier Prozent und in den zwei weiteren Folgejahren jeweils drei Prozent (siehe Tabelle 12).

Werden Kompost oder Festmist im Herbst nach der Ernte der letzten Hauptkultur, beispielsweise vor der Aussaat einer Zwischenfrucht ohne Düngebedarf ausgebracht, sind die Zeitpunkte der Anrechnung etwas anders. Die genauen Regelungen können nach Bundesland variieren. In Nordrhein-Westfalen gilt eine solche Kompostgabe als vorgezogene Düngung der Kultur, die im nächsten Frühjahr angebaut wird. Dementsprechend ist auch vor der Kompostausbringung eine DBE für N und P für diese Kultur zu erstellen. Ändert sich die Kulturplanung im nächsten Frühjahr, muss auch die DBE geändert werden. Die Anrechnung der zehn Prozent des Gesamtstickstoffs erfolgt dann wiederum ein Jahr später.

In Tabelle 12 sind die Eigenschaften und die Anrechenbarkeit für unterschiedliche organische Dünger aufgeführt. Wurde in der DBE ein Bedarf von 120 Kilogramm N/ha ermittelt, so kann dieser Bedarf über die Kompostdüngung mit einem Gesamt-N-Gehalt von 100 Kilogramm N/ha nur mit drei Kilogramm

N/ha gedeckt werden, da 97 Kilogramm N/ha in organisch gebundener Form vorliegen und im Ausbringungsjahr nicht pflanzenverfügbar sind. Die für den Düngebedarf fehlenden 117 Kilogramm N/ha können über mineralische oder andere organische Dünger erbracht werden. Würde man in einem weiteren Beispiel den Kompost durch Gülle ersetzen, würden für den Düngebedarf an dieser Stelle nur noch 50 Kilogramm N/ha fehlen.

Für Ernterückstände und Zwischenfrüchte, welche auch eine organische Düngung darstellen, erfolgt die Anrechnung von Stickstoff für die Düngebedarfsermittlung der Folgekultur nach den Vorgaben in den Tabellen 4 und 7 Anlage 4 der DüV.

Um die Anrechnung des Stickstoffs für die DBE anschaulicher zu machen, wurden für die folgende Tabelle 12 sehr stark unterschiedliche Dünger ausgewählt und im Sinne der DBE durchgerechnet. In welcher Situation welche Art von organischem Dünger im Betrieb ausgewählt wird, ist von der Verfügbarkeit der Dünger und dem Anbauverfahren abhängig.

Die Kalkulation der zeitlichen Verfügbarkeit von Stickstoff aus organischen Düngern für das Pflanzenwachstum ist schwierig. Die Daten für N-Expert sind eine hilfreiche Ergänzung, da mithilfe von Programmen in Abhängigkeit vom C/N-Verhältnis und weiteren Einflussfaktoren exakter kalkuliert

Tab. 12: Eigenschaften und Anrechenbarkeit von Stickstoff (bezogen auf 100 Kilogramm N_{gesamt} /ha) für verschiedene organische Dünger

	Rindermist	Schweinegülle	Grünschnittkompost	Ackerbohenschrot ¹
Eigenschaften				
N_{total}	4,8 kg/t	3,8 kg/m ³	6,6 kg/t	39 kg/t
Mineralisches N	0,3 kg/t	2,7 kg/m ³	0,0 kg/t	1 kg/t
Mindestwirksamkeit Anwendungsjahr (DüV)	25 %	70 %	3 %	45 %
100 kg N_{gesamt}/ha entsprechen				
Düngermenge	20,9 t/ha	26 m ³ /ha	15,2 t/ha	2,57 t/ha
Mineralisches N	6 kg N/ha	71 kg N/ha	0 kg N/ha	2,6 kg N/ha
Mindestwirksamkeit DüV	25 kg N /ha	70 kg N/ha	3 kg N/ha	45 kg N/ha
10 % im Folgejahr	10 kg N /ha	10 kg N /ha	4 kg N/ha ²	10 kg N /ha
N-Expert – Anrechnung im Anwendungsjahr	27 kg N/ha	69 kg N/ha	0 kg N/ha	44 kg N/ha

Quelle: https://www.igzev.de/publikationen/IGZ_Organische_Duenger_Naehrstoffgehalte_N-Mineralisierung.pdf

¹ Die nicht in der DüV genannten Werte sind bei der nach Landesrecht zuständigen Stelle zu erfragen.

² Jeweils drei Kilogramm N/ha im zweiten und dritten Jahr nach der Anwendung.

werden kann. Eigenschaften des organischen Düngers (C/N-Verhältnis), Temperatur und Feuchte des Bodens sowie weitere Faktoren beeinflussen die Mineralisierung des organisch gebundenen Stickstoffs. Programme wie N-Expert können bei der Kalkulation helfen, da sie Analysewerte für den organischen Dünger und Einflussfaktoren berücksichtigen (siehe Abbildung 34).

Organische Düngung

Gesamt N	100	kg/ha
Organisch N	94	kg/ha
Mineralisch N	6	kg/ha
Pflanzenverfügbares N	27	kg/ha

Abb. 34: Berechnung des pflanzenverfügbaren Stickstoffs im Jahr der Anwendung mit dem Programm N Expert

Gegenüberstellung des Düngebedarfs und der Menge an gedüngtem Stickstoff

Die Verwendung von organischen Düngern führt dazu, dass beim Vergleich von Stickstoffdüngbedarf und der Menge an zugeführtem Stickstoff ein Ungleichgewicht entsteht, da nicht der gesamte Stickstoff sofort beziehungsweise im ersten Jahr pflanzenwirksam wird. Es entsteht so der Ein-

druck einer Überdüngung. Dies ist besonders stark ausgeprägt bei organischen Düngern mit einer geringen Mindestwirksamkeit (Kompost, Mist). Dieser Eindruck täuscht, denn durch den Einsatz von organischen Düngern wird Humus aufgebaut und damit Stickstoff im Kreislauf gebunden. Erst bei sehr hohen Humussalden je Hektar und Jahr erfolgen eine deutliche Erhöhung des Mineralisierungspotenzials und die Möglichkeit

erhöhter Verluste, verbunden mit einer verminderten Düngeeffizienz. In dem Fall wären Humusbilanzberechnungen durchzuführen und die Einteilung nach VDLUFA (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten e. V.) vorzunehmen, wonach dann gehandelt werden kann. Im Normalfall sind die Salden im Gemüsebau allerdings eher negativ oder maximal ausgeglichen, sodass dieser Fall hier lediglich der Vollständigkeit halber erwähnt wird.

Ohne den Einsatz von organischem Dünger ist es leichter, eine ausgeglichene Bilanz von

Düngebedarf und gedüngtem Stickstoff zu erreichen. Dies ist für die Bodenfruchtbarkeit, die Humusbilanz und die CO₂-Speicherung durch Humus im Boden aus den oben genannten Gründen aber kritisch zu sehen. Die Bewertung einer Gegenüberstellung von Düngebedarf und gedüngter Menge an Gesamtstickstoff ist deshalb immer differenziert und in Abhängigkeit von den verwendeten Düngern vorzunehmen.

Anrechnung von Phosphat für die DBE

Die Menge an Phosphor, die vom Feld mit den Ernteprodukten abgefahren wird, ist die Grundlage für die Düngebedarfsermittlung für Phosphat. Die Feldabfuhr beträgt bei einzelnen Gemüsearten wie Blumenkohl und Brokkoli maximal 18 Kilogramm Phosphor – das entspricht 41 Kilogramm P_2O_5 – je Hektar.

Das im organischen Dünger enthaltene Phosphat wird sofort zu 100 Prozent angerechnet. Dadurch kann sich die Menge an organischem Dünger so begrenzen, dass die Mindestwirksamkeit für Stickstoff nicht mehr ausreichend ist. Zum Beispiel werden bei einer Grüngutkompostgabe von 15,6 Tonnen 54 Kilogramm P_2O_5 ausgebracht, wobei die Mindestwirksamkeit für Stickstoff nur drei Kilogramm N/ha beträgt. Bei 16,4 Tonnen Rindermist je Hektar werden 53 Kilogramm P_2O_5 /ha und bei 10 Tonnen Kompost (Bioabfall) je Hektar 53 Kilogramm P_2O_5 /ha aufgebracht.

Tabelle 14 zeigt beispielhaft, welche Mengen Rindermist oder Champost dem P-Entzug von Gemüsefruchtfolgen entsprechen. Rindermist wird technisch bedingt meist in Mengen von mindestens 20 t/ha ausgebracht. Dies entspricht im Beispiel dem Entzug von Industrieweißkohl, Waschmöhren oder einer Doppelbelegung mit Spinat. In diesen Fällen ist eine einjährige P-DBE ausreichend. Wird hingegen Porree angebaut, muss eine mindestens zweijährige P-Bedarfsermittlung erfolgen, um 20 Tonnen Rindermist ausbringen zu können. Sollen größere Mengen (25–30 Tonnen Rindermist) ausgebracht werden, muss bei den meisten Gemüsekulturen eine mehrjährige P-Bedarfsermittlung gerechnet werden.

Tab. 13: Beispiele für den Phosphatgehalt und die Mindestwirksamkeit für Stickstoff in verschiedenen organischen Düngern

Organischer Dünger	Ausbringungsmenge/ha	Mindestwirksamkeit N (kg/ha) – pflanzenverfügbar	Phosphat (kg P_2O_5 /ha)
Rindermist	20,9 t	25	57
Schweinegülle	26 m ³	70	66
Grünschnittkompost	15,2 t	3	59
Ackerbohnschrot	2,6 t	45	33

Tab. 14: Zulässige Mengen Rindermist und Champost in Abhängigkeit vom P-Bedarf einer einjährigen Fruchtfolge.

Fruchtfolge	P-Entzug der Fruchtfolge (kg P ₂ O ₅ /ha)	Zulässige Menge Rindermist (t)	Zulässige Menge Champost (t)
Spinat + Spinat	58	20	14
Weißkohl (Industrie)	73	25	18
Möhre (Waschmöhre)	57	20	14
Salat + Salat	66	23	16
Porree	48	17	12
Blumenkohl + Salat	66	23	16
Knollensellerie + Wirsingkohl	143	49	35

Die Werte wurden auf Basis von Richtwerten und Standarderträgen berechnet, einzelbetriebliche Werte können dementsprechend leicht abweichen.

Eine zusätzliche Herausforderung stellt die Gegenüberstellung des Düngebedarfs und der Menge an gedüngtem Phosphat (DüV, 2020) für die Betriebe des ökologischen Anbaus dar. Viele Dünger, die den Stickstoffbedarf der Kulturen decken, enthalten gleichzeitig Phosphat. Dies macht insbesondere im ökologischen Anbau eine ausgewogene Phosphatdüngung sehr schwierig. Im konventionellen Anbau kann die Ausgewogenheit über die Kombination von organischen und mineralischen Düngern erreicht werden. Der Ausgleich der Fehlmenge zur Erfüllung des Stickstoffbedarfs erfolgt dann über mineralische N-Dünger. Dies ist im ökologischen Anbau nur schwer möglich, da nahezu alle organischen Handelsdünger relativ hohe Phosphatgehalte aufweisen.

Aus dem Modell- und Demonstrationsvorhaben

Pferdemist im Biobetrieb

Die Flächen der Modellbetriebe im Knoblauchsland weisen meist hohe Phosphatgehalte auf, sodass nach DüV eine Phosphatdüngung dort nur in Höhe der Phosphatabfuhr erlaubt ist. Bei den sandigen Böden im Knoblauchsland ist es allerdings wichtig, durch das Ausbringen von Mist oder Kompost die Bodenfruchtbarkeit und -struktur zu erhalten, um so das Wasser- und Nährstoffspeichervermögen, insbesondere auch den Nitratrückhalt, zu verbessern. Problematisch sind die hohen Phosphatgehalte und die damit verbundenen Beschränkungen aber besonders für den Biobetrieb (Demeter), der auch für die N-Versorgung der Kulturen auf den Mist angewiesen ist: Hier greift eine Vorgabe des Demeter-Verbandes, die eine N-Düngung über organische Handelsdünger nur bis zu maximal 80 Kilogramm N/ha und Jahr im Durchschnitt über die gemüsebauliche Fruchtfolge erlaubt.

Folgende überschlägige Kalkulation verdeutlicht das Problem am Beispiel einer Fenchelkultur (N-Bedarfswert 200 kg/ha) in einem Demeter-Betrieb:

- » Entzug an Phosphat mit der Ernteabfuhr: 28 kg/ha
- » Damit maximal erlaubte Menge an Phosphatzufuhr: 28 kg/ha, entspricht in diesem Fall einer Menge an Rinder- oder Pferdemist von etwa 10 t/ha
- » Dadurch N-Zufuhr von etwa 40 Kilogramm N/ha durch Mist im Frühjahr oder Herbst

Geht man von nur einer Kultur im Jahr aus, so können der Fenchelkultur über organischen Handelsdünger maximal 80 Kilogramm N/ha zur Verfügung gestellt werden (sofern nicht auf anderen gemüsebaulichen Flächen entsprechend weniger gedüngt wird). Somit begrenzt sich die N-Düngung für Fenchel in diesem Beispiel auf 80 Kilogramm N/ha durch Handelsdünger und 40 Kilogramm N/ha durch Mist auf insgesamt 120 Kilogramm N/ha. In Anbetracht des N-Bedarfs für Fenchel (200 kg/ha) kann das, vor allem bei geringer Mineralisierung, dazu führen, dass die Stickstoffzufuhr nicht ausreicht.

Bei hohen Phosphatgehalten im Boden würde es sich eigentlich empfehlen, die P-Düngung für einige Jahre ganz auszusetzen, was damit verbunden wäre, keinen Mist oder Kompost in diesem Zeitraum mehr auszubringen. Das kann allerdings dazu führen, dass die notwendige Humuszufuhr zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit unterbleibt und vor allem im Biobetrieb die Kulturen nicht ausreichend mit Stickstoff versorgt werden können.

N-Obergrenze für organische Düngung

Bei organischer Düngung sind über die DBE hinaus weitere Begrenzungen zu beachten.

Auf nicht nitratbelasteten Flächen gilt: Jährlich dürfen im Betriebsdurchschnitt maximal 170 Kilogramm N/ha mit organischen und organisch-mineralischen Düngern ausgebracht werden. Abweichend davon dürfen bei alleinigem Einsatz von Kompost und Champost innerhalb von drei Jahren 510 Kilogramm N/ha ausgebracht werden.

Auf nitratbelasteten Flächen gelten diese Obergrenzen nicht im Betriebsdurchschnitt, sondern für jede Fläche einzeln. Betriebe können sich von dieser Vorgabe befreien lassen, wenn im Betriebsdurchschnitt auf den nitratbelasteten Flächen maximal 160 kg/ha Gesamtstickstoff gedüngt werden, davon dürfen maximal 80 kg/ha mineralischer Stickstoff sein. Diese Befreiung ist vor allem für Biobetriebe interessant. Es ist jedoch zu beachten, dass wirklich nur die nitratbelasteten Flächen hier einberechnet werden dürfen.

Tipps (Checkliste) zur organischen Düngung

- » DBE für Stickstoff vor Ausbringung erstellen
- » DBE für Phosphat – gegebenenfalls für mehrjährige Fruchtfolge – vor Ausbringung erstellen
- » Nährstoffgehalte vor Ausbringung in Erfahrung bringen (je nach Bundesland Analysepflicht beachten)
- » In nitratbelasteten Gebieten: maximal 170 Kilogramm N_{org} /ha auf einem Schlag (Kompost 510 Kilogramm N/ha innerhalb von drei Jahren)
- » In nicht nitratbelasteten Gebieten: maximal 170 Kilogramm N_{org} /ha im Betriebschnitt (Kompost 510 Kilogramm N/ha innerhalb von drei Jahren)
- » Düngemaßnahme innerhalb von zwei Tagen dokumentieren
- » N-Expert für die Kalkulation der Stickstoffmineralisierung nutzen
- » Für den Gemüsebau eignen sich besonders feste Wirtschaftsdünger (Kompost, Festmist) aufgrund ihrer Humuswirkung und ihres langjährigen Beitrags zur N-Nachlieferung. Diese können im Frühjahr oder im Herbst vor einer Zwischenfrucht ausgebracht werden.
- » Achten Sie auf gemüsespezifische Verbotszeiträume für die Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft (drei Monate vor Ernte) und weitere Beschränkungen, die sich aus der Teilnahme an Qualitätssicherungssystemen ergeben.

Zwischenfrüchte

Sarah Francoise Meyer, Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen

Sind Flächen zeitweise nicht mit Gemüsekulturen bedeckt, ist es sinnvoll, den Boden nicht brachliegen zu lassen, sondern Zwischenfrüchte anzubauen.

Zwischenfrüchte bieten viele Vorteile:

- » **Verbesserung der Bodenstruktur**
Zwischenfrüchte verbessern die Aggregatbildung im Boden und seine Infiltration. Dadurch werden Wasser- und Nährstoffhaushalt verbessert und der Boden wird widerstandsfähiger gegen extreme Wetterereignisse wie Starkregen, Überschwemmung oder Trockenheit.
- » **Nachlieferung von Stickstoff**
Verschiedene Langzeitversuche haben gezeigt, dass nach zehnjähriger regelmäßiger Einsaat von Zwischenfrüchten mit Ertragssteigerungen von bis zu 16 Prozent gerechnet werden kann.
- » **Geringere Erosion**
Zwischenfrüchte schützen vor Bodenabtrag durch Wind und Wasser
- » **Unterdrückung von Unkraut**
- » **Weniger Krankheitsdruck**
Bestimmte Zwischenfrüchte wirken gegen Nematoden. Insgesamt reduzieren Zwischenfrüchte den Krankheitsdruck, da sie die Fruchtfolge auflockern. Einige Besonderheiten müssen natürlich beachtet werden – vor allem, Kreuzblütler als Zwischenfrüchte in Kohlfurchtfolgen zu vermeiden.

» **Gründüngung**

Zwischenfrüchte nehmen den Stickstoff auf, der aus den Ernteresten der vorangegangenen Kultur freigesetzt wird. Wird die Zwischenfrucht im Frühjahr vor der Aussaat oder Pflanzung der Folgekultur eingearbeitet, steht dieser Stickstoff der Folgekultur zur Verfügung, statt in der Zwischenzeit ausgewaschen zu werden.

Gegen den Anbau von Zwischenfrüchten gibt es in der Praxis jedoch auch Bedenken: Gemüsebaubetriebe befürchten den Wasserverbrauch, die Stickstofffestlegung im Aufwuchs, die mögliche Immobilisierung kurz nach dem Einarbeiten und die Förderung bestimmter Krankheiten und Schädlinge.

Der Wasserverbrauch der Zwischenfrüchte stellt aber in der Regel kein Problem dar, da die Winterniederschläge ausreichend hohe Wassermengen liefern. Außerdem wirken sich Zwischenfrüchte positiv auf die Wasserbilanz aus, da sie, zum Beispiel durch Taubildung, die Verdunstung aus dem Boden verringern und durch die verbesserte Infiltration die Nutzung des Niederschlagswassers im Boden erhöhen. Dadurch kann eine Zwischenfrucht sogar dazu führen, dass der Boden im Frühjahr schneller abtrocknet und besser befahrbar ist.

Krankheiten und Schädlingen kann durch eine entsprechende Auswahl der Zwischenfrüchte vorgebeugt werden. Informationen dazu finden sich in den Tabellen 15 und 16.

Auch die Stickstofffestlegung im Aufwuchs und eine mögliche Immobilisierung nach

Einarbeitung der Zwischenfrucht stellten auf den Modellbetrieben kein Problem dar, sofern im Frühjahr N_{\min} -Proben für die Düngebedarfsermittlung genutzt wurden.

Da Gemüsekulturen noch spät im Jahr angebaut und die Flächen schon früh wieder bepflanzt werden können, ist der Zeitraum, der für Zwischenfrüchte zur Verfügung steht, geringer als zum Beispiel im Ackerbau.

Auf Flächen, die erst Mitte Oktober frei und im Februar oder März wieder mit Gemüse bepflanzt werden, ist ein Zwischenfruchtanbau nicht sinnvoll. Die Zwischenfrucht entwickelt sich in diesem Zeitraum nicht ausreichend, um ihre positive Wirkung zu entfalten. Auf Gemüsebaubetrieben gibt es aber auch immer einige Flächen, die im Spätsommer oder

Frühherbst frei oder erst ab Mai bestellt werden. Auf diesen Flächen können Zwischenfrüchte angebaut werden. Mit der Novellierung der Düngeverordnung ist ihr Anbau ab 2021 sogar verpflichtend, wenn die Kultur vor dem 1. Oktober geerntet wird und die Fläche in einem nitratbelasteten Gebiet liegt.

Zwischenfrüchte können Auswaschung verringern oder sogar verhindern. Abb. 35 zeigt den Verlauf der gemessenen N_{\min} -Werte auf einer Mitte September mit einer Zwischenfrucht Mischung eingesäten Salatfläche. Die anfangs sehr hohen Stickstoffmengen im Boden konnten vor dem Winter durch die Zwischenfrucht aufgenommen und gebunden werden. Nennenswerte Regenereignisse traten erst nach dem 10. November auf.

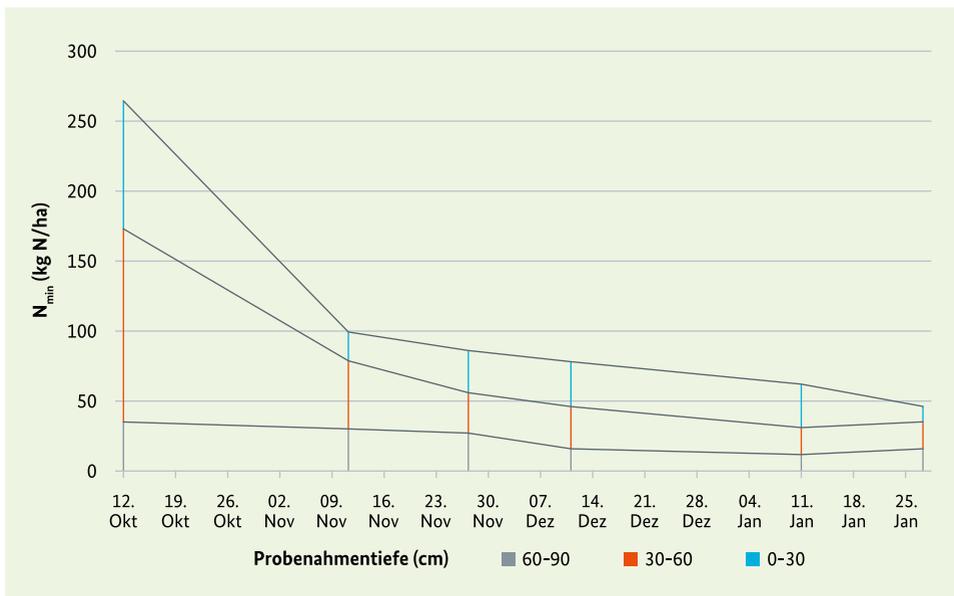


Abb. 35: Verlauf der N_{\min} -Werte auf einer Fläche mit Zwischenfruchtmischung

Somit stellen sich für Gemüsebaubetriebe einige Fragen:

- » Welche Zwischenfrüchte eignen sich für die Fruchtfolge im Gemüsebau?
- » Welche Zwischenfrüchte zeigen bei später Aussaat noch genug Wachstum?
- » Welche Zwischenfrüchte nehmen besonders viel Stickstoff auf?
- » Welche Zwischenfrüchte sollten wegen der Übertragung von Krankheiten und Schädlingen vermieden werden?
- » Müssen Zwischenfrüchte beregnet oder sogar gedüngt werden?
- » Können Zwischenfrüchte im Frühjahr problemlos eingearbeitet werden?
- » Können Zwischenfrüchte als Futter genutzt werden?
- » Wie wird die Zwischenfrucht für die Düngung der folgenden Kultur angerechnet?



