



Bundesanstalt für
Landwirtschaft und Ernährung



Bundesinformationszentrum
Landwirtschaft

Effizient düngen

Anwendungsbeispiele zur Düngeverordnung



Liebe Leserinnen und Leser,

in der BZL-Broschüre „Die neue Düngeverordnung“ (Bestell-Nr. 1756) wurden die Vorschriften der neuen Düngeverordnung umfassend erläutert. Mithilfe einer bundesweiten Expertengruppe (s. Seite 63) ist nun diese zweite Broschüre entstanden. Hier stellen wir dar, wie sich die Vorgaben dieser Verordnung auf den landwirtschaftlichen Betrieb auswirken und wie Sie als Landwirtin und Landwirt reagieren können, um die Vorgaben einzuhalten. Es werden zunächst verschiedene Maßnahmen vorgestellt, mit denen Sie die Stickstoff- und Phosphordüngung auf Ihrem Betrieb effizienter gestalten können. Anhand von Beispielbetrieben zeigen wir, wie sich die Düngeverordnung auf die Düngepraxis auswirkt und wie Sie die Maßnahmen zur Effizienzsteigerung berücksichtigen können.

Ihre
Redaktion Landwirtschaft
Bundesinformationszentrum Landwirtschaft



**Bundesinformationszentrum
Landwirtschaft**

Inhalt

1.	Einleitung	4
2	Grundlagen der Stickstoff- und Phosphordüngung	5
2.1	Stickstoff	5
2.2	Phosphor	7
3	Maßnahmen zur Steigerung der N-Effizienz	9
3.1	Ausgangslage: N-Bedarf betriebsindividuell ermitteln	10
3.2	Im Boden verfügbare N-Mengen (N_{min}) realistisch bewerten	12
3.3	N-Nachlieferung aus dem Bodenvorrat prognostizieren	12
3.4	Düngewirkung und N-Nachlieferung bei organischer Düngung angemessen anrechnen	13
3.5	Vorfrucht- und Zwischenfruchtwirkung realistisch bewerten	14
3.6	N-ineffiziente Kulturen und Sorten einsetzen	18
3.7	N-ineffiziente Fruchtfolgen gestalten	18
3.8	Düngungszeitpunkt an Entwicklung des Pflanzenbestands anpassen	19
3.9	Nährstoffgehalte organischer Dünger im eigenen Betrieb präziser ermitteln	21
3.10	Wirkung unterschiedlicher mineralischer N-Düngerformen nutzen	24
3.11	Gasförmige Emissionen durch neue Applikationstechniken vermindern	25
3.12	Düngerverteilung optimieren	27
3.13	„Precision Farming“ für die teilflächenspezifische Düngung verwenden	28
3.14	Bodenstruktur verbessern	29
3.15	Feldberegnung nutzen	29
3.16	EDV-Programme zur Düngebedarfsermittlung und Nährstoffbilanzierung einsetzen	30
4	Maßnahmen zur Steigerung der P-Effizienz	31
4.1	Effizienzsteigerung bei Böden mit niedrigen Gehalten an pflanzenverfügbarem Phosphor	31
4.2	Effizienzsteigerung bei hohem P-Angebot	32
5	Beispielbetriebe	35
5.1	Ackerbaubetrieb	35
5.2	Gemüsebaubetrieb	43
5.3	Veredelungsbetrieb	48
5.4	Futterbaubetrieb	51
6	Zusammenfassung	59
7	Literatur	60
	Redaktionsgruppe der Broschüre	63
	KTBL-Veröffentlichungen	64
	Weitere BZL-Medien	65
	Impressum	67

Titelbild: Bodenprobenahme zur N_{min} -Ermittlung

Für eine standortangepasste N-Düngung gilt die dringende Empfehlung, den N_{min} -Wert im Frühjahr selber für die eigenen Flächen zu ermitteln, z. B. wie hier zu sehen, vollautomatisch, mit einem Bodenprobenahmegerät aufgebaut auf einem All Terrain Vehicle (ATV)



1 Einleitung

Mit der Düngeverordnung soll einerseits die Düngung pflanzenbedarfsgerecht ausgerichtet, andererseits sollen Umweltziele wie der Schutz von Grund- und Oberflächengewässern, die Luftreinhaltung oder der Klimaschutz umgesetzt werden. Gerade die Umweltziele erfordern eine Begrenzung der eingesetzten Nährstoffe. Dies gilt besonders für Stickstoff und Phosphor.