Abb. 36: Zwischenfrüchte können mehr als Stickstoff binden, sie wirken sich auch positiv auf die Bodenstruktur aus.

Auswahl der Zwischenfrucht

Zwischenfrüchte für den Winter

Manche Gemüsebaubetriebe nutzen die ersten frei werdenden Flächen, um diese im Rahmen des Greenings als ökologische Vorrangfläche (ÖVF) mit Zwischenfrüchten zu bestellen. Somit müssen keine Flächen ganzjährig aus der Erzeugung genommen werden, um den Mindestanteil an ÖVF zu erfüllen. Für ÖVF müssen bestimmte zulässige Mischungen mit mindestens zwei verschiedenen Arten verwendet werden, sie müssen spätestens am 1. Oktober eingesät werden.

Im Gemüsebau haben sich für ökologische Vorrangflächen Mischungen bewährt, die Rauhafer, Phacelia oder Ölrettich enthalten. Diese Arten entwickeln sich bei einer Aussaat vor dem 1. Oktober in der Regel noch ausreichend bis zum Winter. Mischungen mit Kleearten, Ramtilkkraut, Kresse und Saatwicke kommen für eine Aussaat Ende August/Anfang September bei günstigen Wachstumsbedingungen noch infrage. Bei Aussaat ab Mitte September zeigen sie kein ausreichendes Wachstum mehr.

Nach dem 1. Oktober frei werdende Flächen, die nicht als ökologische Vorrangflächen genutzt werden können, werden aus Kostengründen meistens mit nur einer Art bestellt. Vielerorts bewährt hat sich **Grünroggen**: Er ist günstig, hat keine phytosanitären Nachteile und läuft auch bei später Aussaat bis November noch auf. Falls kein Grünroggen Saatgut verfügbar ist, kann man sich bei früher Aussaat bis Anfang Oktober auch mit normalem Roggen behelfen. Im September

2018 funktionierte das auf einem Modellbetrieb problemlos.

Phacelia zeigte auf den Projektbetrieben eine gute Stickstoffaufnahme im Herbst. Sand- bzw. **Rauhafer** kommt mit trockenen Standorten vergleichsweise gut zurecht. **Ölrettich** als Kreuzblütler ist für Gemüsebaubetriebe, die ohnehin schon viel Kohl in der Fruchtfolge haben, nicht geeignet. **Welsches Weidelgras** zur Futternutzung ist eine Option, wenn in viehstarken Regionen nach Trockenjahren große Nachfrage nach Futter herrscht. Die Aussaat, Bewirtschaftung und Ernte des Grases erfolgten in einem Modellbetrieb direkt durch den Milchbauern, der das Futtergras benötigt. Von den Überlegungen, Zwischenfrüchte selbst abzuernenden und dann zu verkaufen, nahmen die Modellbetriebe bisher immer wieder Abstand. Grund ist der hohe Zusatzaufwand bei geringem zu erwartenden Nutzen für die Gemüsebetriebe. Zudem ist zu beachten, dass bei einer Aussaat von Weidelgras im September die Fläche im kommenden Jahr erst ab Mai zur Verfügung steht, da sonst der Aufwuchs für die Abernte zu gering ist.

Mischungen im Vergleich zu einzelnen Zwischenfrüchten

Mischungen mit unterschiedlich tief wurzelnden Arten gelten als besonders gut, da sie die Bodenstruktur in unterschiedlichen Tiefen verbessern. Für diese Wirkung muss die Zwischenfrucht jedoch schon weit genug entwickelt sein, die Mischung sollte daher schon im Sommer ausgesät werden. Ein Versuch auf einem Modellbetrieb hat gezeigt, dass eine Anfang Oktober ausgesäte Mischung keine bessere Durchwurzelung als der gleichzeitig ausgesäte Grünroggen hatte.

Grünroggen	
	
Stickstoffaufnahme 7 kg N/ha (gesät 25.10.19)	Stickstoffaufnahme 69 kg N/ha (gesät 19.9.19)
Phacelia-Rauhafermischung	
	
Stickstoffaufnahme 66 kg N/ha gesät (19.9.19)	Stickstoffaufnahme 31 kg N/ha gesät (21.9.20)
Phacelia-Rauhafer-Ramtillkraut-Klee	
	
Stickstoffaufnahme 150 kg N/ha (gesät Mitte September 2020)	
Abb. 37 bis 40: Anhand von Pflanzenanalysen gemessene Stickstoffaufnahme von Zwischenfrüchten von Aussaat bis Mitte Januar	

Vorteil einer Mischung mit Phacelia ist jedoch, dass sie mehr Stickstoff im Boden festhält. Diese Wirkung zeigte sich sowohl am Niederrhein als auch im Knoblauchsland.

Bei abfrierenden Zwischenfrüchten muss die Stickstoffnachlieferung nicht in der Düngedarfsermittlung angerechnet werden. Sie sollte aber dennoch bei der Düngung berücksichtigt werden. Bei ungünstigen Mineralisationsbedingungen im März ist die Versorgung der frisch gepflanzten Gemüsekultur nach einer abfrierenden Zwischenfrucht besser sichergestellt als bei nicht abfrierender Zwischenfrucht mit verpflichtender Anrechnung.

Zwischenfrüchte für den Sommer

Als Zwischenfrucht im Sommer zwischen zwei Gemüsekulturen eignet sich **Buchweizen** mit einer relativ kurzen Standzeit von ca. sechs Wochen und aufgrund der guten Unkrautunterdrückung besonders gut. Nach sechs Wochen samt Buchweizen aus und sollte deswegen unbedingt vorher entfernt werden. Mischungen mit Buchweizen sind jedoch schwierig, weil Buchweizen nicht nur Unkraut, sondern auch Mischungspartner schnell unterdrückt. Außerdem wurzelt Buchweizen relativ flach. Wer eine tief wurzelnde Zwischenfrucht sucht, die Stickstoff aus 30 bis 60 Zentimetern Bodentiefe bindet und ihn dadurch für die Folgekultur im Oberboden verfügbar macht, ist mit **Öllein** als Alternative gut beraten. Hohe Stickstoffaufnahmen wurden in der Kurzkultur auch bei **Teff** und **Welschem Weidelgras** gemessen.

Aussaatzeitpunkte von Winterzwischenfrüchten

Um den nach der Anbausaison noch im Boden vorhandenen Stickstoff zu konservieren und seine Auswaschung ins Grundwasser zu vermeiden, sind vor allem im Herbst und Winter Zwischenfrüchte sinnvoll.

Frühe Aussaat

Aussaat **August bis Anfang Oktober** nach der Ernte, Umbruch im Februar oder März vor der Pflanzung der ersten Kultur:

Soll die Fläche ab März mit einer Frühlkultur bestellt werden, dann ist eine möglichst früh zu säende abfrierende Zwischenfrucht sinnvoll, die rechtzeitig abgeschlegelt oder gewalzt wird. Abfrierende Zwischenfrüchte haben den Vorteil, dass sie im Frühjahr leichter eingearbeitet werden können und die Befahrbarkeit des Bodens besser ist. Allerdings muss zunehmend damit gerechnet werden, dass abfrierende Zwischenfrüchte in milden Wintern nicht abfrieren, sodass der Unterschied zur nicht abfrierenden Zwischenfrucht in diesem Punkt nicht immer gegeben ist.

Reststickstoff aus Boden und Ernteresotten wird gebunden und über Winter nicht ausgewaschen.

Späte Aussaat

Aussaat **Mitte Oktober bis Ende November**, Umbruch zwischen April und Juni vor der Pflanzung einer späten Erstkultur:

Für die späte Aussaat ist eine frostharte Zwischenfrucht sinnvoll. Diese sollte jedoch so früh wie möglich nach Freiwerden der Fläche

Tab. 15: Eine Auswahl an bewährten Winterzwischenfrüchten

Art bzw. Mischung	Aussaat bis September	Aussaat nach 1. Oktober	Greening-konform	Abfrierend	Humusanreicherung	Erosionsschutz	Nährstoffbindung Herbst (bei ausreichend früher Aussaat)	Phytoparasitäre Faktoren	Weitere Vorteile
Grünroggen	ja	ja	nein	nein	+	+	+	neutral	kostengünstig, Futternutzung möglich
Phacelia	ja	nein	ja	ja	+	+	++	Nematodenbekämpfung	
Rauhafer									
Phacelia	Aussaat bei günstiger Witterung bis Anfang September möglich	nein	ja	ja	+	++	+	Nematodenbekämpfung	
Ramtillkraut									
Alexandrinerklee									
Ölrettich	ja	nein	ja	Sandhafer ja, aber Ölrettich friert nicht sicher ab	++	++	++	Nematodenbekämpfung Ölrettich ist für Fruchtfolgen mit Kohl nicht geeignet (Kohlhernie).	Sandhafer wächst auch bei Trockenheit.
Sandhafer									
Welsches Weidelgras	ja	nein	nein	nein	++	++	++	Drahtwurmprobleme können auftreten. (bei Kulturzeiten größer ein Jahr im Ökolandbau beobachtet)	Futternutzung möglich

gesät werden. Im Gemüsebau ist hierfür nur Grünroggen geeignet.

Der frei werdende Stickstoff wird im warmen Frühjahr ab Februar gut von der Zwischenfrucht aufgenommen. Die Wirkung setzt ein, wenn die Temperaturen steigen und Erntereste mineralisiert werden. Auswaschung durch Frühjahrsniederschläge wird vermieden, der Stickstoff steht für die anschließende Pflanzung gebunden zur Verfügung. Bei langer Standzeit im Frühjahr ist die Wirkung auf den Humusaufbau besonders gut. Durch die späte Aussaat erfolgt jedoch kaum noch eine effiziente Stickstoffaufnahme vor dem Winter.



Abb. 42: Welsches Weidelgras als Sommerzwischenfrucht auf einer Versuchsfläche des DLR Rheinpfalz



Abb. 41: Buchweizen als Sommerzwischenfrucht auf einer Versuchsfläche des DLR Rheinpfalz



Abb. 43: Mischung aus Phacelia, Ramtillkraut und Öllein als Sommerzwischenfrucht auf einer Versuchsfläche des DLR Rheinpfalz

Tab. 16: Eine Auswahl an bewährten Sommerzwischenfrüchten

Art bzw. Mischung	Stickstoffaufnahme Oberboden	Stickstoffaufnahme Unterboden	Unkrautunterdrückung	Besonderheiten
Buchweizen	+	-	++	sehr kurze Entwicklungszeit Problem in Mischungen: unterdrückt Mischungspartner
Teff (Zwerghirse)	++	++	+	
Öllein Welsches Weidelgras	++	++	+	
Welsches Weidelgras	++	+	+	
Phacelia Buchweizen Öllein	+	+	++	
Buchweizen Ramtilkkraut Öllein	+	+	++	

Aussaatzeitpunkte von Sommerfrüchten

Für den Erosionsschutz, Humusaufbau und weitere langfristige positive Wirkungen sind folgende Zeiträume sinnvoll:

- » Aussaat im April oder Mai nach einer Überwinterungskultur, Umbruch im Juli oder August vor Aussaat einer späten Kultur

Gutes Wachstum im Sommer, daher gute Wirkung auf die Bodenstruktur; Mischungen mit Blühpflanzen fördern zudem die Biodiversität.

- » Aussaat im September, mit Umbruch im November oder Dezember

Eine derart kurze Zwischenkultur hilft nur gegen Auswaschung, wenn die Zwischenfrucht vor dem Winter zwar zerkleinert wird, aber keine Bodenbearbeitung erfolgt. Denn durch Bodenbearbeitung wird Stickstoff aus der Zwischenfrucht in warmen Wintern schnell wieder frei. Zudem würde durch Bodenbearbeitung die Mineralisation zu Beginn der Sickerwasserperiode gefördert. Der Umbruch vor dem Winter wird jedoch von Betrieben praktiziert, die ihre Bodenstruktur durch Zwischenfrüchte verbessern, aber trotzdem aus traditionellen Gründen vor dem Winter umbrechen möchten. Aus Sicht des Wasserschutzes sollte das aber vermieden werden. Mit Inkrafttreten des § 13 der DüV 2020 im Jahr 2021 ist dieses Vorgehen zudem nur noch in nicht nitratbelasteten Gebieten erlaubt. In nitratbelasteten Gebieten darf ein Umbruch frühestens am 15. Januar stattfinden.



Abb. 44: Früh gesäter Örrettich am 20. Dezember

Bewässerung und Düngung von Zwischenfrüchten

Die Vorteile einer Zwischenfrucht kommen nur zum Tragen, wenn sie sich gut entwickelt. Daher stellt sich die Frage, ob Zwischenfrüchte bewässert oder gedüngt werden müssen.

Bewässerung

Ob eine Zwischenfrucht beregnet werden muss, hängt stark von ihrem Aussaatzeitpunkt ab. Insbesondere bei Zwischenfrüchten, die im Spätsommer ausgesät werden, reichen die Niederschläge oft nicht aus, um

ein entsprechendes Wachstum zu gewährleisten. Daneben hat auch die Bodenart Einfluss darauf, ob eine Zwischenfrucht bewässert werden muss. Wurde die vorangegangene Kultur intensiv bewässert, steht auch der Zwischenkultur noch mehr Wasser zur Verfügung.

Eine notwendige Startbewässerung der Zwischenfrucht sollte Betriebe nicht von einer zeitigen Aussaat abhalten. Berechnungen des Thünen-Instituts zeigen, dass die Kosten für die Bewässerung durch die Düngereinsparung im Folgejahr ausgeglichen werden können. Dazu kommt die langfristige Bodenverbesserung durch die Humuswirkung länger



Abb. 45: Gründungsversuch nach zwei Tagen Bewässerung, Aussaat: 11. September 2017, links ohne Bewässerung, rechts nach Bewässerung ab 28. September (zwei Tage)

Aus den Modell- und Demonstrationsvorhaben

- » In den MuD-Betrieben ist auf sandigen Böden in trockenen Jahren im September eine Startbewässerung notwendig gewesen, um das Auflaufen der Zwischenfrucht sicherzustellen. Im Spätherbst sind die Zwischenfrüchte jedoch auch ohne zusätzliche Bewässerung aufgelaufen. In Jahren mit höheren Herbstniederschlägen war auch im September keine Bewässerung nötig.
- » Auf schweren Böden ist Grünroggen auch ohne Bewässerung gut aufgelaufen, selbst im extrem trockenen Jahr 2018. Der Grünroggen wurde Anfang bis Mitte September ausgesät. Der Aufwuchs war üppig genug, um hohe Stickstoffmengen aufzunehmen. Die gute Entwicklung beruhte auf der intensiven Bewässerung der vorausgegangenen Gemüsekulturen. Dieser Effekt konnte im gleichen Jahr auch auf den etwas leichteren Böden eines anderen Betriebes beobachtet werden.

Bei einem Versuch im Knoblauchsland wirkten sich zwei Bewässerungsgänge vorteilhaft auf das Wachstum der Zwischenfrucht aus (siehe Abb. 45).



Abb. 46: Grünroggen ausgesät am 13. September 2018 auf schwerem Boden nach intensiv bewässertem Blumenkohl, Foto vom 15. November 2018

stehender Zwischenfrüchte. Daher sollte eine frühe Aussaat auch mit Zusatzbewässerung auf jeden Fall in Erwägung gezogen werden.

Allerdings müssen hierfür ausreichende Bewässerungseinrichtungen zur Verfügung stehen, da zu diesem Zeitpunkt meist auch die Gemüsekulturen bewässert werden müssen. Auch dürfen die genehmigten Wasserentnahmekontingente nicht überschritten werden. Zwischenfrüchte gelten bei der Beantragung von Wasserentnahmerechten nicht als berechnungswürdig und können daher nicht angerechnet werden. Daher setzt eine Bewässerung von Zwischenfrüchten bei strenger Regulierung der Wasserentnahme eine reduzierte Bewässerung der Hauptkulturen voraus. Eine gründliche und bedarfsgerechte Bewässerung der Vorkultur

ist im Hinblick auf den Arbeitsaufwand und die effiziente Wassernutzung sinnvoller und kann eine Bewässerung der Zwischenfrucht ersetzen.

Düngung

Neben der Bewässerung spielt auch die Ernährung der Zwischenfrucht eine erhebliche Rolle für ihre Entwicklung, sodass sich die Frage stellt, ob eine Startdüngung der Zwischenfrucht hilft, um bei guter Entwicklung später umso mehr Stickstoff aus dem Boden zu binden.

Vor dem Hintergrund der gesetzlichen Entwicklung erübrigt sich diese Frage allerdings zunehmend.

Aus dem Modell- und Demonstrationsvorhaben

Nach zwei vorangegangenen Salatkulturen und Nulldüngung der zweiten Kultur fanden sich noch N_{\min} -Werte im Boden, die für die Versorgung der Zwischenfrucht ausreichten. Der Stickstoff wurde bei zeitiger Aussaat gut von den Zwischenfrüchten aufgenommen und die Herbst- N_{\min} -Werte wurden reduziert.

Nach der Ernte von Kohl-Kulturen waren die gemessenen Stickstoffwerte im Boden bei den Modellbetrieben zwar eher niedrig, durch die Nachlieferung aus den Ernteresten war aber auch in diesem Fall die Versorgung der Zwischenfrucht sichergestellt.

Auch bei Kulturen ohne Reststickstoff und Erntereste war keine Düngung der Zwischenfrucht nötig: Auf Lössböden mit guter Stickstoffnachlieferung entwickelte sich auch Grünroggen mit Weizen als Vorfrucht ohne Probleme.

Versuche im Knoblauchsland zeigten, dass Grünroggen mit einer Düngung von 60 Kilogramm N/ha auf einer relativ „leeren“ Salatfläche einen etwas stärkeren Aufwuchs entwickelt. Wer Zwischenfrüchte zur Futternutzung produzieren möchte und daher Wert auf einen entsprechend starken Aufwuchs legt, kann daher nach Beurteilung von Rest- N_{\min} im Boden über eine Düngung nachdenken. Zu berücksichtigen sind natürlich auch dann noch die Erntereste der Vorkultur. Nach Blumenkohl wird eine Düngung nicht notwendig sein!

In Nordrhein-Westfalen ist die Düngung von Zwischenfrüchten nach Gemüse bereits durch den Herbstlerass des Ministeriums für Umwelt, Natur, Landwirtschaft und Verbraucherschutz verboten, mit Ausnahme von Kompost und Festmist. In Bayern war die Düngung von Zwischenfrüchten nach Inkrafttreten der DüV 2017 zunächst noch erlaubt. Mit der Novellierung der DüV ist jedoch seit 2021 die mineralische Düngung von Zwischenfrüchten ohne Futternutzung in den nitratbelasteten Gebieten verboten. Eine Gabe von Festmist oder Kompost ist weiterhin möglich und empfiehlt sich gegebenenfalls zur langfristigen Verbesserung des Humusgehalts des Bodens, die kurzfristige Düngewirkung ist aber bei den erlaubten Mengen eher zu vernachlässigen.

Außerdem zeigen Ergebnisse aus den Modell- und Versuchsvorhaben, dass die Düngung von Zwischenfrüchten in der Regel nicht notwendig ist (siehe Kasten).

Einarbeitung der Zwischenfrucht

Für den Anbau von Gemüse ist ein besonders feinkörniges und sauberes Saatbett nötig. Um dies sicherzustellen, sollten zwischen der Einarbeitung der Zwischenfrucht und Saat bzw. Pflanzung der Gemüsekultur mindestens drei Wochen liegen. Bei geringem Aufwuchs oder hohen Temperaturen kann dieser Zeitraum gegebenenfalls verkürzt werden. Ein wichtiger Grundsatz ist zudem, dass keine großen

Mengen an frischem Pflanzenmaterial anaerob im Boden vergraben werden dürfen. Das kann sonst zu Fäulnis und Problemen mit der Folgekultur (zum Beispiel Pilzkrankheiten, schlecht kalkulierbare Stickstofffreisetzung, grobes Saatbett) führen.

In Abhängigkeit von Art und Aufwuchs der Zwischenfrucht gelten daher folgende Empfehlungen:

Das direkte Unterpflügen eignet sich für abgefrorene Zwischenfrüchte auf allen Böden. Bei leichten bis mittleren Böden funktioniert das auch für nicht abfrierende mit geringem Aufwuchs bis maximal 20 Zentimeter. Bei schweren Böden besteht eher die Gefahr, Zwischenfrüchte anaerob zu vergraben. In diesem Fall sollte zuerst gemulcht werden.

Sind die Zwischenfrüchte nur teilweise abgefroren, sollten sie vor dem Pflügen oberflächlich eingearbeitet werden. Für die Einarbeitung eignen sich besonders Fräsen, Zinkenrotoren oder Kreiselegen.

Wüchsige Zwischenfrüchte ab 20 Zentimeter sollten vor der oberflächlichen Einarbeitung zerkleinert werden. Dafür eignen sich Messerwalze, Schlegel oder Mulcher. Letztere sind auf Gemüsebaubetrieben oft zur Zerkleinerung von Ernteresten vorhanden. Eine einfache Zackenstabwalze eignet sich nur für leicht zu knickende Kulturen wie zum Beispiel Senf oder Buchweizen. Wird gewalzt, muss die Zwischenfrucht aber schon in der generativen Phase sein, damit sie nach dem Walzen nicht mehr weiterwächst. Bei eher noch zu nassen Böden im Frühjahr empfiehlt sich dagegen ganz klar das Abmulchen. Die Einarbeitung sollte frühestens vier Tage nach dem Mulchen erfolgen.

Alternativ wird der Einsatz eines Totalherbizids aus Zeitgründen von manchen Betrieben praktiziert, dürfte aber aufgrund der Entwicklung der Zulassungssituation zukünftig an Relevanz verlieren.

Zwischenfrüchte, die nach dem Winter bis Mai oder länger stehen, können mehrmals gemulcht werden, beispielsweise vor dem Rispschieben und später noch mal vor der Einarbeitung. So bearbeitete Zwischenfruchtbestände zersetzen sich im Boden schneller als überständige Bestände. Das gilt auch für abfrierende Zwischenfruchtmischungen, die nach dem ersten Abmulchen länger liegen bleiben und wieder austreiben.

Für Betriebe, die pfluglos bearbeiten, ist das mehrmalige Mulchen der Zwischenfrucht bei längerer Standzeit besonders wichtig, sonst kommt es zu Verstopfungen zwischen den Scharen des Flachgrubbers.

Aus dem Modell- und Demonstrationsvorhaben

Direktsaatverfahren haben sich in einem ersten Versuch im MuD-Betrieb nach Grünroggen etwas schwierig gestaltet. Bei der Phacelia-Sandhafer-Mischung, die auf den Greening-Flächen eingesetzt wurde, funktionierte es deutlich besser. Aus diesem Grund wird dieser Betrieb in Zukunft diese Mischung auch auf Flächen, die nicht dem Greening-Vorgaben unterliegen, einsetzen, obwohl sie etwas teurer ist als Grünroggen. Bei Verwendung eines flachen Grubbers ist es besonders wichtig, dass der Bestand vorher gemulcht wurde, sonst kommt es zu Verstopfungen zwischen den Scharen.

Futternutzung

Ein Modellbetrieb überlegte nach dem trockenen Sommer 2018, seinen Roggen zur Futternutzung zu verkaufen, da Futter in viehhaltenden Betrieben in der Umgebung knapp war. Bei Aussaat Mitte September war der Aufwuchs bis zum Winter zwar ausreichend, um Auswaschung zu verhindern. Für eine effiziente Futternutzung reichten 20 bis 30 Zentimeter Aufwuchs jedoch nicht aus. Zwischenfrüchte, die als Futter genutzt werden, müssen noch im Hochsommer ausgesät und je nach Niederschlagsmenge auch bewässert werden. Wenn die Fläche im nächsten Jahr erst spät für den Gemüsebau benötigt wird, kann man die Zwischenfrucht

jedoch auch noch im September aussähen und im folgenden Jahr im Mai zur Futternutzung ernten.

Anrechenbarkeit von Zwischenfrüchten bei der Düngung der Folgekultur

Nach Düngeverordnung müssen abfrierende Zwischenfrüchte nicht bei der Düngedarfsermittlung für die Folgekultur angerechnet werden. Nicht abfrierende Zwischenfrüchte wie Grünroggen sind mit einem Abzug von 20 Kilogramm N/ha zu berücksichtigen. Für Leguminosen sind es 40 Kilogramm N/ha, bei abfrierenden Leguminosen 10 Kilogramm

Tab. 17: Winterharte und abfrierende Zwischenfrüchte

Winterharte/ausreichend kältetolerante Zwischenfrüchte	Abfrierende Zwischenfrüchte
Grünroggen Winterrübsen Ölerrettich, Meliorationsrettich Einjähriges Weidelgras Welsches Weidelgras Bastardweidelgras Deutsches Weidelgras alle ausdauernden Gräser (zum Beispiel Rotschwengel, Knautgras, Wiesenschwengel, Wiesenschweidel) (Gattung <i>Festulium</i>) Markstammkohl (Futterkohl) Stoppelrüben (Herbstrüben) Winterraps	Senf (alle Arten) Phacelia Sommerraps Hafer, Rauhafer Sommergerste Buchweizen (alle Arten der Gattung <i>Fagopyrum</i>) Sonnenblumen Hanf Öllein Ramtillkraut
Leguminosen	
Winterhart/ausreichend kältetolerant	Abfrierend
Winterwicke Inkarnatklee Weißklee Rotklee Schwedenklee	Lupinen Saatwicken Perserklee Alexandrinerklee Serradella Felderbse Peluschke Ackerbohne

N/ha. Ob die Zwischenfrucht abfrierend ist oder nicht, wird in der Regel über die Saatgutdeklaration definiert. Das tatsächliche Abfrieren der Zwischenfrucht ist bisher in vielen Bundesländern nicht maßgeblich. Da es durch milde Winter zunehmend häufiger dazu kommt, dass Zwischenfrüchte nicht abfrieren, sollten Sie sich über die aktuellen Regelungen Ihres Bundeslandes informieren.

Befürchtungen, dass der geringe Aufwuchs von spät gesättem Grünroggen weniger Stickstoff enthält, als angerechnet werden muss, haben sich in der Praxis nicht bestätigt. Auch die Nachlieferung stellt selbst bei kühlen Temperaturen kein Problem dar. Allerdings hat es sich nach Grünroggen bewährt, eine N_{\min} -Probe für die DBE der Folgekultur zu nehmen. Grünroggenflächen auf mittleren bis schweren Böden waren kurz vor dem Umbruch unabhängig von Witterung und Jahreszeit immer stickstoffärmer als Brachflächen zum gleichen Zeitpunkt. Die Verwendung von Richtwerten überschätzt dann den Stickstoffgehalt im Boden und könnte zu Stickstoffmangel bei der Folgekultur führen. Daher nach Grünroggen im Frühjahr immer beproben! Für leichte Böden sind die Richtwerte im Frühjahr meist ohnehin sehr niedrig angesetzt, hier ist eine Bodenprobe nach Grünroggen nicht unbedingt erforderlich.

Grünroggen, der bis Ende Mai steht, bindet nach Messungen in einem Modellbetrieb 50 Kilogramm N/ha in der oberirdischen Pflanzenmasse. Das C/N-Verhältnis von Grünroggen in diesem Stadium ist zwar ungünstiger als im März, andererseits fördern höhere

Bodentemperaturen zu dieser Jahreszeit eine schnellere Stickstofffreisetzung.

Im Mai gab es auch mit der Verwendung des Richtwerts für die Düngedarfsermittlung von Blumenkohl keine Probleme. Der Blumenkohl erhielt eine Startdüngung von 40 Kilogramm N/ha, vor der Kopfdüngung wurde dann eine N_{\min} -Probe gezogen. Es zeigte sich, dass durch die N-Freisetzung aus dem eingearbeiteten Grünroggen 40 Kilogramm N/ha (18 Prozent gegenüber der Düngedarfsermittlung) eingespart werden.

Bei der Rauhafer-Phacelia-Mischung waren die N_{\min} -Werte Ende Februar in der Regel höher als auf Bracheflächen, da der Stickstoff offensichtlich nicht nur von der Pflanze aufgenommen, sondern auch im Boden besser gebunden wurde. Wenn die Phacelia nach dem Abmulchen wieder austrieb, sanken die N_{\min} -Werte durch die Pflanzenaufnahme etwas ab, blieben aber bei ca. 30 Kilogramm N/ha in null bis 60 Zentimetern Bodentiefe.

Auch abfrierende Zwischenfrüchte wie Phacelia, bei der nach DBE keine Mindestanrechnung vorgenommen wird, können Stickstoff für die Folgekultur konservieren und somit zu einer Optimierung der N-Effizienz beitragen.

Aus dem Modell- und Demonstrationsvorhaben

Auf einem Modellbetrieb am Niederrhein wurden bereits vor Projektbeginn reichlich Zwischenfrüchte ausgesät. Ende September wurde mit einer Rauhafer-Phacelia-Mischung auf den ökologischen Vorrangflächen begonnen, danach folgte die Aussaat von Grünroggen auf allen freiwerdenden Flächen bis Ende November. Jedoch wurde traditionell auf allen Flächen Anfang Februar der Grünroggen umgebrochen, obwohl diese teils erst Ende April bepflanzt wurden. Der Betriebsleiter hatte Sorge, dass der Grünroggen den Flächen zu viel Wasser entziehen würde, außerdem hatte er noch keine Erfahrung in der Einarbeitung von wüchsigem Grünroggen.

Im Rahmen des Projekts ließ er im Frühjahr 2018 eine spät gesäte Grünroggenfläche bis Anfang April stehen, die Bepflanzung folgte dann Ende April (siehe die folgenden Abbildungen 47–50). Einarbeitung und Wasserhaushalt bereiteten keine Probleme. Im folgenden Jahr blieb der Grünroggen auf einer Fläche sogar bis Juni stehen und wurde erst nach dem Ährenschieben abgemulcht. Nach zweimaligem Abmulchen war auch hier die Einarbeitung kein Problem.



Abb. 47: Grünroggen am 22. März, ausgesät Ende November



Abb. 48: ... am 2. April



Abb. 49: ... am 30. April



Abb. 50: ... am 13. Mai

Zwischenfrucht zur Futternutzung

Ein weiterer Modellbetrieb hatte schon viele Jahre lang Winterzwischenfrüchte gesät. Diese wurden zunächst immer eingearbeitet. Da der Betrieb in einer viehstarken Region wirtschaftet, besteht nach trockenen Sommern eine große Nachfrage nach Futter. Deshalb wurde der Anbau von Futtergras von September bis Mai erprobt, zumal einige Flächen im Folgejahr erst spät bepflanzt werden. Problematisch war dabei, dass das Wachstum der folgenden Porreekultur stark gehemmt wurde. Ein Abstand von vier bis sechs Wochen zwischen Bodenbearbeitung und Neupflanzung erwies sich bei einer Graszwischenfrucht als notwendig. Daher kommt Futtergrasanbau nur für Flächen in Frage, die erst im Juli bepflanzt werden.

Grünroggen mit früher Aussaat

Auf einem anderen Projektbetrieb mit schweren Böden wurde 2018 Grünroggen schon Anfang September zum Erosionsschutz ausgesät. Es zeigte sich eine sehr hohe Stickstoffaufnahme durch die Zwischenfrucht zwischen September und November. Auf anderen brachliegenden Flächen des Betriebs gab es in diesem Zeitraum keine Abnahme des N_{\min} -Wertes. Durch die frühe Aussaat konnten so rund 50 Kilogramm N/ha in der Zwischenfrucht gebunden werden. Der Grünroggen wurde jedoch noch vor dem Winter umgebrochen, da die Frostgare für diesen Betrieb Priorität hatte. Das führte zu einer hohen Mineralisierung und anschließender Stickstofffreisetzung im mild-feuchten Winter. Im darauffolgenden Jahr wurden die Zwischenfrüchte erst Mitte Januar umgebrochen, um die voraussichtlichen Vorschriften der neuen Düngeverordnung in nitratbelasteten Gebieten schon mal zu testen. Um den Boden nicht zu belasten, wurden die wenigen vorhandenen Frosttage für das Befahren genutzt. Die potenzielle Auswaschungsperiode konnte so verkürzt werden. Da es im Dezember kaum Frost gab, aber viel Regen, stellt dieses Vorgehen auch hinsichtlich der Frostgare keinen Nachteil dar. In den vergangenen Projektjahren konnte allgemein beobachtet werden, dass der Dezember meist mild und regenreich ist, während die wenigen Frosttage eher von Januar bis März vorkommen.

Flächentausch zur Optimierung der Fruchtfolge

Einige MuD-Betriebe tauschen regelmäßig Flächen mit landwirtschaftlichen Betrieben. Dies ist eine sehr gute Möglichkeit, die Flächen intensiv zu nutzen und durch den Fruchtwechsel von Tief- und Flachwurzlern die N-Ausnutzung der Kulturen zu optimieren. Der Wechsel zwischen Getreide- und Gemüseanbau hat zudem positive phytosanitäre Effekte und wirkt sich fördernd auf die Bodenstruktur und den Humusgehalt des Bodens aus.

Der Flächentausch ist aus fachlicher Sicht daher sehr zu empfehlen. Bei der Umsetzung der Düngeverordnung ergeben sich jedoch zusätzliche Herausforderungen. So ist darauf zu achten, dass auch für Tauschflächen eine Bodenuntersuchung für Phosphat vorliegt. Diese kann vom vorbewirtschaftenden Betrieb übernommen oder selbst veranlasst werden. Eine organische Düngung ist auf kurzfristig im Betrieb befindlichen Flächen schwierig, da diese einige Verpflichtungen mit sich zieht, die auf ein ganzes Jahr oder sogar mehrere Jahre bezogen sind (P-Bedarfsermittlung für eine Fruchtfolge, Einhaltung von 170 Kilogramm N/ha und Jahr bzw. für Kompost 510 Kilogramm N/ha in drei Jahren auf jeder einzelnen Fläche im nitratbelasteten Gebiet). Auch muss die organische Düngung korrekt in der N-DBE (N-Düngebedarfsermittlung) des Folgejahres angerechnet werden. Gemüse- und Ackerbaubetriebe müssen sich daher auch immer beim Tauschbetrieb erkundigen, ob organische Düngung ausgebracht wurde, die sie im nächsten Jahr anrechnen müssen.

Ökonomische Betrachtung von Zwischenfrüchten

Dr. Sabine Ludwig-Ohm, Hanna Wildenhues und Dr. Hildegard Garming, Thünen-Institut für Betriebswirtschaft

Kosten und Nutzen von Zwischenfrüchten, auch Gründüngung genannt, sind vielfältig, aber oftmals schwer zu quantifizieren, insbesondere der Nutzen. Zu den Kosten zählen neben den Materialkosten für Saatgut und gegebenenfalls Beregnungswasser, den variablen Lohn- und Maschinenkosten auch Opportunitätskosten, also Kosten für entgangene Erlöse, wenn durch die Zwischenfrüchte nicht mehr alle Anbaualternativen möglich sind.

Auf der Nutzenseite kann man die Einsparungen von Stickstoff für die Folgekultur, die zwischen 20 und 60 Kilogramm N/ha betragen können, recht einfach beziffern. Zusätzliche positive Effekte der Gründüngung, beispielsweise Verbesserungen der Bodenstruktur und des Humusgehaltes sowie eine verminderte Bodenerosion, sind schwerer quantifizierbar. Aus diesem Grund wird eine vorsichtige, konservative Annahme getroffen: Die generelle positive Wirkung der Zwischenfrüchte soll zu einer Ertragssteigerung von einem Prozent in der Folgekultur führen.

Kosten und Nutzen von Zwischenfrüchten sind im MuD am Beispiel Grünroggen kalkuliert worden. Grünroggen ist eine winterharte Kultur, die für den Gemüsebau gut geeignet ist, weil sie keine phytosanitären Probleme verursacht. Die angenommene Fruchtfolge sind zwei bzw. drei Sätze Salat im ersten Anbaujahr, denen im Folgejahr Brokkoli folgen

soll. Zur Veranschaulichung möglicher Kostenelemente wurden fünf Szenarien betrachtet, die in Tabelle 18 beschrieben sind.

Die Ergebnisse der für die verschiedenen Szenarien durchgeführten Modellrechnungen für die oben genannte Fruchtfolge Salat – Zwischenfrucht – Brokkoli sind in Tabelle 19 aufgelistet.

Eine Zwischenfrucht, die noch im Jahr der Aussaat umgebrochen wird, verursacht nur

Kosten (Szenario 2). Kann mit der Zwischenfrucht ein Ertragszuwachs der Folgekultur erreicht werden, so ist der Nutzen schon bei einer Ertragssteigerung von nur einem Prozent höher als die Kosten, der Nettonutzen beträgt dann 266 Euro pro Hektar (Szenario 1). Wenn die Zwischenfrucht – wie im Jahr 2018 – bewässert werden müsste, verringert sich der Nettonutzen auf 199 Euro pro Hektar (Szenario 3). Dies gilt jedoch nur für Flächen, die vom 15. September bis zum 15. Februar ohnehin nicht mit Gemüse bestellt werden,

Tab. 18: Szenarien der Kostenrechnung von Zwischenfrüchten

Szenario	Kostenelemente
1 Zwischenfrucht	Saatgut, variable Lohn- und Maschinenkosten
2 Zwischenfrucht früher Umbruch (ohne Nutzen)	Saatgut, variable Lohn- und Maschinenkosten
3 Zwischenfrucht mit Bewässerung	Saatgut, variable Lohn- und Maschinenkosten, Bewässerung: Berechnungswasser, variable Lohn- und Maschinenkosten
4 Zwischenfrucht anstelle eines Satzes Eissalat	Saatgut, variable Lohn- und Maschinenkosten, Opportunitätskosten: Deckungsbeitrag Eissalat
5 Zwischenfrucht mit Anbauverzögerung des ersten Satzes Brokkoli	Saatgut, variable Lohn- und Maschinenkosten, Opportunitätskosten: Preisdifferenz zum frühen Satz Brokkoli

Tab. 19: Nettokosten und -nutzen für verschiedene Szenarien zur Winterbegrünung (Fruchtfolge Salat – Zwischenfrucht – Brokkoli)

Szenario	Nettokosten [Euro/ha]	Nettonutzen [Euro/ha]
1 Zwischenfrucht		266
2 Zwischenfrucht früher Umbruch (ohne Nutzen)	-157	
3 Zwischenfrucht mit Bewässerung		199
4 Zwischenfrucht anstelle eines Satzes Eissalat	-7.550	
5 Zwischenfrucht mit Anbauverzögerung des ersten Satzes Brokkoli	-10.643	

Quelle: KTBL (2019), eigene Berechnungen.

weil nur dann keine Opportunitätskosten anfallen.

Die Modellrechnungen zeigen, dass sich der Anbau von Zwischenfrüchten lohnt, wenn Flächen ansonsten brachliegen würden. Selbst wenn die Zwischenfrüchte bewässert werden müssen, ist der Nutzen größer als die Kosten.

Wenn jedoch Opportunitätskosten berücksichtigt werden müssen, entstehen durch Zwischenfrüchte hohe Nettokosten. Der Mehrertrag und die Düngeinsparungen der Folgekultur können die Opportunitätskosten weder bei einer Anbauverzögerung der Folgekultur im Frühjahr (Szenario 5) noch beim Verzicht auf einen Satz Eissalat im ersten Anbaujahr (Szenario 4) kompensieren.

Tipps zu Zwischenfrüchten

- » Eine Zwischenfruchtaussaat bis Anfang Oktober kann N-Auswaschung reduzieren oder sogar vermeiden, sofern die richtigen Sorten gewählt werden.
- » Eine sehr späte Aussaat ab Mitte Oktober ist unter Umständen noch mit Grünroggen sinnvoll.
- » Eine Düngung von Zwischenfrüchten nach Gemüse ist nicht sinnvoll und in nitratbelasteten Gebieten verboten, in manchen Ländern auch in nicht nitratbelasteten Gebieten.
- » Eine bedarfsgerechte Bewässerung der Vorkultur kann eine Startbewässerung der Zwischenfrucht ersetzen. Unter trockenen Bedingungen kann eine einmalige Bewässerung der Zwischenfrucht dennoch sinnvoll sein.
- » Bei der Einarbeitung von Zwischenfrüchten sind Technik und Arbeitsgänge dem Aufwuchs anzupassen. Ein anaerobes Vergraben frischer Pflanzenmasse ist zu vermeiden.
- » Für die Anrechnung der Zwischenfrucht für die Folgekultur liefert die DüV gute Anhaltspunkte. Situationsabhängig kann auch eine höhere Nachlieferung aus Zwischenfrüchten einkalkuliert werden.

Bewässerung

Joachim Ziegler, Esther Paladey und Philipp Heid, Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinpfalz, Andrea Spirkaneder und Dr. Alexander Dümig, Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Fürth

Bedeutung der Bewässerung und Einfluss auf die Nährstoffverfügbarkeit

Um bei Gemüsekulturen eine marktgerechte Qualität zu erzeugen, reichen die natürlichen Niederschläge und im Boden verfügbare Wasserreserven oft nicht aus. Daher ist eine an Boden, Pflanzenart und Produktionsziel angepasste Bewässerung notwendig. Die Beregnung hat jedoch großen Einfluss auf die Nährstoffverfügbarkeit und – insbesondere bei Nitrat – auf eine eventuelle Auswaschung. Einerseits kann eine übermäßige oder ungleichmäßige Beregnung zu Auswaschungen führen, andererseits können die Pflanzen aus zu trockenem Boden keine Nährstoffe aufnehmen.

Etwa 90 Prozent des aufgenommenen Wassers verwenden Gemüsepflanzen zur Nährstoffleitung und Kühlung, nur zehn Prozent für Aufbau und Wachstum. Um zum Beispiel bei Weißkohl ein Kilogramm Trockenmasse aufzubauen, werden etwa 600 Liter Wasser benötigt.

Wann und wie viel zu bewässern ist, wird auch heute noch oft über Erfahrungswerte entschieden, gestützt auf regionale Wetterdaten agrarmeteorologischer oder eigener Wetterstationen. Dabei werden in der Regel auch die aktuellen Bodenwasserkapazitäten abgeschätzt und die Ausbringungstechnik mit einbezogen sowie die Kosten beachtet.

Durch die letzten Trockenjahre hat die Bewässerung erheblich an Bedeutung gewonnen. Sie ist ein stark wachsender, kostenintensiver und organisatorisch aufwendiger Arbeitsbereich, der im Notfall auch wochenlang einen 24-Stunden-Schichtbetrieb und eine hohe Schlagkraft erfordert. Hitze und scheinbar endlose Trockenphasen häufen sich auch im „grünen“ Mitteleuropa. In Anbauregionen mit



Abb. 51–53: Morgendliche Überkopf-Rohrberegnung für sicheren Feldaufgang und perfekte Wurzelbildung von Radies

begrenzten Wasserressourcen ist es deshalb keine Seltenheit, dass Gemüsepflanzen bei lang anhaltender Trockenheit nur eine Art Notbewässerung erhalten.

Bei robustem Industriegemüse kann der Ernteertrag dadurch um 30 Prozent geringer ausfallen. Empfindlichere Frischgemüsearten müssen dagegen zwingend beregnet werden, da ansonsten mit erheblichen Qualitäts- und Ertragseinbußen zu rechnen ist. Zudem können die Pflanzen bei starker Trockenheit kaum Stickstoff aus dem Boden aufnehmen, der stattdessen über Winter aus dem Wurzelraum – bei Gemüse bis 90 Zentimeter Tiefe – ausgewaschen wird. Eine bedarfsgerechte Beregnung trägt daher maßgeblich zu besserer Nährstoffeffizienz und geringerer Auswaschung bei.

Bei der Auswahl der Bewässerungstechnik und der entsprechenden Steuerung spielen verschiedene Faktoren eine Rolle: Aus betrieblicher Sicht ist vor allem relevant, wie gut sich die Bewässerung organisatorisch in den Betriebsablauf einfügen lässt. Daneben muss sie jedoch auch wirtschaftlich sein und möglichst wissenschaftlich erprobt.

Bewässerungssysteme

Je nach Anbaugesbiet, Wasserversorgung, Pumpenanlage, Parzellengröße, Kultur und vielem anderen mehr bieten sich unterschiedliche Bewässerungssysteme an.

Beregnungsmaschinen mit geregelter Einzelregnereinzug

Beregnungsmaschinen werden vor allem im großflächigen Freilandgemüsebau mit Schlängen von mehr als 300 Metern Länge eingesetzt. Sie eignen sich für robuste Kulturen und Anbaugesbiete mit einem mäßig hohen Bedarf an Zusatzwasser. Die Beregnung dauert bei diesen Systemen meist mehrere Stunden pro Feld, abhängig von der Ausbringmenge und Wurfweite. Die Verteilgenauigkeit kann bei sich ändernden Windverhältnissen beeinträchtigt sein.

Vorteilhaft ist, dass diese Systeme fernüberwacht werden können. Auch Steuerung und Dokumentation sind per Fernüberwachung möglich. Dazu übermittelt ein am Regnerwagen installierter GPS-Sender seine Standortdaten an einen Webserver. Auf diesen kann per PC, Tablet und – besonders praktikabel – per Smartphone-App zugegriffen werden. Neben dem genauen Standort zeigt das System auch an, wann ein Regner umgesetzt werden muss, sodass Kontrollfahrten entfallen können. Auch Störungen wie Stillstand oder verminderten Wasserdruck meldet das System. Der Anschaffungspreis reicht je nach Schlauchlänge, Beregnungsbreite, Volumendurchlauf, erforderlicher Flächenleistung, Fernüberwachung usw. von zirka 11.000 bis mehr als 60.000 Euro. Fernüberwachungssysteme können auch für bestehende Regner nachgerüstet werden. Sie werden inzwischen von bestimmten Anbietern auch in Kombination mit einer Sektorsteuerung angeboten. Dabei werden Geschwindigkeit und Rotationswinkel den geografischen Gegebenheiten automatisch angepasst. Wohnbebauung und Straßen können gezielt ausgespart und die Verteilungsgenauigkeit erhöht werden. Sek-

torsteuerungsmodule sind bei verschiedenen Anbietern auch ohne Fernüberwachungssystem erhältlich. Diese erfordern dann für jeden Schlag eine gründliche manuelle Einstellung in Abhängigkeit von der Beregnungszeit.