Mit der Novellierung der Düngeverordnung wurden die Vorgaben zur Düngebedarfsermittlung konkretisiert, aber auch differenziert. Der ermittelte Düngebedarf, die Aufbringungsobergrenze für Stickstoff, die Begrenzung der Düngung im Herbst, die Beschränkungen der Düngemittelanwendung aufgrund des Standorts und des Bodenzustands, Vorgaben zur Aufbringungstechnik und letztendlich die Kontrollwerte für die Nährstoffvergleiche von Stickstoff und Phosphor geben den Rahmen vor, innerhalb dessen die Landwirtin oder der Landwirt über betriebliches Management und eingesetzte Technik die Effizienz der Düngung beeinflussen kann.

Durch die Düngeverordnung werden auch Grenzen festgesetzt. Werden diese überschritten, z. B. durch das Nichteinhalten von Vorgaben zur Düngung, können Bußgelder und Sanktionen im Rahmen von Cross Compliance verhängt werden. Durch den gezielten Einsatz verschiedener, in den Kapiteln 3 und 4 aufgeführter Bewirtschaftungsmaßnahmen, können die neuen Beschränkungen der Düngeverordnung von der landwirtschaftlichen Praxis leichter eingehalten und schädliche Umwelteinflüsse der Düngung minimiert werden.

In der BZL-Broschüre „Die neue Düngeverordnung“ (siehe Seite 65) wurden die Vorschriften der neuen Düngeverordnung umfassend erläutert. In dem vorliegenden Heft soll anhand von Beispielbetrieben dargestellt werden, wie sich die einzelnen Vorgaben gesamtbetrieblich auswirken können und welche Reaktionsmöglichkeiten für die landwirtschaftliche Praxis bestehen, um die Vorgaben der neuen Düngeverordnung einzuhalten. Hierzu werden zunächst verschiedene Maßnahmen zur Steigerung der Stickstoff- und Phosphoreffizienz vorgestellt. Anschließend werden Beispielbetriebe beschrieben und mit solchen Maßnahmen in Verbindung gebracht, die sich in der Praxis für eine Effizienzsteigerung anbieten.

2 Grundlagen der Stickstoff- und Phosphordüngung

Für das Verständnis der verschiedenen Ansätze zur Verbesserung der Effizienz des Einsatzes dieser Nährstoffe sind einige grundsätzliche Zusammenhänge von Bedeutung.

2.1 Stickstoff

Vereinfacht ausgedrückt ergibt sich der Düngebedarf für Stickstoff (N) aus der Differenz zwischen dem N-Bedarf eines Pflanzenbestandes und dem N-Angebot, das der Boden im Laufe des Pflanzenwachstums bereitstellt. Dieser Grundsatz, dargestellt in Abbildung 2.1, ist auch die Basis für die Düngebedarfsermittlung in der neuen Düngeverordnung.

Der N-Bedarf des Pflanzenbestandes entspricht der Menge an Stickstoff, die erforderlich ist, um den optimalen Ertrag zu erreichen, und die im Laufe der Wachstumsperiode von diesem aufgenommen wird. Der N-Düngebedarf errechnet sich aus der Differenz zwischen der N-Nachlieferung und dem Pflanzenbedarf. Je genauer die Menge, die im Vegetationsverlauf nachgeliefert wird, abgeschätzt werden kann, umso präziser kann der zu ergänzende Düngebedarf ermittelt werden und umso höher ist die N-Effizienz.