Abb. 54: Beregnungsmaschine mit Einzelregnerreinzug

Beregnungsmaschinen mit Düsenwagen

Beregnungsmaschinen mit linear angeordneten Düsen verteilen das Beregnungswasser gleichmäßiger und genauer als Einzelregner. Der Druck an den Düsen liegt um etwa zwei Bar niedriger als bei Einzelregnern, sie benötigen dadurch etwa 20 Prozent weniger Energie. Allerdings weisen Düsenwagen eine sehr hohe Niederschlagsintensität auf. Sie entspricht mit 50 bis 100 Millimetern pro Stunde der eines starken Gewitterniederschlags. Vor allem im Beetanbau mit vielen Fahrspuren, die zu Erosionsrinnen und Bodenunebenheiten führen, sind Düsenwagen eher weniger geeignet. Der Zeitaufwand für den Auf- und Abbau sowie der Kapitalbedarf liegen höher als bei Beregnungsmaschinen.

Mobile Rohrberegnungsanlagen

Mobile Rohrberegnungsanlagen werden für die gesamte Kulturdauer im Feld verlegt. Im Beetanbau von Kulturen, die keine weiteren Pflegearbeiten benötigen, können die Beregnungsrohrleitungen in den Fahrspuren verlegt werden, zum Beispiel bei Radies. In Kulturen, die mehrere Überfahrten für die Pflege benötigen, werden die Rohrleitungen in eigenen Regner-Rohrgassen von einem bis 1,4 Metern Breite verlegt.

Die Rohre sind in der Regel mit Kreisregnern ausgestattet. Da mobile Rohrberegnungsanlagen auch bei guter Gesamtkonfiguration relativ windanfällig sind, sollten zur Beregnung windstille Zeiten genutzt werden. Dies sind erfahrungsgemäß Zeiten von zwei Uhr bis acht Uhr morgens. Wird dies beachtet, erzielen Rohrberegnungsanlagen eine akzeptable bis gute Verteilgenauigkeit.

Sie sind zudem robust und eignen sich für Beregnungsmengen bis zu 40 Millimetern pro Gabe. Rohrberegnungsanlagen sind vor allem im intensiven Freilandgemüsebau mit guter Bewässerungsinfrastruktur und Standrohrverfügbarkeit bei Feldlängen von bis zu 300 Metern weitverbreitet.

Wichtig für die Verteilgenauigkeit ist eine optimale Konfiguration von Regner- und Rohrleitungsabstand. Eine bewährte Standardkonfiguration besteht aus Kleinregnern mit Fünf-Millimeter-Düse mit 12 Metern Regner- und 20 Metern Rohrleitungsabstand. Der Wasserdruck am Regner sollte vier Bar möglichst nicht unterschreiten. Die aufrecht stehend montierten Regner sollten generell eine hohe Fertigungs- und Verteilgenauigkeit aufweisen. Beispielhaft erzielten in Versuchen

die Metall-Regner Rainbird 14070, Wieler 1470, Perrot ZE 30 für zwölf Meter Regner- und 20 bis 24 Meter Rohrleitungsabstand gute Werte. Dies trifft auch für den Kunststoffregner Naan 5035 SD bei einem Zwölf-Meter-Regner- und 18-Meter-Rohrleitungsabstand zu (siehe auch Beispiel aus dem MuD, Seite 103). Der Kapitalbedarf liegt bei ca. 7.000 Euro pro Hektar und der Arbeitsaufwand für Auf- und Abbau während der Saison ist akzeptabel, wenn die Rohre auf einem Rohrwagen zwischengelagert werden können. Stehen vor Ort ausreichende Druckverhältnisse und Zapfstellen zur Verfügung, gewährleisten die mobilen Beregnungsanlagen – auch in Phasen mit intensivem Beregnungsbedarf – eine sehr hohe Schlagkraft.



Abb. 55: Mobile Rohrberegnung

Tropfbewässerung

Die Tropfbewässerung ist mit einem Ausnutzungsgrad von bis zu 95 Prozent besonders wassersparend und zunehmend kosteneffizient. Für Kulturen mit besonders weiten Reihenabständen, längeren Standzeiten oder häufigen Erntegängen wie Spargel, Rhabarber, Einlegegurken, Zucchini und Speisekürbis wird diese Technik verbreitet angewandt (siehe Abbildung 56). Aber auch für andere Situationen kommt die Technik infrage, zum Beispiel, wenn Kulturen auf Mulchfolien wachsen, nicht maschinell gehackt werden müssen oder aus phytosanitären Gründen eine Überkopfbewässerung ein erhöhtes Kulturrisiko darstellt.



Abb. 56: Tropfbewässerung ist im Spargelanbau weitverbreiteter Standard

Werden Langsam-Tropfer mit geringer Wasserabgabe von weniger als einem Liter pro Stunde und einem geringen Druckanspruch von weniger als einem Bar verwendet, bietet eine Tropfbewässerung zusätzliche Vorteile: Mit Langsam-Tropfern können größere Flä-

cheneinheiten versorgt werden, die dann über einen längeren Zeitraum bewässert werden. Arbeits- und Kostenaufwand pro Einzelgabe sinken dadurch.

Mit diesen Tropfern wird eine bessere Durchfeuchtung seitlich der Reihe und bis in tiefere Wurzelzonen erreicht, ohne das Versickerungsrisiko zu erhöhen. Tropfsysteme sind generell über den kompletten 24-Stunden-Tag einsatzfähig, verursachen keine Blattnässe und sind nicht windanfällig. Zur Steuerung werden häufig Tensiometer mit Manometern in direkter Nähe einer Tropfstelle bei repräsentativen Pflanzen eingebaut. Die Bewässerung wird bei besonders bedürftigen Kulturen bereits bei Werten von -80 Hektopascal, bei weniger bedürftigen wie Spargel dagegen erst bei -300 Hektopascal gestartet. Im Vergleich zur Rohrbewässerung wird bei Tropfsystemen in häufigeren Intervallen bewässert. Die Laufzeit wird in Abhängigkeit von der Durchwurzelungstiefe festgelegt. Mit zusätzlichen Kontroll-Tensiometern in größeren Bodentiefen wird ein Sickerwasserverlust vermieden. Die abgelesene Saugspannung sollte stärker als 120 Hektopascal sein, um auch langsam dränendes Sickerwasser auszu-

schließen. Tropfschläuche können, damit sie nicht verrutschen, auch flach in den oberen Bodenschichten verlegt werden.

Dauerhaft unterirdisch verlegte Tropfleitungen haben sich in hiesigen Breiten noch nicht etabliert, sie werden aber in Ländern eingesetzt, die besonders unter Wasserknappheit leiden. Dieses auch **SDI (Subsurface Drip Irrigation)** genannte System findet in Deutschland nur in geringem Umfang Anwendung, zum Beispiel bei der Dauerkultur von Spargel. Die Ansprüche an die Qualität und Kontrolle des Bewässerungswassers, zum Beispiel bezüglich Härtegrad und Eisengehalt sowie an eine sichere Filtertechnik, sind bei dieser Anwendungsform deutlich höher als bei den häufig einjährig genutzten, oberirdisch verlegten Systemen.

Aufbaufehler vermeiden

Bei allen Bewässerungssystemen ist es wichtig, dass Wartungs- und Aufbaufehler wie kleine Lecks oder undichte Gummiringe vermieden werden. Insbesondere bei der mobilen Rohrbewässerung betrifft dies ungleiche Regner, zu niedrige Regnerhöhe oder



Beregnungsmaschine mit Einzelgroßregner und Undichtigkeiten an der Zuleitung



Beregnungsmaschine mit linearem Düsenbalken und zu hoher Niederschlagsdichte



Rohrbewässerung mit ungünstigem Regnerabstand und ungleichmäßiger Wasserverteilung

Abb. 57-59: Verschiedene Bewässerungstechniken mit Aufbaufehlern in der Praxis

unpassende Rohrleitungsabstände sowie den optimal dimensionierten Rohrdurchmesser der Hauptleitung. Auch sonstige Strömungswiderstände wie Bögen, Winkel, Kupplungen, Flachschräuche sind aus energetischen Gründen auf ein Minimum zu begrenzen. Es empfehlen sich Sektorregner für das Vorgewende für sichere Ernten bis zum Feldrand und zum Schutz der Fahrwege vor Vernässung.

Pumpenleistung bei verschiedenen Bewässerungssystemen

Generell von Bedeutung ist es, die Leistungsdaten einer Pumpe auf die jeweilige Bewässerungsanlage abzustimmen. Etwa 85 Prozent der Betriebskosten einer Pumpanlage entfal-

len auf die Energiekosten. Wird ein für eine Beregnungsmaschine konzipiertes Pumpensystem auch für eine Tropfbewässerungsanlage verwendet, muss der Pumpendruck durch den Druckminderer der Tropfanlagen-Kopfstation deutlich reduziert werden, was erhebliche Energieverluste nach sich zieht. Sinnvoll ist es in diesem Fall, einen Pumpenfrequenzumformer zu installieren, um die Drehzahl so weit wie möglich zu drosseln und Energie einzusparen. Wird eine Beregnungsmaschine mit einem Durchfluss von 70 Kubikmeter pro Stunde und einem Druck von sieben Bar auf 20 Kubikmeter und zwei Bar für eine Tropfbewässerung gemindert, lassen sich durch einen Frequenzumformer bis zu 14 Kilowattstunden einsparen.

Aus dem Modell- und Demonstrationsvorhaben

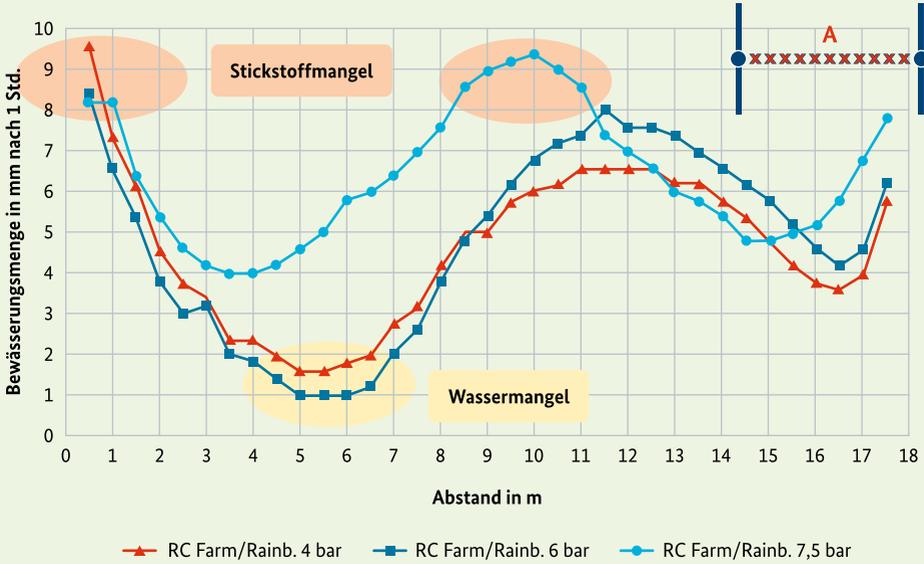
Versuche zur Wasserverteilgenauigkeit bei Überkopfberegnung im Knoblauchsland

Auf zwei Modellbetrieben wurde die Wasserverteilgenauigkeit bei verschiedenen Aufstellverbänden, unterschiedlichen Wasserdrücken am Regner und zwei verschiedenen Regnertypen untersucht. Dabei wurden als Aufstellverbände Vierecksverband und Dreiecksverband, anliegende Drücke von vier, sechs und sieben bis 7,5 Bar sowie der NDJ Naan-Kunststoffregner 5035 (Düsenweite vier Millimeter) mit Messingregnern (RC Farm 140, Düsenweite fünf Millimeter bzw. Rainbird 14070, Düsenweite 4,5 Millimeter) verglichen. Um den Einfluss von Wind möglichst zu minimieren, wurden die Versuche nur unter nahezu windstil-

len Bedingungen in den Morgenstunden durchgeführt.

In einem Versuchsaufbau beispielsweise wurden in einem Vierecksverband die Naan-Kunststoffregner, die aufgrund ihrer Konstruktion eine hohe Verteilgenauigkeit versprechen, mit den Messingregnern verglichen. Dabei handelte es sich um einen Zwölf-mal-18-Meter-Verband, das heißt, der Abstand zwischen den Regnern einer Rohrleitung betrug zwölf Meter, der Abstand von Rohrleitung zu Rohrleitung dagegen 18 Meter. Nach einer Stunde Bewässerung wurde mithilfe von Niederschlagsmessern festgestellt, welche Wassermengen an verschiedenen Stellen auf der Fläche ankamen. Abbildung 60 zeigt die Wasserverteilung zwischen den Rohrleitungen in 50-Zentimeter-Abständen (Messreihe A), die sich unter verschiedenen Wasserdrücken bei den bei-

RC Farm/Rainbird: Viereckverband, 12m x 18m, Messreihe A



Naan: Viereckverband, 12m x 18m, Messreihe A

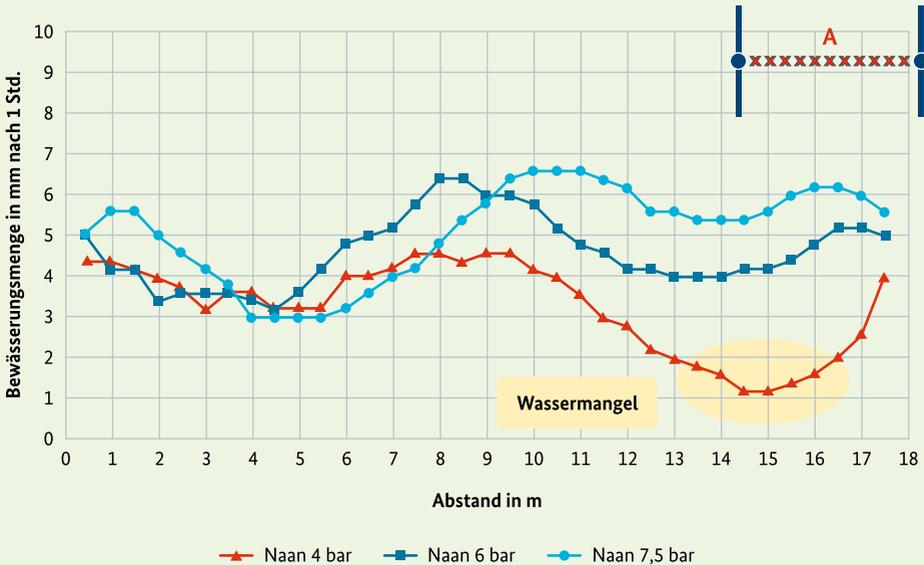


Abb. 60: Wasserverteilungsprofil unter Naan- und Messingregnern bei verschiedenen Wasserdrücken

den Regnertypen ergeben hat. Wenn auch eine absolut gleichmäßige Wasserverteilung auf der Fläche in der Praxis nicht möglich ist, so zeigten sich bei den Messingregnern bei allen Wasserdrücken eindeutig starke Schwankungen der Wasserverteilung. In Bereichen, die nach einer Stunde Bewässerung zirka acht bis zehn Millimeter Niederschlag erhalten hatten, wie das zum Beispiel in der Nähe der Rohrleitung der Fall war, herrscht potenzielle Auswaschungsgefahr und damit einhergehend Stickstoffmangel. In vier bis sieben Metern Entfernung vom Rohr dagegen wurden – vor allem bei vier und sechs Bar Wasserdruck – nur ein bis zwei Millimeter Niederschlag gemessen, sodass es hier zu Wassermangel kam. Deutlich gleichmäßiger wurde der untersuchte Abschnitt mithilfe der Naan-Regner beregnet. Hier reichte lediglich bei der Variante mit einem Wasserdruck von vier Bar die Wurfweite nicht aus, sodass es in einem Teilabschnitt zu einer zu geringen Berechnungsmenge kam.

Neben einer grafischen Darstellung kann die Wasserverteilgenauigkeit auch mithilfe bestimmter Koeffizienten beurteilt werden. Hierfür bieten sich zum Beispiel der CU-Wert (Christiansen-Uniformity bzw. Gleichmäßigkeitskoeffizient nach Christiansen) und der DU-Wert (Distribution Uniformity bzw. Verteilungsgleichmäßigkeit) an.

Der **CU-Wert** vergleicht die durchschnittliche Abweichung vom Mittelwert mit dem Mittelwert selbst, wobei Minimum- und Maximalwerte gleich gewichtet werden. Somit werden eine Unter- oder Überbewässerung gleich berücksichtigt.

Bei der Berechnung des **DU-Werts** dagegen werden Bereiche mit zu wenig Niederschlag stärker gewichtet, da ein Wassermangel für die Gemüsekulturen als besonders kritisch zu sehen ist und in der Praxis Ertragseinbußen bedeutet.

Ein Wert von 100 Prozent würde bei beiden Koeffizienten einer gleichmäßigen Bewässerung über die gesamte Fläche entsprechen, was in der Praxis nicht zu erreichen ist. Tabelle 16 zeigt die Einteilung eines Herstellers (PERROT-Regnerbau) zur Beurteilung der entsprechenden Werte. Empfehlungen des Dienstleistungszentrums Ländlicher Raum Rheinland-Pfalz liegen im Gemüsebau für den CU-Wert bei größer 84 Prozent, beim DU-Wert bei größer 75 Prozent. Da der DU-Wert höhere Ansprüche an die Verteilgenauigkeit stellt, sind die DU-Werte bei einer schlechten Verteilgenauigkeit geringer als die CU-Werte.

Tab. 20: Beurteilung der CU- und DU-Werte nach Herstellerangaben PERROT-Regnerbau

Beurteilung	CU-Wert	DU-Wert
exzellent	> 87 %	> 85 %
sehr gut	> 83 %	> 80 %
gut	> 79 %	> 75 %
befriedigend	> 75 %	> 70 %
schlecht	> 70 %	> 65 %

Im beschriebenen Versuchsaufbau wurde die Verteilgenauigkeit der Messingregner unter allen getesteten Wasserdrücken nach dem DU-Wert als schlecht bewertet (vergleiche Tabelle 21). Die Naan-Regner schnitten hier – wie auch nach der grafischen Darstellung zu vermuten – besser und lediglich

bei vier Bar schlecht ab. Betrachtet man den CU-Wert, so ist die Verteilgenauigkeit der Naan-Regner als gut zu bewerten.

Die Beurteilung der Wasserverteilgenauigkeit weiterer Versuchsaufbauten ist Tabel-

le 21 zu entnehmen. Von den untersuchten Varianten auf den Modellbetrieben zeigte insgesamt ein Zwölf-mal-18-Meter-Vierecksverband mit einem Wasserdruck von sechs Bar und der Verwendung von Naan-Regnern die höchste Verteilgenauigkeit.

Tab. 21: Koeffizienten zur Beurteilung der Verteilgenauigkeit bei verschiedenen Versuchsaufbauten

Versuchsaufbau		CU-Wert		DU-Wert	
Aufstellhöhe: 31–36 cm		Naan	RC Farm/Rainb.	Naan	RC Farm/Rainb.
Viereckverband					
12 m × 18 m	4 bar	81	73	65	61
	6 bar	80	71	69	50
	7–7,5 bar	81	77	71	66
18 m × 18 m	4 bar	69	73	52	60
	6 bar	75	77	61	63
	7–7,5 bar	74	71	60	54
Dreieckverband					
12 m × 18 m	4 bar	72		58	
	6 bar	66		60	
	7–7,5 bar	75		66	

grün = gut, gelb = befriedigend, rot = schlecht

Ergebnisse und Empfehlungen aus den Versuchen zur Verteilgenauigkeit bei Überkopfberegnung

- » Ein Vierecksverband von zwölf mal 18 Metern zeigt eine bessere Verteilung als einer von 18 mal 18 Metern.
- » Ein Dreiecksverband hat nicht zwingend eine bessere Verteilgenauigkeit.
- » Im Vierecksverband haben die Naan-Kunststoffregner eine höhere Verteilgenauigkeit als die getesteten Messingregner (RC Farm, Rainbird).
- » Messungen unter Praxisbedingungen ergeben – auch bei Windstille – um zirka zehn bis 15 Prozent niedrigere Werte der Verteilgenauigkeit, als von den Herstellern angegeben.
- » Wasserdruck an den jeweiligen Kreisregner-Typ anpassen (zum Beispiel durch Druckregulierer)
- » Verwendung gleicher Regner mit gleicher Düse im Aufstellverband

Bewertung der Bewässerungssysteme

Alle Systeme, korrekt installiert und betrieben, verbessern die Nährstoffausnutzung durch die Pflanzen und vermindern etwaige Nitratverluste aus dem Boden. Großen Einfluss auf die Technikauswahl haben die Bedingungen vor Ort wie zum Beispiel Wasserverfügbarkeit, Wasserqualität, Druckverhältnisse und die angebauten Kulturen. Sie bestimmen wesentlich, welches System für den einzelnen Betrieb jeweils geeignet ist. In den MuD-Betrieben werden je nach Kulturansprüchen zunehmend differenzierte Bewässerungssysteme eingesetzt. Tropfsysteme eignen sich vor allem in Dauerkulturen wie Spargel, Erdbeeren und Rhabarber sowie Kulturen mit Mehrfachernte über mehrere Monate wie Zucchini, Einlegegurken und Melonen. Überkopfbewässerungssysteme werden in einem breiten Spektrum von Blattgemüse (Salate, Spinat), Kohlkulturen, Zwiebelgewächsen, Wurzelgemüse, Erbsen, Bohnen und Kräutern eingesetzt.

Bewässerungssteuerung nach objektiven Kriterien

Neben einer effektiven Bewässerungstechnik ist eine genaue Bewässerungssteuerung für die Effizienz der Wasser- und Nährstoffaufnahme von hoher Bedeutung. Zeitpunkt und Höhe der jeweiligen Wassergabe müssen möglichst genau bemessen werden.

Um dies zu optimieren, reicht eine Steuerung nach „Bauchgefühl“ und „grünem Dauern“ nicht aus. Zielführender sind geprüfte Berechnungsmodelle oder Bodenfeuchte-Sensoren – beides Systeme, die auf objektiven Kriterien beruhen. Diese Modelle müssen jedoch im betrieblichen Alltag ihren Bedie-

nungs- und Kontrollaufwand rechtfertigen und möglichst auch einen finanziellen Mehrwert erbringen.