Die vom Feld abgefahrene N-Menge wird als N-Entzug bezeichnet. Dieser ist niedriger als der N-Bedarf, weil bis zur Ernte Blattverluste und N-Umverlagerungen in der Pflanze auftreten oder nicht der gesamte Aufwuchs (z. B. bei Gemüse) abgefahren wird. Bei der Ernte werden, je nach Kultur, mit dem Haupternteprodukt (z. B. Getreidekorn) und dem Nebenernteprodukt (z. B. Stroh) unterschiedliche N-Mengen von der Fläche abgefahren. Von dem insgesamt aufgenommenen Stickstoff verbleibt also ein Teil auf der Fläche, gebunden in den Pflanzen- und Wurzelresten oder bereits mineralisiert im Boden.

Das N-Angebot des Bodens an die Pflanze speist sich aus dem Bodenvorrat, d. h. dem im Boden vorhandenen organischen und anorganischen Stickstoff. Dieser bodenbürtige Stickstoff kann dabei unterschiedlich schnell umgesetzt und damit pflanzenverfügbar werden. So unterscheiden Beisecker et al. (2015) die folgenden drei „N-Pools“:

- mineralischer Stickstoff (direkt pflanzenverfügbar, N_{\min} als Summe von $\text{NO}_3\text{-N}$ und $\text{NH}_4^+\text{-N}$)
- Stickstoff der mikrobiellen Biomasse (schnelle Umsetzung, N_{fast})
- Stickstoff in der organischen Bodensubstanz („Humus-Pool“; langsame Umsetzung, N_{slow})

Abbildung 2.1: Gezielte Düngung durch Berücksichtigung des N-Bedarfs der Pflanzen und des N-Angebots im Boden (Baumgärtel, 2012)

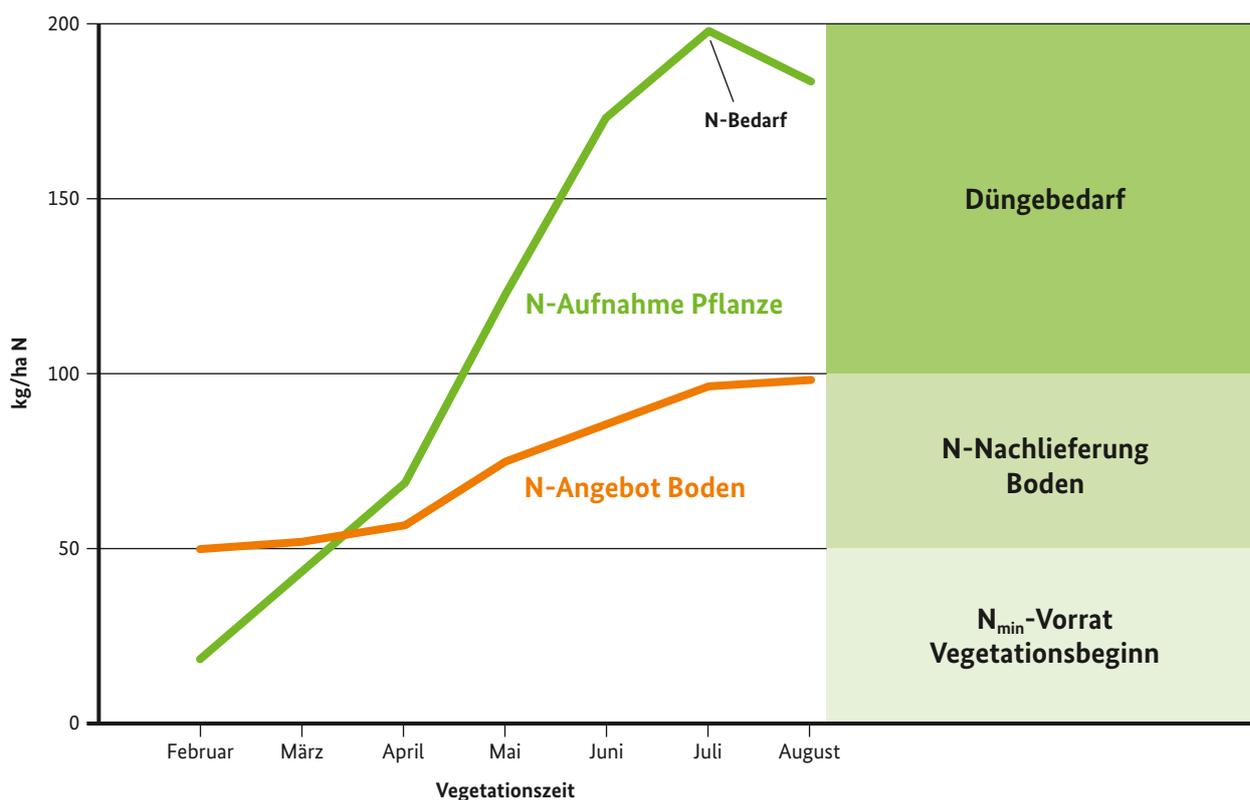
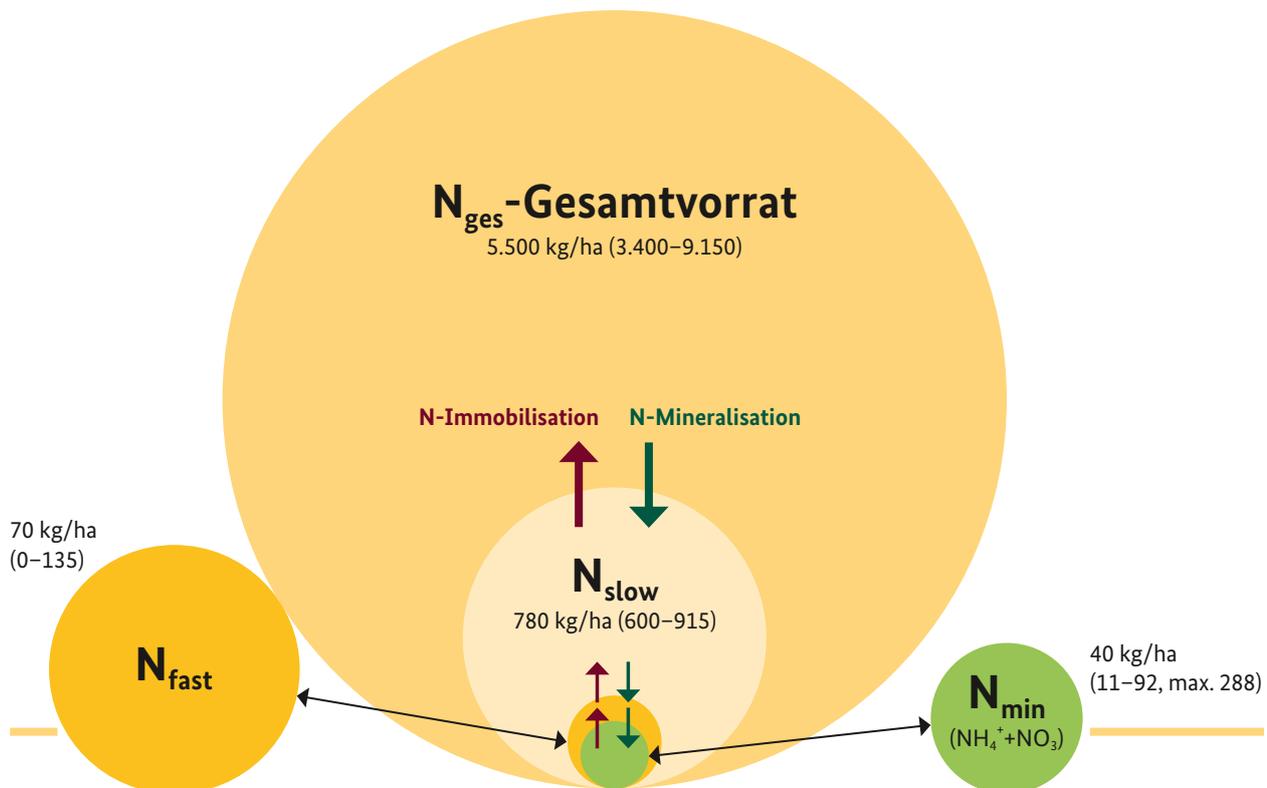