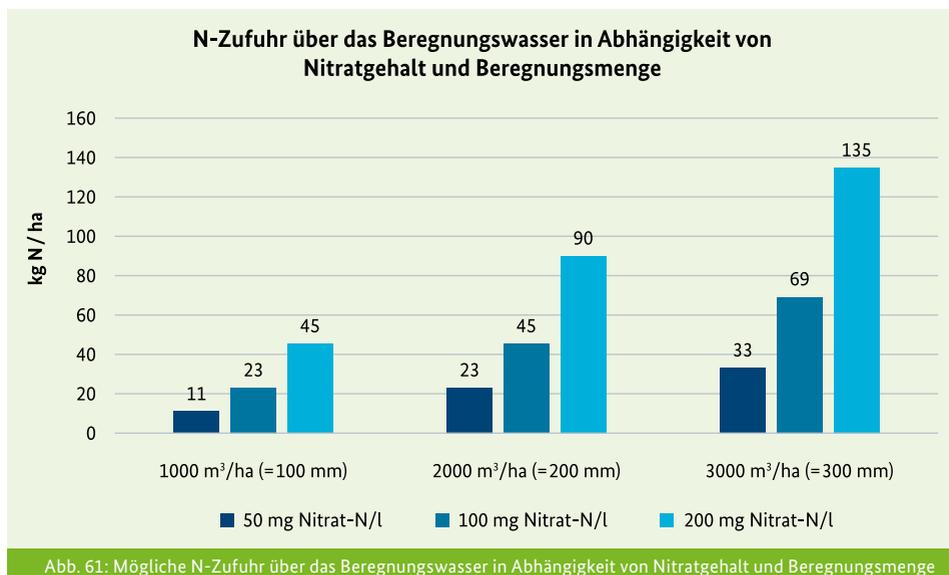
Für eine gezielt gesteuerte Bewässerung im Gemüsebau sind folgende grundsätzlichen Faktoren zu beachten:

- » Die **Gemüsearten und -kulturen** unterscheiden sich deutlich in ihrem Gesamtwasserbedarf.
- » Der tägliche Wasserbedarf ändert sich im **Verlauf der Kultur** in Abhängigkeit von Blattzahl, Pflanzenmasse, Speicherorgan- oder Fruchtbildung.
- » Die nutzbare Feldkapazität – das heißt der Anteil des Wassers im Boden, der von den Pflanzen aufgenommen werden kann – ist abhängig von **Bodenart, -struktur und Humusgehalt**.
- » Die **Ausgangsbodenfeuchte** zu Kulturbeginn sollte möglichst 80 Prozent der nutzbaren Feldkapazität betragen. Sie sollte durch eine entsprechende Vor- und Anwachsberechnung sichergestellt werden.
- » **Wurzeltiefe und Durchwurzelungsintensität** unterscheiden sich je nach Kultur. Flachwurzler, zu denen zum Beispiel Blattsalate gehören, wurzeln etwa 30 Zentimeter tief, während Tiefwurzler wie Rosenkohl 90 Zentimeter erreichen. Zudem ändern sich Wurzeltiefe und Durchwurzelungsintensität während der Kulturdauer. Das mittlere Wurzelwachstum von Gemüsearten erreicht bei 20 Grad Celsius Bodentemperatur etwa 0,7 Zentimeter pro Tag. Wurzeltiefenangaben zu weiteren Kulturen sind in den Basisdaten von N-Expert oder N-Düngebedarfsermittlungsrechnern der Bundesländer hinterlegt.

- » **Wetterfaktoren** wie Temperatur, Wind, Strahlung und Niederschlag beeinflussen sowohl die Verdunstung einer Kultur als auch die Verteilgenauigkeit einer Beregnung.
- » Bei großer Hitze sollte tagsüber nicht über Kopf bewässert werden. Die Wasserverluste betragen in solchen Situationen über 20 Prozent, außerdem können Verbrennungen an Pflanzenteilen auftreten, da Wassertropfen auf Blättern wie Brenngläser wirken können.
- » **Seltener, aber hohe Einzelgaben** bei Jungpflanzen fördern im Wechsel mit trockeneren Phasen eine tiefere Wurzelbildung und spätere Trockenresistenz. Für junge Saatkulturen sollten Einzelgaben hingegen nicht zu hoch bemessen sein. Diese führen ansonsten zu Verschlümmung. Eine regelmäßige moderate Bewässerung fördert ein regelmäßiges Auflaufen.
- » **Kurzzeitiger Trockenstress** kann bei zahlreichen Gemüsekulturen zu irreversiblen Schäden führen. Beispiele sind „Innenbrand“ (physiologischer Calciummangel) bei Kopfsalaten, Bor-Mangel (Absterben der Triebspitze) bei Knollensellerie oder Pelzigkeit (schwammiges Knollengewebe) bei Radies.
- » Ist ein langes Erntefenster, zum Beispiel von selbst vermarktenden Betrieben, gewünscht, ist im Vergleich zu einer schnellen Terminkultur für den Einzel-

Für eine Gesamtabwägung kommen noch kultur- und umweltsichernde Aspekte hinzu:

- » **Zu hohe und häufige Wassergaben** unbedingt vermeiden, sie können zu Sauerstoffmangel im Boden führen, mit negativen Folgen auf Wurzel- und Sprosswachstum.



handel eine extensivere Bewässerungsstrategie nötig.

- » **Minimierung von Nitrat-Verlusten** durch Auswaschung ins Grundwasser
- » Bei **Verwendung von Brunnenwasser** sollte dessen Nitratgehalt bekannt sein und gegebenenfalls bei der Düngung berücksichtigt werden. Allerdings ist es schwierig, den Bewässerungsbedarf einer Kultur schon zum Zeitpunkt der Düngbedarfsermittlung sicher vorherzusagen.

Bewässerungssteuerung

Zwei Systeme zur Bewässerungssteuerung werden im Freilandgemüsebau genutzt: die **Steuerung auf der Basis von Bodenfeuchtemessungen** und die **Steuerung nach dem Geisenheimer Modell**.

Die Bewässerungssteuerung über Bodenfeuchtemessungen ist vor allem in Gewächshäusern bei Bodenkulturen und im Freiland in Reihenkulturen wie Erdbeeren, Spargel oder Zucchini gängige Praxis. Eine Berechnung nach klimatischer Wasserbilanz (Geisenheimer Modell) bietet sich dagegen in Freilandbetrieben mit einer großen Anzahl an Einzelflächen in Verbindung mit einer Softwarelösung an.

Steuerung auf der Basis von Bodenfeuchtemessungen

Die Bodenfeuchte wird meist mit Tensiometern gemessen. Diese wirken wie eine „künstliche Wurzel“ und messen die Bodenfeuchte in 20 bis 30 Zentimetern Tiefe. Genau genommen wird hiermit die Saugspannung im Boden bestimmt, die die Wurzel überwinden muss, um

das Bodenwasser aufzunehmen. Die Saugspannung entspricht einem negativen Druck und wird daher mit einem negativen Vorzeichen in der Druckeinheit Hektopascal angegeben.

Bei Saugspannungen, die weniger stark ausfallen als -100 Hektopascal (also zum Beispiel -80 Hektopascal), steigt die Gefahr von Auswaschungen. Die definitive Versickerungsgrenze beginnt bei -60 Hektopascal.

Bei starken Saugspannungen von -300 bis -400 Hektopascal müssen auch wenig empfindliche Kulturen bewässert werden. Kommt es zu extremen Werten von bis zu -15.000 Hektopascal, wird der permanente Welkepunkt überschritten und die Pflanzen vertrocknen.

Die Vorteile einer Steuerung mit Bodenfeuchtemessungen sind, dass der Wert am Manometer direkt ablesbar ist und vor Ort keine Niederschläge gemessen werden müssen. Für größere Anlagen im Freiland lässt sich die Steuerung mit Bodenfeuchtesensoren automatisieren. Hierfür dienen Magnetventile an der Tropfbewässerungskopfstation, bestehend aus Druckminderer, Filter, gegebenenfalls Düngerbeimischgeräten plus Verbindungen.

Eine ungewollte Versickerung lässt sich vermeiden, wenn mindestens zwei Sensoren in unterschiedlichen Tiefen verbaut und kontrolliert werden. Als Steuerungstiefe eignen sich bei den meisten Gemüsekulturen 20 bis 30 Zentimeter. Als zusätzliche Kontrolltiefe zur Überprüfung einer eventuellen Versickerung eignet sich eine Tiefe von 45 bis 60 Zentimetern.

Die Positionierung der Sensoren im Feld richtet sich nach der Bewässerungsmethode. Bei Tropfsystemen liegt sie unmittelbar an

der Tropfstelle und in der Nähe repräsentativ wachsender Pflanzen.

kräftige Werte hat sich als Sensorposition im Feld Folgendes bewährt:

Sehr selten kommen Tensiometer auch bei Rohrberegnung zum Einsatz. Für aussage-

Die Tensiometermesswerte werden weder durch die Bodenart noch durch den Salzgehalt im Boden beeinträchtigt. Kosten und

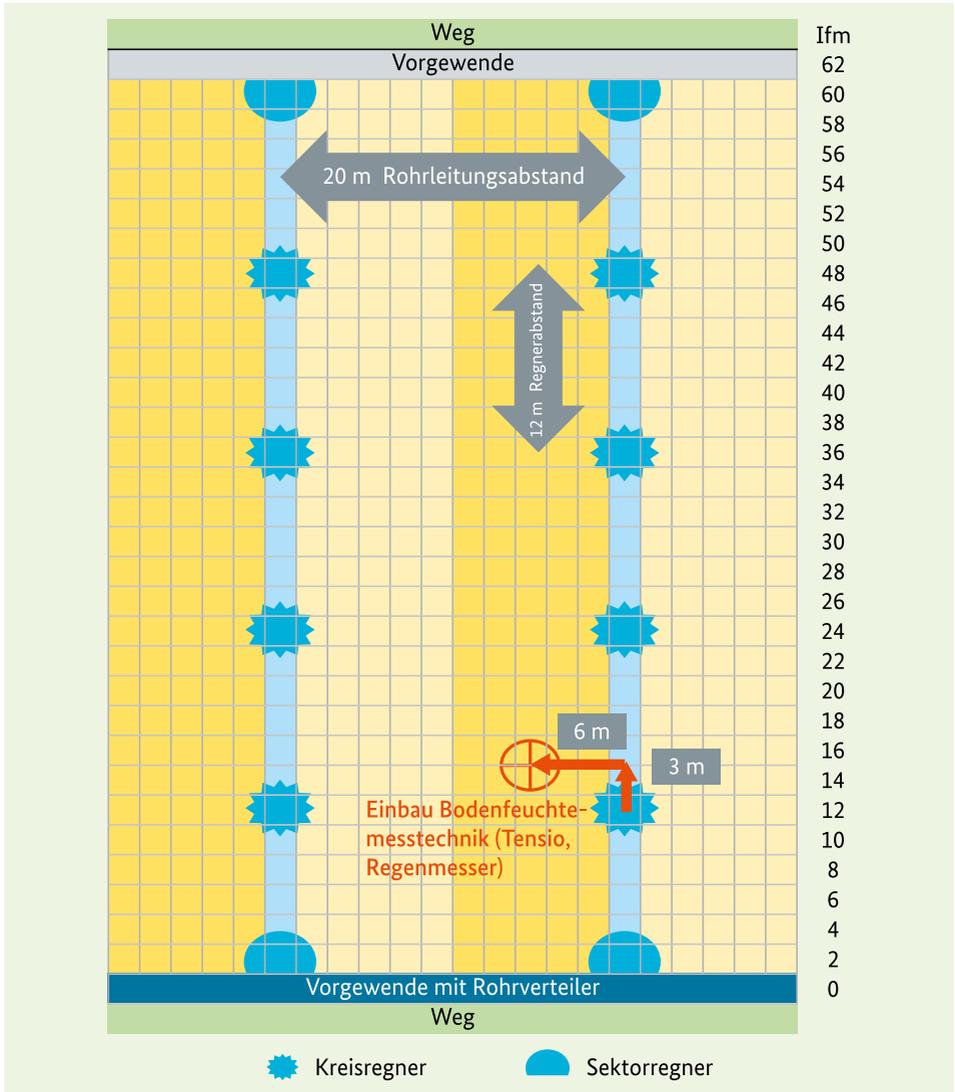


Abb. 62: Positionierung von Regenmessern in einer Rohrberegnungsanlage (20 Meter Rohrleitungsabstand, zwölf Meter Regnerabstand) zur Überprüfung der stündlichen Regenmenge auf Praxisflächen (DLR Rheinpfalz)

Aufwand für Ein- und Ausbau, Wartung und Kontrolle der Bodenfeuchtesensoren sind relativ hoch, ebenso der Aufwand für die Dokumentation der Messwerte.

Funktion und Datenübertragung müssen regelmäßig überwacht werden. Zudem können Feldarbeiten zu Störungen oder Beschädigungen führen, auch Diebstahl der wertvollen Geräte ist keine Seltenheit. Zu beachten ist auch, dass bei stärkeren Saugspannungen unter -800 Hektopascal die Tensiometer falsche Messwerte liefern und einer Wartung bedürfen.

Steuerung nach dem Geisenheimer Modell auf Basis der klimatischen Wasserbilanz

Das Modell der „Geisenheimer Steuerung“ berechnet mithilfe flächenspezifischer, agrarmeteorologischer Daten die klimatische Wasserbilanz bzw. den Wasserbedarf der Kulturen. Diese Werte können in eine gängige Agrarsoftware integriert werden. Für die Berechnung des Tageswasserbedarfs benötigt diese Steuerungsmethode verschiedene Werte: die Evapotranspiration (= Referenzverdunstung über Pflanze und Boden nach der FAO56-Formel für eine Grasfläche) und den kulturspezifischen kc_{FAO56} -Wert (zur Anpassung der Referenzverdunstung an die kulturspezifische Pflanzengröße). Dem gegenübergestellt werden die lokal gemessenen oder berechneten Regenmengen sowie die vom Anwender festzulegende Höhe der Beregnungsgabe passend zu Kultur, Kulturstadium und Bodenart.

Die tägliche Referenzverdunstung ermitteln die agrarmeteorologischen Dienste (AM) vieler Bundesländer für ihre Wetterstationen als 24-Stunden- und als Stunden-Werte und bie-

ten diese für den individuellen Datenabruf zu einem gewünschten Zeitpunkt im Flächenraster von einem Quadratkilometer an. Die Niederschläge werden im Betrieb entweder mit eigenen Messeinrichtungen erfasst oder sie können, wenn in Ackernähe keine eigene Messeinrichtung für den natürlichen Niederschlag verfügbar ist, von der AM als berechneter Niederschlagswert für den Standort im Ein-Quadratkilometer-Raster geliefert werden. Die Zeit für den Daten-Download vom AM-Server hängt von der Anzahl der aktiven Flächen und der Internetgeschwindigkeit ab. Sie kann auch bei guter Internetverbindung etwa eine halbe Stunde dauern.

Für eine plausible Erfassung der Regenmengen in Gemüseanbaugebieten ist grundsätzlich ein möglichst engmaschiges Netz von Wetterstationen sehr hilfreich. Ansonsten bleiben nur eigene Niederschlagserfassungen vor Ort.

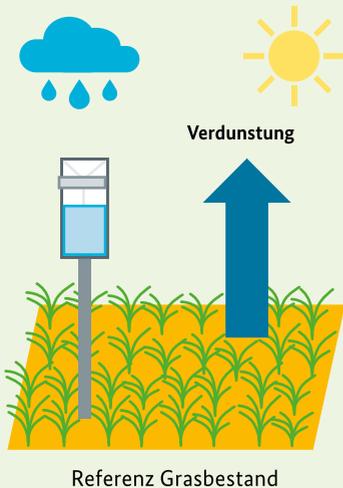
Mit den kulturspezifischen Anpassungsfaktoren (kc_{FAO56} -Werte) lässt sich die tägliche Verdunstung, derzeit für ca. 24 wichtige Gemüsearten, ermitteln. Ziel ist es, die kc -Wertänderungen der Kulturen während der Wachstumsphase schrittweise und möglichst automatisch über ein Wachstumsmodell in der Agrarsoftware zu simulieren, um den Zeitaufwand für zusätzliche Feldkontrollen zur Feststellung der Pflanzenentwicklung zu minimieren.

Die wesentlichen Vorteile der Geisenheimer Steuerung sind, dass keine Material- und Wartungskosten für Sensoren anfallen und das System sich explizit für die Implementierung in eine Agrarsoftware anbietet. In der eigenen Schlagkartei können übersichtliche Gruppen nach Kultur und aktiven Anbausät-

Klimatische Wasserbilanz (KWB)

= Niederschlagshöhe – potenzielle Verdunstung

Wenn die Klimatische Wasserbilanz unter Null fällt, wird der Betrag auch als Niederschlags- bzw. Wasserdefizit bezeichnet.



Blumenkohl

Beispiel:

kc-Werte für
Blumenkohl
(Datenbank
Geisenheimer
Steuerung)

Stadium 1



ab Pflanzung **kc 0,7**

Stadium 2



ab 8. Blatt **kc 1,1**

Stadium 3



ab 70 % Pflanzlänge **kc 1,6**

Daten zur Klimatischen Wasserbilanz sind beim Deutschen Wetterdienst oder bei den Agrarmeteorologischen Diensten (AM) erhältlich.

Dabei wird die potenzielle Verdunstung für einen Grasbestand geschätzt.
(= Evapotranspiration FAO-56).

Bei dieser Schätzung gehen Messwerte für die Lufttemperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit und Globalstrahlung ein.

Mit Hilfe der kc-Werte lassen sich die für einen Grasbestand geschätzten Werte in entsprechende Werte für einen Gemüsebestand umrechnen. Die kc-Werte unterscheiden sich nach Pflanzenart und Stadium und sind in der Software der Geisenheimer Steuerung hinterlegt.

Klimatische Wasserbilanz eines Gemüsebestands (KWB GB)

= Niederschlagshöhe – kc * potenzielle Verdunstung

zen gebildet werden, womit sich die Priorisierung und Beauftragung von Bewässerungsarbeiten stark vereinfachen. Wird die Bewässerungsplanung um eine kurzfristige, regionale Wetterprognose durch die AM ergänzt, sorgt das für eine noch bessere Einschätzung der Lage und für mehr Anbau- und Planungssicherheit. Das System eignet sich gleichzeitig als Nachweis einer bedarfs- und umweltgerechten Wasserverwendung im Freilandgemüsebau. Besonders in Betrieben mit vielen Kulturen und Anbausätzen erspart die Steuerung durch das softwaregestützte Geisenheimer Modell erheblichen Arbeitsaufwand für die tägliche Datenerfassung und -berechnung.

Zu den Nachteilen zählt, dass zum Start die Bodenfeuchte vor Kulturbeginn mittels Bohrstock, Spaten- oder Fingerprobe möglichst gut eingeschätzt werden muss. Auch der tägliche Niederschlag auf dem Feld muss von der AM ermittelt und übertragen oder alternativ vor Ort gemessen werden. Bei eigener Messung vor Ort entsteht erheblicher Aufwand für die Übertragung bzw. das Einpflegen der Messwerte in die Software und die Dokumentation.

Wenn statt eigener Messungen die Niederschlagswerte der nächstgelegenen, regionalen AM-Stationen verwendet werden, kann deren Datenqualität bei kleinräumigen Niederschlagsereignissen mittels Wetterradaraten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) für einen Ein-Quadratkilometer-Rasterpunkt überprüft werden. Dieses Verfahren nennt sich RADOLAN (Radar-Online-Aneichung) und liefert aus der Kombination der punktuell an den Niederschlagsstationen gemessenen stündlichen Werte mit der Niederschlags- erfassung von 17 Wetterradaren flächende-

ckende, räumlich und zeitlich hoch aufgelöste Niederschlagsdaten im Echtzeitbetrieb für Deutschland. Dieses Verfahren wurde in Kooperation des DWD mit den Wasserwirtschaftsverwaltungen der Bundesländer (LAWA) entwickelt und befindet sich seit 2005 im operationellen Routinebetrieb.

Bei sehr ungünstigen Bedingungen, zum Beispiel starken Bodenwinden oder ausgeprägtem Reliefwechsel, kann es punktuell auch bei RADOLAN zu Fehleinschätzungen der tatsächlichen Niederschlagsmenge vor Ort kommen. Die Radarniederschlagsdaten durch RADOLAN ergänzen das AM-Bodenmessnetz und kombinieren die Vorteile beider Messverfahren. Über sichere Datenschnittstellen kann die Agrarsoftware diese stündlichen und 24-Stunden-Summenwerte der AM auslesen und den aktiven Ackerschlägen zuordnen.

Werden die Daten der AM, korrigiert um die Werte aus RADOLAN, in die betriebseigene Software integriert, lässt sich erheblicher Arbeitsaufwand für eigene Messungen vermeiden. Wenn die Software zusätzlich in der Lage ist, die sich ändernden kc -Werte während der Kulturzeit laufend automatisch anzupassen, kann daraus tagesaktuell das Wasserdefizit der Kulturen berechnet werden. Eigene Messungen oder Anpassungen sind dann nicht mehr nötig. Stattdessen kann das seit der letzten Beregnung aufgelaufene Wasserdefizit im Programm abgelesen und es können daraus die für die aktuelle Situation nötige Beregnungsmenge und -laufzeit bestimmt werden.

RADOLAN

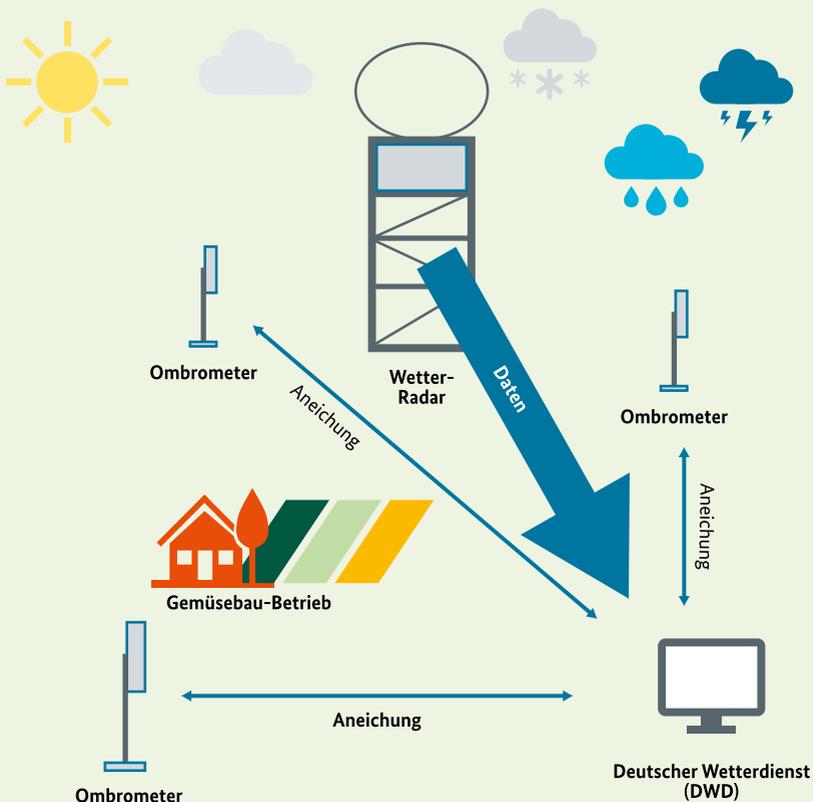
Der Deutsche Wetterdienst (DWD) ermittelt Niederschlagshöhen nach dem sogenannten RADOLAN-Verfahren mit Hilfe von

» mehr als 1400 Ombrometer-Stationen

Ombrometer (= Niederschlagsmesser) liefern Messwerte der bodennahen Niederschläge am Aufstellungsort

» 17 Wetter-Radar-Stationen

Reflektierte Radarsignale ermöglichen flächenbezogene Aussagen über Schnee und Regen in höheren Schichten der Atmosphäre. Die Wetter-Radare haben einen Erfassungsradius von 150 km.



RADOLAN = Radar-Online-Anreicherung

Abb. 64: RADOLAN, H. Burger nach DWD 2020

Weitere Bewässerungsprogramme

Die meisten Betriebe verfügen noch nicht über eine Betriebssoftware, die Bewässerungsempfehlungen nach Geisenheimer Steuerung ermöglicht. Für die Modellbetriebe in NRW wurden zwei Onlinebewässerungsprogramme getestet: „Agrowetter Berechnung“ des Deutschen Wetterdienstes und die Bewässerungs-App der Arbeitsgemeinschaft für Landtechnik und Landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern (ALB). Nachteil beider Systeme ist, dass nur für einige Gemüskulturen Berechnungen erstellt werden können, wodurch sie sich in keinem Modellbetrieb für eine gesamtbetriebliche Betrachtung eignen. Auch die Eingabe ist relativ aufwendig. Niederschlagsdaten können in beiden Anwendungen entweder von den Wetterstationen des DWD übernommen oder von einer eigenen Wetterstation per Hand eingegeben werden. Da sich die DWD-Wetterstationen eher an höhergelegenen Orten befinden, Gemüsebaubetriebe hingegen in der Ebene, sind deren Niederschlagswerte oft nicht aussagekräftig und eine händische Eingabe notwendig. In Trockenjahren wie 2018 ist der Aufwand aufgrund seltener Niederschlagsereignisse gering, in anderen Jahren jedoch durchaus relevant. Grundsätzlich eignen sich solche Programme, um, gegebenenfalls mit Unterstützung der Beratung, die Bewässerung auf Einzelschlägen zu analysieren und einen Eindruck zu gewinnen, wie stark die betriebsübliche Bewässerung von der Geisenheimer Empfehlung abweicht. Für eine gesamtbetriebliche Bewässerungsoptimierung eignen sich diese Programme weniger. Spätestens beim Satzanbau, wenn Sätze zeitlich versetzt gepflanzt, aber zusammengefasst mit einer Überfahrt bewässert werden,

sind betriebliche Abläufe im Programm nicht mehr abbildbar.

Aus dem Modell- und Demonstrationsvorhaben

Für die NRW-Modellbetriebe stellte sich die Bewässerungs-App der ALB als geeigneter heraus als das DWD-Programm „Agrowetter Berechnung“, da es mehr individuelle Anpassungsmöglichkeiten bietet. Insbesondere kann die Bewässerungintensität zwischen intensiv, extensiv und mittel variiert werden. Die Auswahlmöglichkeit eines extensiven Produktionsniveaus ist sehr nützlich für Betriebe, die geringe Bewässerungskapazitäten haben oder die einige Kulturen bewusst geringer bewässern wollen, beispielsweise, um das Erntefenster zu verlängern oder die Wurzelbildung zu fördern.

Feldversuch zur Niederschlagserfassung und Festlegung von Wassergabe und Zeitpunkt

Im MuD-Projekt wurde die Berechnung einer mit Radies bepflanzten Fläche nach bisher üblicher betrieblicher Entscheidung begleitet. Die Stickstoffdüngung erfolgte nach DüV, die N_{\min} -Werte lagen zu Kulturbeginn Anfang Mai bei 45 Kilogramm N in null bis 30 Zentimetern Bodentiefe, in der zweiten Schicht von 30 bis 60 Zentimetern bei 39 Kilogramm N/ha. Zum Kulturende lagen die N_{\min} -Werte bei 14 Kilogramm N/ha in null bis 30 Zentimetern und 33 Kilogramm N/ha in 30 bis 60 Zentimetern. Eine Stickstoffverlagerung aus dem Wurzelraum war nicht erkennbar. Auch der Ernteertrag lag im angestrebten Bereich.

Kurz vor der Ernte wurde die Fläche trockener gehalten.

Die Wassergaben mit den Terminen dieser betriebsüblichen Variante wurden kontinuierlich aufgezeichnet. Parallel dazu wurden die natürlichen Niederschläge mit einem handelsüblichen Ombrometer (Fabrikat Watchdog), das neben der Fläche platziert war, erfasst. Dessen Werte wurden mit zwei in der Nähe befindlichen AM-Wetterstationen in der Vorderpfalz verglichen (siehe Abbildungen 65 und 66). Die Unterschiede zwischen den beiden AM-Stationen waren sehr gering, für die Direktmessung vor Ort ergab sich dagegen ein überraschendes Plus von 28,5 Millimetern (53 Prozent) gegenüber der nächsten AM-Station in einem Kilometer Entfernung. Im Wesentlichen konzentrieren sich die Differenzen auf vier Tage. Ursachen dafür können entweder beim Gerät selbst liegen oder es gab ungewollte Einträge von Beregnungswasser oder Störungen durch äußere Einflüsse, beispielsweise durch Vögel oder Insekten.

Parallel dazu wurde die Bodenfeuchte im Feld mit Tensiometern in den drei Tiefen 15, 30 und 60 Zentimeter per Datalogger kontinuierlich verfolgt. Bei diesen Boden-Sensoren kam es an zwei Tagen zu einem Datenausfall, was die Anfälligkeit von Sensortechnik unterstreicht. In Abbildung 68 ist vor allem zu Kulturbeginn zu erkennen, dass die Bodenfeuchte im tieferen Wurzelraum der Kultur (30 Zentimeter) mit -80 bis -100 hPa relativ feucht verlief. Zu Kulturbeginn liegen die Werte sogar bei -40 bis -80 Hektopascal, da die Sensoren für den Einbau eingeschlammmt werden müssen. Diese Werte bilden jedoch nur die Situation direkt am Sensor ab und sind nicht auf die Fläche übertragbar.

Der Kontrollwert in 60 Zentimetern Tiefe blieb mit -100 bis -120 Hektopascal konstant im Normbereich und zeigte keine Hinweise auf Sickerwasser.

Die betriebsübliche Bewässerung der Radiesfläche wurde virtuell mit der Geisenheimer Steuerung (GS) verglichen. Dabei wichen die Zeitpunkte der Beregnungsgaben bis zur letzten Woche nur geringfügig voneinander ab. Vor allem kurz vor der Ernte wurde bei der GS, bei einem Wasserdefizit von 14 Millimetern, in relativ kurzen Abständen intensiver beregnet. In der Summe der Beregnungsmengen kam die Geisenheimer Steuerung auf 119 Millimeter und der Betrieb auf 98 Millimeter. Die Einsparung von 21 Millimetern entspricht bei einem Wasserpreis von 0,26 Euro pro Kubikmeter 201 Kubikmeter pro Hektar bzw. 52 Euro Mehrkosten. Bei der Anzahl von Feldanfahrten für die Beregnung kamen beide Systeme auf jeweils neun Arbeitsgänge. Die trockenere Kulturführung zum Kulturende erleichtert die folgenden Ernte- und Transportarbeiten. Der letzte, virtuell empfohlene GS-Termin hätte daher auch weggelassen werden können, sodass sich die Differenz bei der Gesamtberegnungsmenge auf lediglich sieben Millimeter verringert. Beide Steuerungssysteme – betriebliche Erfahrung und Softwareunterstützung – erwiesen sich in diesem Fall als grundsätzlich geeignet. Nährstoffverlagerungen in tiefere Bodenschichten sind nicht aufgetreten.

Sowohl eine Bodenfeuchtemessung durch Tensiometer als auch die softwareunterstützte Geisenheimer Steuerung bieten sich an, die Bewässerung über betriebliche Erfahrungswerte zu unterstützen und ihre Auswirkungen auf eventuelle Nährstoffauswaschung zu überprüfen. Der Einsatz von Tensiometern

Vergleich verschiedener Verfahren zur Niederschlagsbestimmung (2 AM-Stationen, Ombrometer) für einen Radiesstandort NN-Tagesmengen

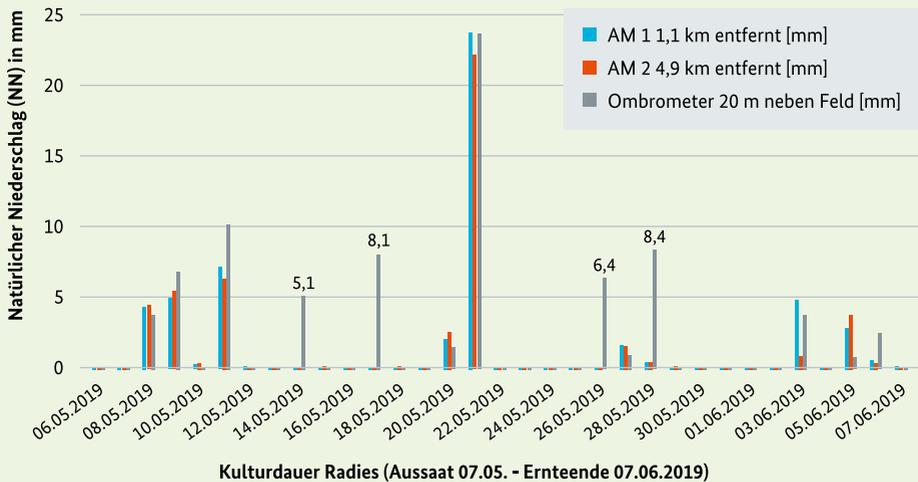


Abb. 65: Vergleich verschiedener Verfahren zur Niederschlagsbestimmung

Vergleich verschiedener Verfahren zur Niederschlagsbestimmung (2 AM-Stationen, Ombrometer) für einen Radiesstandort Gesamtsumme NN

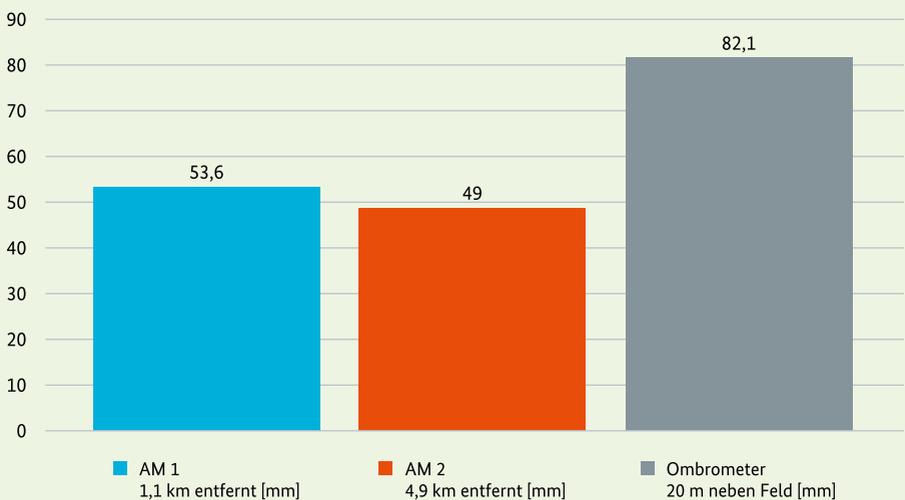


Abb. 66: Vergleich verschiedener Verfahren zur Niederschlagsbestimmung Gesamtsumme

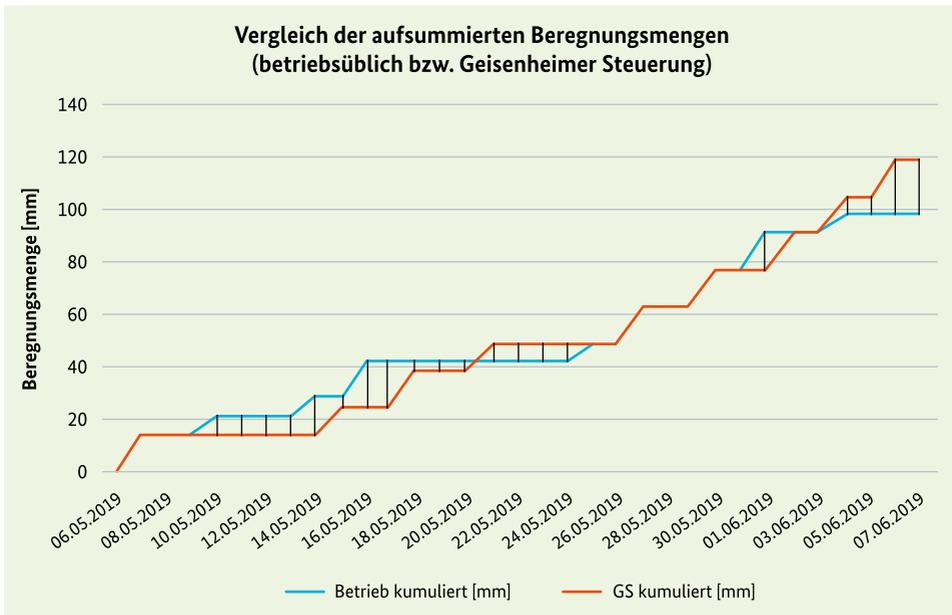


Abb. 67: Vergleich der aufsummierten Beregnungsmengen „betriebsüblich“ mit der Geisenheimer Steuerung

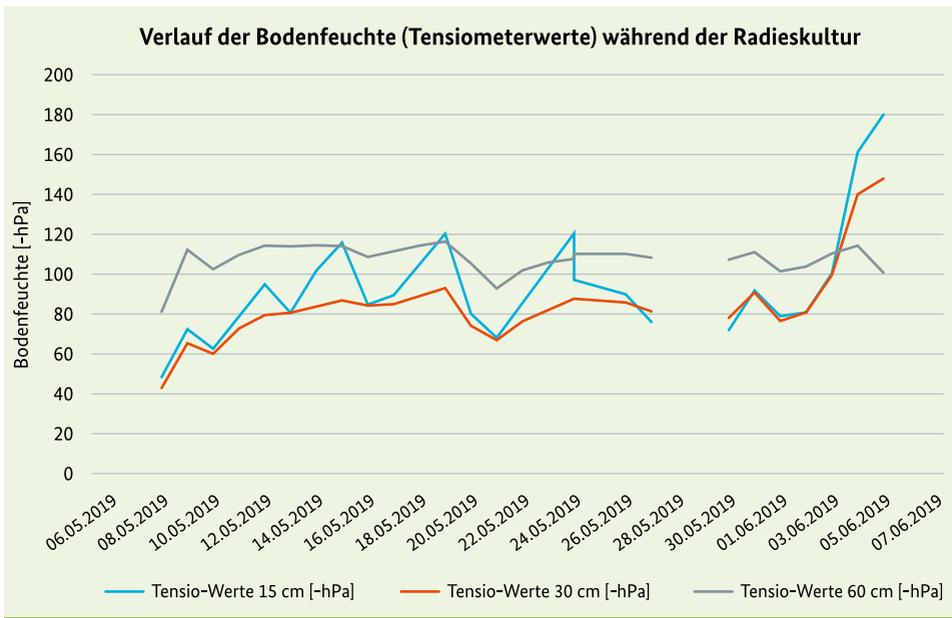


Abb. 68: Bodenfeuchtemessung in den drei Messtiefen 15 und 30 Zentimeter (Wurzelsraum) und 60 Zentimeter (Versickerungskontrolle) über die Kulturdauer

zur Bewässerungssteuerung scheint aber im Freilandanbau wenig praktikabel, da die Messtechnik zu störanfällig ist. Die Geisenheimer Steuerung dagegen ist weniger störanfällig und bietet sich vor allem dann in der Praxis an, wenn sie unkompliziert in die Agrarsoftware integriert werden kann.

Ökonomische Betrachtung der Bewässerung

Dr. Sabine Ludwig-Ohm, Hanna Wildenhues und Dr. Hildegard Garming, Thünen-Institut für Betriebswirtschaft

Obwohl es unstrittig ist, dass eine gleichmäßige Bewässerungsverteilung und eine an die Pflanze angepasste Bewässerungssteuerung Stickstoffauswaschungen vermindern, sind die Effekte schwer zu quantifizieren. Daher liegen aktuell noch keine Daten aus dem Projekt vor, um eine im Hinblick auf die Stickstoffauswaschung optimierte Beregnung ökonomisch zu beurteilen. Anders als bei herkömmlichen ökonomischen Beurteilungen der Beregnungssysteme muss für diese Analyse auch die Stickstoffauswaschung berücksichtigt werden.

Tipps zur Bewässerung

- » Bedarfsgerecht bewässern, um zu gewährleisten, dass die Nährstoffe den Pflanzen stets zur Verfügung stehen, gut aufgenommen werden können und zu Kulturrende nicht im Boden verbleiben
- » Die Höhe der Wassergabe dem Entwicklungsstadium der Kultur und der Aufnahmefähigkeit des Bodens anpassen
- » Bewässerungstechnik optimieren, insbesondere im Hinblick auf die Verteilgenauigkeit
- » Aufbaufehler vermeiden, bei Rohrbergnung einheitliche Regner und Düsen verwenden
- » Geprüfte Bewässerungsmodelle, zum Beispiel „Geisenheimer Steuerung“, und Bodenfeuchtesensoren, zum Beispiel Tensiometer, im eigenen Betrieb testen; hierzu regionale Angebote der Agrarmeteorologie in den Bundesländern nutzen
- » Bei Brunnenwasser die Nitratgehalte messen und relevante N-Mengen bei der Düngebedarfsermittlung berücksichtigen

Empfehlungen zur Optimierung der Stickstoffdüngung im Freilandgemüsebau

Organisatorisches

Anbauplanung und DBEs im Winter vorausplanen

- » dabei auch entscheiden, ob für die erste Kultur Richtwerte oder Proben genommen werden

Vorausplanung von Probenahmen

- » gegebenenfalls externen Probenahmedienst beauftragen
- » Probenahmedienst gut informieren (Flächen, Karte)
- » prüfen, ob Schnelltests im eigenen Bundesland zugelassen sind

Erinnerungsmöglichkeit einrichten

- » Kalender, EDV, Beratung

Berechnungshilfen nutzen

- » N-Expert, landeseigene Angebote

Vermarktung

Verlängerung der Standzeit von Kulturen

- » zur Entleerung durchwurzelbarer Bodenschichten
- » Lagergemüse, zum Beispiel Weißkohl
- » abhängig von Wachstumsbedingungen, Marktsituation und Nachfrage

Vermarktung ohne Blattgrün

- » falls von Verbrauchenden/Vermarkten- den akzeptiert

Probenahme und Analyse

Bodenproben gut über die Fläche verteilt entnehmen

- » Diagonale, Zickzack-Muster, heterogene Teilflächen beachten

16 Einstiche pro Bodenprobe

- » nach der Ernte eher 18 Einstiche

Akkuschrauber mit Spiralbohrer für Probe- nahme verwenden

- » auf schweren Böden
- » für tiefe Bodenproben

Kühlkette für N_{\min} -Bodenprobe einhalten

- » zwei bis vier Grad Celsius

Zeitpunkt für die N_{\min} -Probenahme richtig wählen

- › während der Kulturstandzeit: drei bis vier Wochen nach der letzten N-Düngung
- › für die Folgekultur: direkt nach Ernte der Vorkultur

Nitrat-Schnelltests verwenden

- › wenn im Bundesland zugelassen
- › ermöglicht auch spontane Beprobung zum Beispiel vor Kopfdüngungen oder zur Klärung eines möglichen Nährstoffmangels

Ausbringtechnik

Düngung mit weiteren Arbeitsgängen kombinieren

- › Kombination zum Beispiel mit Pflanzenschutz, bei Beetkulturen mit Pflanzmaschine oder Bodenbearbeitung

Düngertabelle immer zur Hand (auf dem Schlepper)

digitale Technik nutzen (ISOBUS, GPS)

Düngersteuer regelmäßig warten

Kastendüngerstreuer einsetzen

- › Kulturen im Beetanbau

moderne Düngerstreuer mit hoher Verteilgenauigkeit und leichter Bedienung einsetzen

Düngung über die Bewässerung ermöglichen

- › ermöglicht Kopfdüngung auch für empfindliche Kulturen
- › ermöglicht das Ausbringen kleiner Gaben

Düngemanagement

Jährliche Vorplanung der Kulturfolgen und diese möglichst einhalten

Terminfenster für Grundnährstoff- und N_{\min} -Bodenanalysen festlegen und rechtzeitig beauftragen

Pflanzenanalysen

- › bei Wachstumsproblemen und unklaren Blattsymptomen im fortgeschrittenen Kulturstadium
- › Verhinderung von Qualitätsmängeln

Düngung in mehreren Teilgaben

- › ermöglicht gegebenenfalls Puffer für unerwartete Ereignisse
- › länger stehende Kulturen
- › Winterkulturen

Reduzierte Düngung in den Sommermonaten

- › höhere Mineralisierung bei hohen Temperaturen

Reduzierung der Grunddüngung zugunsten späterer Kopfdüngung

- › bei hohen N_{\min} -Gehalten vor Kulturbeginn
- › länger stehende Kulturen

Zusätzliche N_{\min} -Beprobung vor Kopfdüngungsterminen, darauf abgestimmte Düngegaben

- › länger stehende Kulturen
- › Verhinderung von Qualitätsmängeln
- › Betriebe mit ausreichend Personal für Beprobung oder Verfügbarkeit externer Probennehmer/Nitratschnelltests

N-Einsparpotenzial bei Schwachzehrern oder weniger N-sensiblen Kulturen nutzen

- » Betriebe mit überwiegender „roten Flächen“

Einsatz von Flüssigdüngern in Form von Blattdüngung

- » fortgeschrittenes Kulturstadium
- » kleine Düngegaben
- » Verhinderung von Qualitätsmängeln

Einsatz stabilsierter Dünger

- » länger stehende Kulturen
- » Kulturen mit spätem Erntetermin
- » leichte Böden

Partielle Nachdüngung von Teilbereichen

- » fortgeschrittenes Kulturstadium
- » Verhinderung von Qualitätsmängeln
- » große Schläge

Organische Düngung

.....

Organischen Dünger nicht nur als Nährstofflieferanten betrachten

- » Verbesserung der Bodenstruktur
- » Verbesserung der Humusbilanz
- » Pufferfähigkeit erhöht den Erosionsschutz

Einsatz von Festmist oder Kompost

- » auf länger im Betrieb verbleibenden Flächen

Nährstoffgehalte der Wirtschaftsdünger analysieren

- » besser eigene Analyse als Nutzung von Tabellenwerten

Düngebedarfsermittlung für Stickstoff

- » im Anwendungsjahr mit der Mindestwirksamkeit
- » im Folgejahr 10 Prozent des Gesamt-N anrechnen, bei Kompost aufgeteilt auf drei Jahre
- » bei Einsatz von Mist/Kompost im Herbst bei zuständiger Landesstelle über korrekte Anrechnung informieren

Düngebedarfsermittlung für Phosphat

- » nicht nur für das Anwendungsjahr, sondern für eine drei- bis sechsjährige Fruchtfolge

Mindestwirksamkeit beachten

- » auch für organische Dünger, die nicht in Anlage 3 der DüV aufgeführt sind

Ausbringbegrenzungen beachten

- » auch im Zusammenhang mit der maximal zulässigen P-Zufuhr

Verlustarme Ausbringungstechnik verwenden

Zwischenfrüchte und Bodenmanagement

.....