Abbildung 2.2: Größenordnung der verschiedenen N-Fractionen im Oberboden von Ackerschlägen; jeweils als Mittelwert, Minimum und Maximum (Beisecker et al., 2015)



Die Menge an organisch gebundenem Stickstoff beträgt ein Vielfaches des mineralischen Stickstoffs. Die Umwandlung erfolgt im Wesentlichen durch Bodenmikroorganismen und wird von den lokalen Boden- und Witterungsverhältnissen stark beeinflusst, insbesondere von der Belüftung des Bodens, der Bodentemperatur und der Bodenfeuchte (Abbildung 2.2). Stickstoff wird dem Boden über organische und mineralische Düngung, über die N-Deposition (die über den Luftpfad eingetragene N-Menge) sowie durch Luftstickstoff fixierende Mikroorganismen (häufig in symbiontischer Lebensweise mit Leguminosen) zugeführt.

In Betrieben, in denen regelmäßig größere Mengen an organischen Düngern eingesetzt werden, wie z. B. in Tierhaltungsbetrieben mit hohem Viehbesatz oder in Biogasbetrieben, erhöht sich langfristig der Humusanteil des Bodens und damit auch die Menge des nachlieferbaren Stickstoffs. Diese Humusanreicherung ist abhängig von den angebauten Kulturarten, den Standortbedingungen (Boden, Klima), der Art des eingesetzten organischen Düngers und der Bodenbearbeitung, aber nur sehr langfristig nachweisbar. Grundsätzlich gilt: Je höher der Anteil an schwer mineralisierbarer organischer Substanz und je weiter das C/N-Verhältnis, desto höher die Humusanreicherung.

Für jeden Standort ergibt sich so eine charakteristische Humuskonzentration mit einem korrespondierenden N-Gehalt. Mit ansteigender Humuskonzentration im Boden steigt auch