Anbau von Winterzwischenfrüchten

- » zur N-Konservierung, Verbesserung der Bodenstruktur und Humusanreicherung
- » sobald möglich und so viel wie möglich
Aussaat August bis Anfang Oktober

- » auf Flächen, die ab Spätsommer geräumt sind, zur Bindung des Reststickstoffs aus Boden und Ernterückständen

Aussaat Mitte Oktober bis Ende November

- » auf Flächen, die erst ab Mai bestellt werden, zur Bindung des frei werdenden Stickstoffs im warmen Frühjahr

Anbau von Sommerzwischenfrüchten

- » nach einer Überwinterungskultur vor einer späten Kultur
- » zwischen zwei Überwinterungskulturen

Zwischenfrüchte mit Futternutzung oder als Energiepflanzen

- » Flächen, die sonst lange brachliegen (zum Beispiel von Oktober bis Juni)

Flächentausch mit Ackerbaubetrieben

- » spezialisierte Gemüsebaubetriebe mit schmalem Anbauspektrum

Einsatz bodenangepasster Mehrnährstoffdünger oder Einzelnährstoffdünger

- » zum Beispiel ohne Phosphat, mit ausreichend Schwefel, Calcium und Mikronährstoffen nach entsprechender Analyse
- » Erhöhung der N-Effizienz

Termingerechte Einarbeitung von Ernterückständen

- » besonders bei stickstoffreichen Ernterückständen

Zusätzliche Bodenbewegung durch Hacken oder Schuffeln

- » zur N-Mobilisierung
- » länger stehende Kulturen

Bewässerung**Wahl des Bewässerungssystems***Berechnungsmaschinen*

- » großflächiger Anbau, robuste Kulturen

Berechnungsmaschinen mit Sektorsteuerung und GPS

- » insbesondere Schläge an Wegen und Bebauung, höhere Verteilgenauigkeit

Rohrberegnungsanlagen

- » Beetanbau, insbesondere, wenn Ringleitung vorhanden

Tropfbewässerung

- » Dauerkulturen, länger stehende Kulturen mit weiten Reihenabständen oder häufigen Erntegängen

Bewässerungstechnik optimieren, insbesondere im Hinblick auf die Verteilgenauigkeit

- » Pumpenfrequenzumformer, Druckregulierer, ausgebrachte Menge kontrollieren

Aufbaufehler vermeiden

- » zum Beispiel bei Rohrberegnung einheitliche Regner und Düsen verwenden, Lecks vermeiden, korrekte Einstellung von Randdüsen/Verwendung von Sektorregnern am Rand

Bewässerungssteuerung*auf Basis von Bodenfeuchtemessungen*

- » bei geringer Kulturvielfalt und einheitlichen Böden

auf Basis des Geisenheimer Modells

- » mit Integration in betriebseigene Software

*auf Basis des Geisenheimer Modells mit**Bewässerungs-App*

- » wenn keine Bewässerungsempfehlung über Betriebssoftware möglich
- » zur Bewässerungsanalyse einheitlicher Einzelschläge

Nitratgehalt des Beregnungswassers**beachten**

- » bei eigenen Brunnen

Anhang

Anlaufstellen und weiterführende Informationen der Bundesländer

Bundesland	Zuständiges Ressort der Landesregierung/Ansprechpartner	Nach Landesrecht für den Vollzug zuständige Stelle/Ansprechpartner	Nach Landesrecht zuständig für die Düngeberatung im Freilandgemüsebau
Baden-Württemberg	<p>Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg</p> <p>Referat 23 Pflanzenproduktion, produktionsbezogener Umweltschutz</p> <p>Dr. Helga Pfeleiderer Kernerplatz 10 70182 Stuttgart 0711 /126 2278 Helga.Pfeleiderer@mlr.bwl.de</p>	<p>Untere Landwirtschaftsbehörden bei den Landratsämtern</p>	<p>Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau (LVG) Heidelberg</p> <p>Dr. Karin Rather Diebsweg 2 69123 Heidelberg 06221 7484-23 karin.rather@lvg.bwl.de</p>
Bayern	<p>Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten,</p> <p>Referat L1 Ressourcenschutz in der Landwirtschaft, Düngung und Pflanzenschutz</p> <p>Ludwigstraße 2 80539 München Tel.: 089/2182-0 Fax: 089/2182-2677 poststelle@stmelf.bayern.de https://www.stmelf.bayern.de/cms01/index.php</p>	<p>LfL – Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft</p> <p>Arbeitsbereich IAB 2</p> <p>Düngung, Nährstoffflüsse und Gewässerschutz</p> <p>Vöttinger Straße 38 85354 Freising poststelle@LfL.bayern.de</p> <p>Bei Fragen zum Gemüsebau erfolgt Abstimmung mit:</p> <p>LWG – Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau</p> <p>Arbeitsbereich Umweltgerechte Erzeugung (IEF 3) An der Steige 15 97209 Veitshöchheim LWG-IEF3@lwg.bayern.de</p>	<p>Verbundberatung: Landeskuratorium für pflanzliche Erzeugung (LKP) mit den angeschlossenen Erzeugergruppen Gemüsebau in Bayern:</p> <p>https://www.lkpbayern.de/home/</p>

Link zum Beratungsangebot	Informationen zu den seit 1. Mai 2020 geltenden Änderungen der Düngerverordnung mit Auswirkungen auf die Landesverordnungen	Informationen zur Ausweisung und Lage der belasteten Gebiete	EDV-Anwendungen zur Umsetzung der Düngerverordnung für den Freilandgemüsebau
<p>www.lvg-heidelberg.de</p> <p>https://lvg.landwirtschaft-bw.de/pb/Lde/Startseite/Versuchswesen/Duengeverordnung</p>	<p>https://www.duengung-bw.de/landwirtschaft/views/informationen.xhtml</p>	<p>https://www.duengung-bw.de/landwirtschaft/views/informationen.xhtml</p> <p>https://www.lcl-web.de/app/ds/lcl/a3/Online_Kartendienst_extern/Karten/72341/index.html</p>	<p>Online-Anwendung Düngung BW (auch für Gemüse):</p> <p>https://www.duengung-bw.de/landwirtschaft/</p>
<p>https://www.lfl.bayern.de/iab/duengung/032364/</p> <p>https://www.lwg.bayern.de/gartenbau/gemuese-bau/174560/index.php</p>	<p>https://www.lfl.bayern.de/iab/duengung/index.php</p> <p>https://www.lwg.bayern.de/gartenbau/gemuese-bau/264308/index.php</p>	<p>https://www.lfl.bayern.de/iab/duengung/207027/index.php</p>	<p>Programme zur Düngbedarfsermittlung:</p> <p>Bayerisches Programm: https://www.lfl.bayern.de/duengbedarfsermittlung</p> <p>Mit dem bayerischen Düngbedarfsermittlungsprogramm können Gemüsebaukulturen nur bedingt erfasst werden. Verwendet werden können deshalb auch folgende Programme:</p> <p>Düngbedarfsermittlung Rheinland-Pfalz: https://www.dlr.rlp.de/Internet/global/inetcntr.nsf/dlr_web_full.xsp?src=Y181HIWS2S&p1=F6KDW1KM P8&p3=I01043ESN1&p4=6T14Z53D9J</p> <p>Düngbedarfsermittlungsprogramm Bund: http://n-expert.igzev.de/</p>

Bundesland	Zuständiges Ressort der Landesregierung/Ansprechpartner	Nach Landesrecht für den Vollzug zuständige Stelle/Ansprechpartner	Nach Landesrecht zuständig für die Düngeberatung im Freilandgemüsebau
Berlin	siehe Brandenburg		
Brandenburg	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz Referat 36 - Petra Bodenstern Referentin Düngung und Bodenschutz 0331/866-7629 Petra.Bodenstern@mluk.brandenburg.de	Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung Ref. 42 – Fachgebiet Bodenschutz, Düngung Dorothea Kahl, Dorfstraße 1 14513 Teltow – OT Ruhlsdorf 03328/436 151 dorothea.kahl@llef.brandenburg.de	
Bremen	Freie Hansestadt Bremen Die Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau Bettina Honemann Referat 35 - Landwirtschaft An der Reeperbahn 2 28217 Bremen 0421/361 8502 bettina.honemann@umwelt.bremen.de	Düngebehörde Bremen Elke Biefang Johann-Neudörffer-Str. 2 28355 Bremen 01590/1605362 biefang@lwk-bremen.de	Landwirtschaftskammer Bremen Markus Eggers Johann-Neudörffer-Str. 2 28355 Bremen 0421/5364171 eggers@lwk-bremen.de
Hamburg	Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft Amt Agrarwirtschaft Stadthausbrücke 12 20355 Hamburg https://www.hamburg.de/bukea/	Landwirtschaftskammer Hamburg Brennerhof 121-123 22113 Hamburg Jan-Friedrich Schlimme Telefon: 040 78 12 91 34 E-Mail: jan-friedrich.schlimme@lwk-hamburg.de	Landwirtschaftskammer Hamburg Brennerhof 121-123 22113 Hamburg Markus Freier Gartenbauberatung Telefon: 040 78 12 91 52 Mobil: 01590 1991516 E-Mail: markus.freier@lwk-hamburg.de

Link zum Beratungsangebot	Informationen zu den seit 1. Mai 2020 geltenden Änderungen der Düngeverordnung mit Auswirkungen auf die Landesverordnungen	Informationen zur Ausweisung und Lage der belasteten Gebiete	EDV-Anwendungen zur Umsetzung der Düngeverordnung für den Freilandgemüsebau
https://lelf.brandenburg.de/lelf/de/landwirtschaft/acker-und-pflanzenbau/bo-denschutz-und-duengung/	https://lelf.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/2020_05_05-Hinweise%20zu%20%C3%84nderungen%20der%20D%C3%BCV%202020.pdf	https://bravors.brandenburg.de/verordnungen/bbgduev https://lelf.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/Hinweise-zur-Umsetzung-BbgDueV-2020.pdf https://lelf.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/Hinweis-zur-Ermittlung-des-reduzierten-Duengebedarfes-nach-Par13aAbs2Nr1.pdf	Bilanzierungs- und Empfehlungssystem Düngung BESyD www.lelf-duenge-be.brandenburg.de
www.lwk-bremen.de https://lwk-bremen.de/duengebehoerde/	www.lwk-bremen.de	https://www.baumwelt.bremen.de/umwelt/detail.php?gsid=bremen213.c.52770.de → Unterpunkt „Landesdüngverordnung“, am Seitenende: „Geltungsbereich der Bremischen Landesdüngverordnung“	kein landeseigenes Programm vorhanden
https://lwk-hamburg.de/beratung/	https://lwk-hamburg.de/duengebehoerde/	https://www.hamburg.de/agrарwirtschaft/12604270/teilkarten/	Excel-Anwendungen zum Download unter: https://lwk-hamburg.de/duengebehoerde/gemuese-und-gartenbau/

Bundesland	Zuständiges Ressort der Landesregierung/Ansprechpartner	Nach Landesrecht für den Vollzug zuständige Stelle/Ansprechpartner	Nach Landesrecht zuständig für die Düngeberatung im Freilandgemüsebau
Hessen	<p>Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz</p> <p>Referat VII 1</p> <p>„Pflanzenproduktion, Garten- und Weinbau einschließlich</p> <p>Verfahrenstechnik und Umweltangelegenheiten, Pflanzenschutz“</p> <p>Helmut Eigemann Mainzer Straße 80 65189 Wiesbaden Tel.: 0611/815-1703 helmut.eigemann@umwelt.hessen.de</p>	<p>Regierungspräsidium Kassel</p> <p>Dezernat Landwirtschaft, Fischerei</p> <p>Am Alten Stadtschloss 1 34117 Kassel Martin Walper Tel.: 0561/106 4213 E-Mail: martin.walper@rpk.hessen.de</p>	<p>Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen LLH Kölnische Str. 48-50 34117 Kassel https://www.llh.hessen.de/</p>
Mecklenburg-Vorpommern	<p>Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern</p> <p>Paulshöher Weg 1 19061 Schwerin Dr. Karsten Lorenz-Henneberg Tel. 0385 588 6371 K.Lorenz-Henneberg@lm.mv-regierung.de</p>	<p>Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt (StALU) Westmecklenburg Bleicherufer 13 19053 Schwerin Telefon: 0385-59586 0</p> <p>StALU Mecklenburgische Seenplatte Neustrelitzer Straße 120 17033 Neubrandenburg Telefon: 0395-380 60</p> <p>StALU Mittleres Mecklenburg An der Jägerbäk 3 18069 Rostock Telefon: 0385-588 67 0</p> <p>StALU Vorpommern Badenstraße 18 18439 Stralsund Telefon: 03831-696 0</p>	<p>LMS Agrarberatung GmbH Graf-Lippe-Straße 1 18059 Rostock 0381 2030770 lfb@lms-beratung.de www.lms-beratung.de</p> <p>Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Gartenbaukompetenzzentrum Dorfplatz 1 / OT Gülzow 18276 Gülzow-Prüzen</p>
Niedersachsen	<p>Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz</p> <p>Referat 103 – Acker- und Pflanzenbau, Nährstoffmanagement, Düngung</p> <p>Dr. Eric Reinsdorf Calenberger Str. 2 30169 Hannover 0511/120-2273 Eric.reinsdorf@ml.niedersachsen.de</p>	<p>Düngebehörde:</p> <p>Landwirtschaftskammer Niedersachsen:</p> <p>Reno Furmanek Mars-la-Tour-Str. 6 26121 Oldenburg 0441 801-400 Reno.furmanek@lwk-niedersachsen.de</p>	<p>Landwirtschaftskammer Niedersachsen:</p> <p>Dr. Hendrik Führs Fachbereich Beratung und Qualitätsmanagement im Gartenbau 0511 4005-2314 hendrik.fuehrs@lwk-niedersachsen.de</p>

Link zum Beratungsangebot	Informationen zu den seit 1. Mai 2020 geltenden Änderungen der Düngeverordnung mit Auswirkungen auf die Landesverordnungen	Informationen zur Ausweisung und Lage der belasteten Gebiete	EDV-Anwendungen zur Umsetzung der Düngeverordnung für den Freilandgemüsebau
<p>https://llh.hessen.de/pflanze/boden-und-duengung/</p> <p>https://llh.hessen.de/pflanze/gemuesebau-und-kraeuter/oeko-gemuese/</p> <p>https://llh.hessen.de/pflanze/gemuesebau-und-kraeuter/</p>	<p>https://llh.hessen.de/pflanze/boden-und-duengung/duengeverordnung/neue-regelungen-fuer-die-duengung-avd-uev-und-duev/</p>	<p>https://www.hlnug.de/themen/wasser/belastete-gebiete-nach-duengeverordnung</p>	<p>Düngebedarfsrechner:</p> <p>https://llh.hessen.de/pflanze/gemuesebau-und-kraeuter/duengebedarfsmittlung-im-gemuesebau/</p>
<p>https://www.lms-beratung.de/de/zustaendige-stelle-fuer-landwirtschaftliches-fachrecht-und-beratung-lfb/</p> <p>https://lfamv.de/Landesforschungsanstalt/Institute/GKZ</p>	<p>https://www.lms-beratung.de/de/zustaendige-stelle-fuer-landwirtschaftliches-fachrecht-und-beratung-lfb/</p>	<p>https://www.regierung-mv.de/Landesregierung/lm/Landwirtschaft/Landesduengeverordnung/</p> <p>Erste Landesverordnung zur Änderung der Düngeverordnung vom 20. Dezember 2020:</p> <p>https://www.lms-beratung.de/export/sites/lms/de/galleries/Downloads_LFB/DueV/GVOBL.-Nr.-86-v.-22.12.-DuengeLVO.pdf</p>	<p>Bilanzierungs- und Empfehlungssystem Düngung BESyD</p> <p>Download-Link für WIDU - Düngebedarfs- und -planungsprogramm:</p> <p>www.widu-mv.de/Duengeplanung/</p>
<p>https://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/leistungsangebote/action/kaba/fg/D%C3%BCngung%20-ampersand-%20N%C3%A4hrstoffmanagement.html</p> <p>https://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/pflanze/nav/339.html</p>	<p>https://sla.niedersachsen.de/landentwicklung/LEA/</p> <p>https://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/duengebehoerde/nav/2207/article/35555.html</p> <p>„FAQ-Katalog“ zu aktuellen Einzelthemen</p>	<p>https://www.ml.niedersachsen.de/startseite/themen/landwirtschaft/pflanzen_und_dungemanagement/initiativen_auf_landesebene/initiativen-auf-landesebene-132303.html</p> <p>ZALD (Zentrale Ansprechstelle Landes-Düngeverordnung):</p> <p>https://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/duengebehoerde/nav/2567.html</p>	<p>Programm zur Düngebedarfsmittlung/-planung:</p> <p>WEB-Module Düngung:</p> <p>https://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/96/nav/2208/article/33981.html</p>

Bundesland	Zuständiges Ressort der Landesregierung/Ansprechpartner	Nach Landesrecht für den Vollzug zuständige Stelle/Ansprechpartner	Nach Landesrecht zuständig für die Düngeberatung im Freilandgemüsebau
Nordrhein-Westfalen	<p>Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz, Nordrhein-Westfalen</p> <p>- Referat II 2 - Dr. Jons-A. Eisele Emilie-Preyer-Platz 1 40476 Düsseldorf 0211-4566 792 jons.eisele@mulnv.nrw.de</p>	<p>Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen</p> <p>Stabsstelle, Kontrolle Düngeverordnung'</p> <p>NN Nevinghoff 40 48147 Münster Telefon: 0251 2376-0</p>	<p>Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen</p> <p>Fachbereich ‚Gartenbau‘</p> <p>Sarah Meyer/Karsten Lindemann-Zutz Gartenstraße 11 50765 Köln-Auweiler Tel.: 0221 / 53 40 – 581 oder Tel.: 0221 / 53 40 – 580 E-Mail: sarahfrancoise.meyer@lwk.nrw.de oder karsten.lindemann-zutz@lwk.nrw.de</p>
Rheinland-Pfalz	<p>Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau Rheinland-Pfalz Stiftstr. 9 55116 Mainz</p> <p>Ansprechpartner: Dr. Friedhelm Fritsch; Referat 8502 Weinbau, Acker- und Pflanzenbau, Grünland, Pflanzenschutz; 06131/16-2667 friedhelm.fritsch@mwvlw.rlp.de</p>	<p>Aufsichts- und Dienstleistungs- direktion Willy-Brandt-Platz 3 54290 Trier</p> <p>Ansprechpartner: Dr. Olaf Roller 0651-9494-845 Olaf.roller@add.rlp.de</p>	<p>Landwirtschaft:</p> <p>Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinessen-Nahe-Hunsrück (DLR R-N-H) Rüdesheimer Str. 68 55545 Bad Kreuznach</p> <p>Ansprechpartner: N.N. 0671 – 820 0</p> <p>Gartenbau: DLR Rheinpfalz Breitenweg 71 6735 Neustadt an der Weinstraße</p> <p>Ansprechpartner: Dr. Norbert Laun 06321-671 263 norbert.laun@dlr.rlp.de</p>

Link zum Beratungsangebot	Informationen zu den seit 1. Mai 2020 geltenden Änderungen der Düngeverordnung mit Auswirkungen auf die Landesverordnungen	Informationen zur Ausweisung und Lage der belasteten Gebiete	EDV-Anwendungen zur Umsetzung der Düngeverordnung für den Freilandgemüsebau
<p>https://www.landwirtschaftskammer.de/gartenbau/beratung/duengung/index.htm</p>	<p>https://www.landwirtschaftskammer.de/gartenbau/beratung/duengung/index.htm</p> <p>https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/duengung/duengeverordnung/index.htm</p> <p>Fragen und Antworten zur neuen Düngeverordnung:</p> <p>https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/duengung/duengeverordnung/fragen/index.htm</p>	<p>https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/duengung/duengeverordnung/binnendifferenzierung/index.htm</p> <p>https://www.elwasweb.nrw.de/elwas-web/index.jsf</p>	<p>Düngeportal NRW (seit Januar 2021) für DBE und Dokumentation:</p> <p>https://www.duengeportal-nrw.de/dp/login</p> <p>Excelanwendung für Stoffstrombilanz:</p> <p>https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/duengung/programme/stoffstrom/index.htm</p>
<p>https://www.wasserschutzberatung.rlp.de</p> <p>https://www.pflanzenbau.rlp.de</p> <p>https://www.dlr.rlp.de/Gemuesebau/Fachinformationen/Anbau-undKulturmanagement</p> <p>https://www.duengeberatung.rlp.de/Duengung</p>	<p>Verschiedene Merkblätter und Entscheidungshilfen zu einzelnen Schwerpunkten:</p> <p>https://www.duengeberatung.rlp.de/Duengung/Gemuesebau-und-Erdbeeren</p>	<p>https://geobox-i.de/GBV-RLP/</p>	<p>Düngeplaner Gemüse, Erdbeeren, inklusive Heil- und Gewürzpflanzen und Gemischtbetriebe:</p> <p>https://www.duengeberatung.rlp.de/Gemuesebau-und-Erdbeeren</p> <p>Download (Merkblätter und Programme):</p> <p>https://www.duengeberatung.rlp.de/Download</p>

Bundesland	Zuständiges Ressort der Landesregierung/Ansprechpartner	Nach Landesrecht für den Vollzug zuständige Stelle/Ansprechpartner	Nach Landesrecht zuständig für die Düngeberatung im Freilandgemüsebau
Saarland	<p>Ministerium für Umwelt und Verbraucherschutz</p> <p>Referat B/2 – Agrarpolitik, Landwirtschaftliche Erzeugung</p> <p>Frank Mohr Keplerstraße 18 66117 Saarbrücken 0681 / 501 – 4344 f.mohr@umwelt.saarland.de</p>	<p>Ministerium für Umwelt und Verbraucherschutz</p> <p>Referat B/1 – Prüfdienst ELER/EGFL</p> <p>Michael Schönau Am Ludwigsplatz 6 66117 Saarbrücken 0681 / 501 – 4863 m.schoenau@umwelt.saarland.de</p> <p>Landwirtschaftskammer für das Saarland</p> <p>Fachbereich C- Pflanzliche Erzeugung</p> <p>Dr. Tobias Hartmann In der Kolling 310 66450 Bexbach 06826 / 82895 52 dr.tobias.hartmann@lwk-saarland.de</p>	<p>Landwirtschaftskammer Saarland: https://www.lwk-saarland.de/pflanze/beratung/</p>
Sachsen	<p>Sächsisches Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft</p> <p>Referat 33 Pflanzliche Erzeugnisse, landwirtschaftlicher Ressourcenschutz</p> <p>Clemens Pohler Wilhelm Buckstraße 2 01097 Dresden 0351/564-23301 Clemens.Pohler@smekul.sachsen.de</p>	<p>Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie</p> <p>Referat 72: Pflanzenbau Dr. Michael Grunert 035242/631-7201 Michael.Grunert@smekul.sachsen.de</p>	<p>Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie</p> <p>Referat 81: Obst-, Gemüse- und Weinbau</p> <p>Dr. Hermann Laber 0351/2612-8715 Hermann.Laber@smekul.sachsen.de</p>
Sachsen-Anhalt	<p>Ministerium für Wirtschaft, Tourismus, Landwirtschaft und Forsten des Landes Sachsen-Anhalt</p> <p>Referat Pflanzliche Erzeugung, Bio- und Gentechnik, Garten- und Weinbau, Ökologischer Landbau, Imkerei</p> <p>Judith Wollny Hasselbachstraße 4 39104 Magdeburg 0391 567 1753 judith.wollny@mule.sachsen-anhalt.de</p>		<p>Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau</p> <p>Dezernat 21: Acker- und Pflanzenbau, Ökologischer Landbau</p> <p>Dr. Heike Schimpf 03471 / 334 277 Heike.Schimpf@lwg.mule.sachsen-anhalt.de</p>

Link zum Beratungsangebot	Informationen zu den seit 1. Mai 2020 geltenden Änderungen der Düngeverordnung mit Auswirkungen auf die Landesverordnungen	Informationen zur Ausweisung und Lage der belasteten Gebiete	EDV-Anwendungen zur Umsetzung der Düngeverordnung für den Freilandgemüsebau
<p>https://www.lwk-saarland.de/pflanze/beratung/</p>	<p>http://www.amtsblatt.saarland.de/jportal/portal/t/l74/page/bsverks-lprod.psm!?doc.hl=1&doc.id=VB-SL-ABLI2021107-G&documentnumber=1&numberofresults=1&doctype=Verkuendungsblatt%3Asl-abl-iges&showdoccase=1&doc.pardt=D&paramfromHL=true#focuspoint</p> <p>https://www.saarland.de/muv/DE/aktuelles/aktuelle-meldungen/pm_2020-12-28_Duenge-VO.html?nn=2831537b-c546-4cf7-96d3-d710200cd468</p>	<p>https://geoportal.saarland.de/mapbender/frames/index.php?lang=de&gui_id=Geoportal-SL-2020&WMC=4335</p> <p>https://geobox-i.de/GBV-SL/</p>	<p>Auf das Angebot anderer Länder (Rheinland-Pfalz) und des Bundes wird verwiesen.</p>
<p>https://www.landwirtschaft.sachsen.de/duengung-20165.html</p> <p>https://www.lfulg.sachsen.de/</p>	<p>https://www.landwirtschaft.sachsen.de/duengeverordnung-duengegesetz-20287.html</p>	<p>https://www.landwirtschaft.sachsen.de/duengeverordnung-duengegesetz-20287.html</p> <p>→ Recherchemöglichkeit zu Flächen, die im nitratbelasteten Gebiet liegen</p>	<p>Bilanzierungs- und Empfehlungssystem Düngung BESyD</p> <p>https://www.landwirtschaft.sachsen.de/besyd</p>
<p>https://llg.sachsen-anhalt.de/themen/pflanzenernaehrung-und-duengung/informationen-zur-duengeverordnung/</p>	<p>https://llg.sachsen-anhalt.de/themen/pflanzenernaehrung-und-duengung/informationen-zur-duengeverordnung/</p>	<p>https://llg.sachsen-anhalt.de/themen/pflanzenernaehrung-und-duengung/informationen-zu-nitrat-und-phosphorbelasteten-gebieten/</p>	<p>PC-Anwendungen zur Düngbedarfsermittlung einschl. Aufzeichnung (DüProNP) und zur Bilanzierung (DüProBilanz) sowie BESyD)</p> <p>https://llg.sachsen-anhalt.de/themen/pflanzenernaehrung-und-duengung/duengebedarfsermittlung-aufzeichnungspflichtigen-und-stoffstrombilanzprogramm-download/</p>

Bundesland	Zuständiges Ressort der Landesregierung/Ansprechpartner	Nach Landesrecht für den Vollzug zuständige Stelle/Ansprechpartner	Nach Landesrecht zuständig für die Düngeberatung im Freilandgemüsebau
Schleswig-Holstein	<p>Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein</p> <p>Dr. Thorsten Reinsch Mercatorstraße 3 24106 Kiel 0431-988-4931 thorsten.reinsch@melund.landsh.de www.melund.schleswig-holstein.de</p>	<p>Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume, Abt. Landwirtschaft</p> <p>Frau Daniela Müller LLUR 2030 Hamburger Chaussee 25 24220 Flintbek 04347 704-212 daniela.mueller@llur.landsh.de</p>	<p>Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein</p> <p>Abt. Pflanzenbau, Pflanzenschutz und Umwelt</p> <p>Herr Robert Bode</p> <p>Herr Henning Schuch</p> <p>Herr Dr. Lars Biernat</p> <p>Grüner Kamp 15-17 24768 Rendsburg +49 481 85094-53 rbode@lksh.de; hschuch@lksh.de; lbiernat@lksh.de</p>
Thüringen	<p>Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft</p> <p>Werner-Seelenbinder-Str.8 Frau Anne Buhlau 99096 Erfurt 0361- 5741 99651 anne.buhlau@tmil.thueringen.de</p>	<p>TLLLR - Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum</p>	<p>TLLLR - Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum</p> <p>Fabian Hildebrandt Naumburger Str. 98 07743 Jena 0361 574041-456 Fabian.Hildebrandt@tlllr.thueringen.de</p>

Link zum Beratungsangebot	Informationen zu den seit 1. Mai 2020 geltenden Änderungen der Düngeverordnung mit Auswirkungen auf die Landesverordnungen	Informationen zur Ausweisung und Lage der belasteten Gebiete	EDV-Anwendungen zur Umsetzung der Düngerverordnung für den Freilandgemüsebau
https://www.lksh.de/landwirtschaft/duengung/	https://www.lksh.de/landwirtschaft/duengung/	https://danord.gdi-sh.de/viewer/resources/apps/feldblockfinder/index.html?lang=de#/	Düngungsplanungsprogramm: https://www.lksh.de/landwirtschaft/duengung/duengebedarfsermittlung-duengeplanung-duengeplanungsprogramm/direkt-zum-duengeplanungsprogramm/
https://tllr.thueringen.de/landwirtschaft/rechtliche-grundlagen	https://tllr.thueringen.de/landwirtschaft/rechtliche-grundlagen	https://tllr.thueringen.de/landwirtschaft/rechtliche-grundlagen https://thueringenviewer.thueringen.de/thviewer/invekos.html http://www.geoproxy.geoportal-th.de/geoclient/start_invekos.jsp	Bilanzierungs- und Empfehlungssystem Düngung BESyD https://tllr.thueringen.de/wir/software/besyd#c46459

Literatur

BELAU, T. UND FRÖBA, N. (2009): Investitionen und Verfahrenskosten für die Feldbewässerung – Ergebnisse der KTBL-Arbeitsgruppe „Feldbewässerung“. In: Dirksmeyer, W. und Sourell, H. (Hrsg.): Wasser im Gartenbau. Landbauforschung, Sonderheft 328, Braunschweig, S. 69–72.

BMEL – BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (2019) Testbetriebsnetz Landwirtschaft: Buchführung der Testbetriebe – Ausführungsanweisung zum BMEL-Jahresabschluss. <https://www.bmel-statistik.de/fileadmin/daten/BFB-0113004-2019.pdf>.

BRUCKLER, L.; DE COCKBORNE, A. M. ET AL. (1997): Spatial and temporal variability of nitrate in irrigated salad crops. *Irrigation Science* 17 (2): 53–61.

BUNDESMINISTERIUM FÜR DIE LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT WIEN (HRSG.) (2008): Richtlinien für die sachgerechte Düngung im Garten- und Feldgemüsebau. 3. Auflage

CAMBARDELLA, C. UND KARLEN, D. (1999): Spatial analysis of soil fertility parameters. *Precision Agriculture* 1 (1): 5–14.

DEMETER E.V. (2021): Richtlinien 2021 Erzeugung und Verarbeitung Richtlinien für die Zertifizierung „Demeter“ und „Biodynamisch“. https://www.demeter.de/sites/default/files/richtlinien/richtlinien_gesamt.pdf.

DEUTSCHER WETTERDIENST, DWD-Hydro-meteorologie: RADOLAN-Kurzbeschreibung 2020. https://www.dwd.de/DE/leistungen/radolan/radarniederschlagsprodukte/radolanurzbeschreibung_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=7.

DÜMIG, A. UND SCHMITT, A. (2018): Nitrat im Boden: Wie zuverlässig sind Schnelltests? *Gemüse* 4/2018: 10–13.

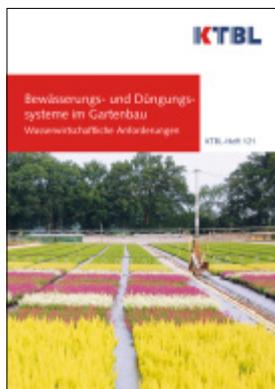
FELLER, C.; FINK, M.; LABER, H.; MAYNC, A.; PASCHOLD, P.; SCHARPE, H. C.; SCHLAGHECKEN, J.; STROHMEYER, K.; WEIER, U. UND ZIEGLER, J. (2011): Düngung im Freilandgemüsebau. In: Fink, M. (Hrsg.): Schriftenreihe des Leibniz-Instituts für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ), 3. Auflage, Heft 4, Großbeeren.

HERGERT, G. W.; FERGUSON, R. B. ET AL. (1995): Classical statistical and geostatistical analysis of soil nitrate-N spatial variability. Site specific management for agricultural systems. *Proc. Conference, Minneapolis, 1995: 175–186.*

HOCHSCHULE GEISENHEIM – Institut für Gemüsebau: Geisenheimer Bewässerungssteuerung 2021. https://www.hs-geisenheim.de/fileadmin/redaktion/FORSCHUNG/Institut_fuer_Gemuesebau/Ueberblick_Institut_fuer_Gemuesebau/Geisenheimer_Steuerung/kc-Werte_PENMAN_2021.pdf

KTBL – KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT E. V. (2013): Ökologischer Feldgemüsebau, Betriebswirtschaftliche und produktionstechnische Kalkulationen. Darmstadt.

- KTBL – KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT E. V. (2017): Gemüsebau – Freiland und Gewächshaus. Darmstadt.
- KTBL – KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT E. V. (2019a): Web-Anwendungen „Feldarbeitsrechner“ und „Leistungs-Kostenrechnung Pflanzenbau“. <https://www.ktbl.de/webanwendungen/>.
- KTBL – KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT E. V. (2019b); Funk, M.: Erweiterter Ergebnisauszug der Arbeitsverfahren im Pflanzenbau. Darmstadt.
- NIEDERHÄUSER, R. (2006), in Bundesministerium für die Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Wien (Hrsg.): Richtlinien für die sachgerechte Düngung im Obstbau.
- PERROT-Regnerbau Calw GmbH: Erläuterungen zur Verteilgenauigkeit bei Verbandsaufstellungen von Regnern. https://oase-bis.com/userfiles/files/VP3_CIT-TEST.pdf.
- ROCKSCH, T.; SRADNICK, A.; FELLER, C. (2018): Zwischenbericht MuD – Optimierung der Stickstoffdüngung im Freilandgemüsebau. Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau.
- SCHLAGHECKEN, J. (1989): Gründüngung im Gemüsebau. Neustadter Hefte 18, Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR) Rheinland, Neustadt an der Weinstraße.
- SCHLAGHECKEN, J. UND ZIEGLER, J. (2007–2015): Kalkulation im Freilandgemüsebau. Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR) Rheinland, Neustadt an der Weinstraße.
- SCHLAGHECKEN, J. (2009): Gründüngung im Gemüsebau: Wirkung, Arten, Anbau, Kosten. Zweite Auflage August 2009. Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR)-Rheinpfalz.
- SCHMIDHALTER, U. (2005): Development of a quick on-farm test to determine nitrate levels in soil. J. Plant Nutr. Soil Sci. 168: 432–438.
- SHARMASARKAR, F.; SHARMASARKAR, S. ET AL. (1999): Micro-Spatial Variability of Soil Nitrate Following Nitrogen Fertilization and Drip Irrigation. Water, Air, and Soil Pollution 116 (3-4): 605–619.
- SOURELL, H. (2009): Bewässerungstechnik: Wasserverteilung mit Blick in die Zukunft, Freilandberechnung. In: Dirksmeyer, W. und Sourell, H. (Hrsg.): Landbauforschung, Sonderheft 328, Braunschweig, S. 29–32.
- STENGER, R.; PRIESACK, E. ET AL. (2002): Spatial variation of nitrate-N and related soil properties at the plot-scale. Geoderma 105 (3-4): 259–275.
- THOMPSON, R. B.; VOGT, W.; INCROCCI, L.; FINK, M. UND DE NEVE, S. (2018): Strategies for optimal fertilizer management of vegetable crops in Europe. Acta Horticulturae 1192, S. 129–140.
- WUSTMANN, G. UND LATTASCHKE, G. (1996): Nitrat-Schnelltest in Bodenproben für den Gemüsebau. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft.



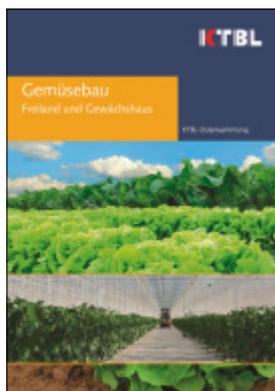
Bewässerungs- und Düngungssysteme im Gartenbau

Wasserwirtschaftliche Anforderungen

Erscheinungsjahr 2018

56 Seiten · Heft, Bestell-Nummer: 40121, 9 €

Dieses Heft bietet Mitarbeitern von Genehmigungsbehörden, Wasserversorgungsunternehmen und Gärtnern Informationen, welchen Anforderungen die Anlagen zur Lagerung und Verteilung von flüssig ausgebrachten Düngern aus wasserwirtschaftlicher Sicht genügen müssen und wie bestehende Anlagen beurteilt werden können - kurz, wie sich die rechtlichen Anforderungen in der Praxis umsetzen lassen.



Gemüsebau

Freiland und Gewächshaus

Erscheinungsjahr 2017

652 Seiten · Datensammlung, Bestell-Nummer: 19521, 26 €

Die Datensammlung Gemüsebau beinhaltet Produktionsverfahren für eine Vielzahl an Kulturen, die mit den relevanten Verfahrensschritten beschrieben werden. Vom Anbau über Ernte bis hin zum Transport zur jeweiligen Verwertung - für jede Kultur werden Anbauhinweise mit Angaben zu Maschinenkosten, Arbeitszeitbedarf und Dieselbedarf gegeben. Auch in der Praxis weniger verbreitete Kulturen werden berücksichtigt.

Bestellung an:

KTBL, Bartningstraße 49, D-64289 Darmstadt | Tel.: +49 6151 7001-189 |

E-Mail: vertrieb@ktbl.de | www.ktbl.de



Düngeverordnung 2020

Was die Düngeverordnung für die landwirtschaftliche und gärtnerische Praxis bedeutet, ist Inhalt der Broschüre „Düngeverordnung 2020“. Die überarbeitete Düngeverordnung ist am 1. Mai 2020 in Kraft getreten. Zum 1. Januar 2021 wurden auch die neuen Regelungen für die „roten“ Gebiete (mit Nitrat belastete und eutrophierte Gebiete) wirksam.

„Düngeverordnung 2020“ informiert über die aktuelle Rechtslage und stellt vor, was sich für die Düngung und bezüglich der Aufbringungstechnik geändert hat. Die Broschüre beschreibt und erklärt Aufbringungsbeschränkungen, Sperrzeiten und Obergrenzen für organische Düngemittel. Ein Schwerpunkt sind auch die Informationen zu den Regelungen in mit Nitrat belasteten und eutrophierten Gebieten.

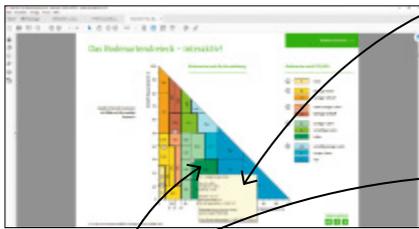
Außerdem informiert sie über aktuelle Aufzeichnungspflichten und Ordnungswidrigkeiten. Die Broschüre wurde mit maßgeblicher Unterstützung von Expertinnen und Experten der Bundesbehörden, der Bundesforschungseinrichtungen, der Landwirtschaftsministerien und der Beratungsorganisationen der Länder erstellt. Sie bietet damit eine komprimierte Zusammenfassung der wesentlichen Informationen zur aktuellen Düngeverordnung.

Broschüre, DIN A4, 76 Seiten,
3. Auflage 2020,
Bestell-Nr. 1756



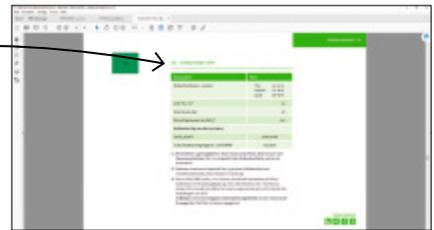
Das Bodenartendreieck

Die interaktive Download-Version (pdf) bietet grundlegende Informationen zu jeder Bodenart. Die Bodenart beschreibt die Zusammensetzung des Feinbodens und ist damit ein wesentlicher Indikator für die Bodeneigenschaften. Größe und Zusammensetzung der Bodenpartikel bestimmen entscheidend die Bodeneigenschaften und die Möglichkeiten für die landwirtschaftliche Nutzung.



Bewegung des Mauszeigers über das jeweilige Segment zeigt bereits Infos als Quickinfo an. Diese gelten für eine einfache Standardsituation.

Ein Klick auf das Segment liefert detaillierte Infos zur Bodenart. Die komplexen Zusammenhänge wurden vereinfachend zusammengefasst und anhand etablierter Regelwerke für NRW aufgearbeitet.



Die Buttonleiste unten rechts ermöglicht komfortable Navigation.

Als ergänzende Information werden in der Download-Version ein Bestimmungsschlüssel sowie wichtige Hinweise zur Durchführung einer Fingerprobe vorgestellt. Mit ihr lässt sich eine Bodenprobe vor Ort ohne weitere Hilfsmittel einer Bodenart zuordnen.

Interaktive pdf, Erstauflage 2021, Bestell-Nr. 0244



Downloadbar über den QR-Code oder unter:
<https://www.ble-medienservice.de/0244/bodenartendreieck?number=0244>



Bodentypen – Nutzung, Gefährdung, Schutz

So vielfältig wie die Landschaften sind auch die Böden Deutschlands. Als Wasser- und Nährstoffspeicher sind sie die Produktionsgrundlage für die Land- und Forstwirtschaft und den Gartenbau. Ihrem Schutz kommt daher große Bedeutung zu. Ausgehend von der Entstehungsgeschichte der Bodentypen informiert das Heft über deren Eigenschaften wie zum Beispiel die Korngrößenverteilung, den pH-Wert und den Humusgehalt. Farbfotos von Bodenprofilen veranschaulichen die wichtigsten Merkmale 25 ausgewählter Bodentypen. Landwirte und Berater erfahren, für welche Art der Bewirtschaftung der jeweilige Typ am besten geeignet ist und wo er seine Stärken und Schwächen hat. Außerdem erhalten sie darauf abgestimmte Tipps zur Bodenbearbeitung und zur Düngung.

Broschüre, DIN A5, 92 Seiten,
6. Auflage 2019,
Bestell-Nr. 1572



Böden in der Landwirtschaft

Das Poster stellt acht Bodentypen vor, die landwirtschaftlich genutzt werden, sowie einen Weinbergsboden. Jedes ausgewählte Bodenprofil ist typisch im Hinblick auf seine Verbreitung innerhalb einer bestimmten Agrarlandschaft. Neben der Horizontabfolge wird jeweils die mögliche landwirtschaftliche Nutzung beschrieben.

Poster, DIN A1 auf A4 gefalzt,
1. Auflage 2019,
Bestell-Nr. 0046

Was bietet das BZL?

Internet

www.landwirtschaft.de

Vom Stall und Acker auf den Esstisch – Informationen für Verbraucherinnen und Verbraucher

www.praxis-agrar.de

Von der Forschung in die Praxis – Informationen für Fachleute aus dem Agrarbereich

www.bzl-datenzentrum.de

Daten und Fakten zur Marktinformation und Marktanalyse

www.bildungsserveragrar.de

Gebündelte Informationen zur Aus-, Fort- und Weiterbildung in den Grünen Berufen

www.nutztierhaltung.de

Informationen für eine nachhaltige Nutztierhaltung aus Praxis, Wissenschaft und Agrarpolitik

www.oekolandbau.de

Das Informationsportal rund um den Öko-Landbau und seine Erzeugnisse

Social Media

Folgen Sie uns auf Twitter, Instagram und YouTube



@bzl_aktuell



@mitten_draussen



Bundesinformationszentrum Landwirtschaft

Unsere Newsletter

www.landwirtschaft.de/newsletter

www.praxis-agrar.de/newsletter

www.oekolandbau.de/newsletter

www.bmel-statistik.de/newsletter

Medienservice



Alle Medien erhalten Sie unter www.ble-medienservice.de

Impressum

1778/2022

Herausgeberin

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)

Präsident: Dr. Hanns-Christoph Eiden

Deichmanns Aue 29

53179 Bonn

Telefon: +49 (0)228 6845-0

Internet: www.ble.de

Redaktion

Anne Staeves, Bundesinformationszentrum Landwirtschaft (BZL) in der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Referat 412 – Experten- und Fachkommunikation

Text

Dr. Carmen Feller, Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ) Großbeeren e.V.

Dr. Alexander Dümig und Andrea Spirkaneder, Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Fürth

Sarah Francoise Meyer, Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen

Dr. Sabine Ludwig-Ohm, Hanna Wildenhues und Dr. Hildegard Garming, Thünen-Institut für Betriebswirtschaft, Braunschweig

Joachim Ziegler, Esther Paladey und Philipp Heid, Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinpfalz

Layout

CMS – Cross Media Solutions GmbH,
97082 Würzburg

Bilder

Landpixel: Titelbild, U2, Abb. 3, 8, 9,10, 11, 33, 54, 55; JestersCap/E+ via Getty Images: Abb. 2; Projektbilder MuD: Projekttreffen am 13. und 14. Februar 2019 in Klein-Altendorf: Abb. 1; A. Spirkaneder: Abb. 4; A. Dümig: Abb. 13, 16, 17, 18; H. Wildenhues: Abb. 15; S. Meyer: Abb. 22, 36 bis 50; J. Ziegler: Abb. 27, 51, 52, 53, 56; J. Schlaghecken /<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/de/>: Abb. 29, 57, 63 (Blumenkohl); J. Kreiselmaier: Abb. 57, 58; LWG Veitshöchheim: Abb. 12, 14; U. Lossie: Abb. 19; L. Rebholz: Abb. 20; P. Esser: Abb. 21; Rückseite: Bim / E+ via Getty Images; by-studio / iStock Getty Images Plus via Getty Images; egal / iStock Getty Images Plus via Getty Images; tepic / iStock Getty Images Plus via Getty Images

Druck

Kunst- und Werbedruck GmbH & Co. KG
Hinterm Schloss 11, 32549 Bad Oeynhausen

Das Papier besteht zu 100 % aus
Recyclingpapier.

Nachdruck oder Vervielfältigung – auch auszugsweise – sowie Weitergabe mit Zusätzen, Aufdrucken oder Aufklebern nur mit Zustimmung der BLE gestattet.

© BLE 2022



BZL



Das Bundesinformationszentrum Landwirtschaft (BZL) ist der neutrale und wissensbasierte Informationsdienstleister rund um die Themen Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Imkerei, Garten- und Weinbau – von der Erzeugung bis zur Verarbeitung.

Wir erheben und analysieren Daten und Informationen, bereiten sie für unsere Zielgruppen verständlich auf und kommunizieren sie über eine Vielzahl von Medien.

www.praxis-agar.de