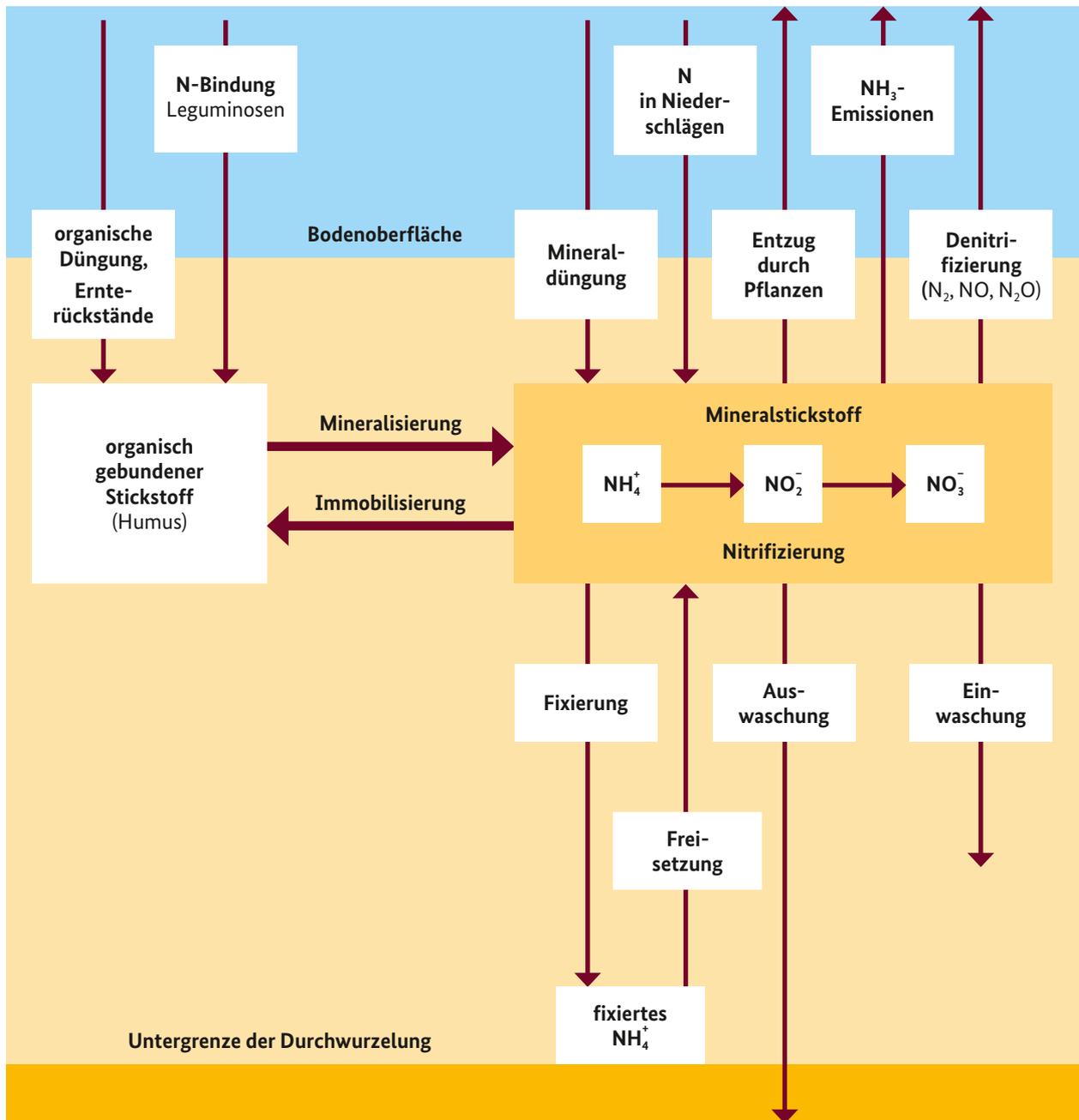
die mineralisierbare und damit potenziell pflanzenverfügbare N-Menge. Dabei haben neuere Untersuchungen gezeigt, dass durch die organische N-Düngung auf vielen Flächen bei gleichbleibender Humuskonzentration das C/N-Verhältnis enger wird. Diese Flächen besitzen trotz des relativ niedrigen Humusgehalts ein höheres N-Nachlieferungspotenzial (Gebauer und Schaaf, 2017).

Der pflanzenverfügbare Stickstoff teilt sich auf in den mineralischen Stickstoff zu Vegetationsbeginn (Frühjahrs- N_{min}) sowie den durch die N-Nachlieferung im Vegetationsverlauf bereitgestellten Stickstoff.

Die nach dem Winter im Boden verbliebene mineralische N-Menge zu Vegetationsbeginn (N_{min}) muss bei der Düngebedarfsermittlung auch nach der neuen Düngeverordnung mit einbezogen werden.

Die kulturartenspezifischen N-Bedarfswerte der Düngeverordnung, die nicht überschritten werden dürfen, berücksichtigen auch eine durchschnittliche N-Nachlieferung, die sich aus den zu Grunde liegenden Feldversuchen ergeben. Zusätzlich muss der N-Düngebedarf aufgrund einer erhöhten N-Nachlieferung durch organische Düngung im Vorjahr, höherer Humusgehalte sowie nach bestimmten Vorfrüchten reduziert werden.

Abbildung 2.3: Der N-Haushalt des Bodens



Die genaue Quantifizierung des N-Angebotes des Bodens für die Pflanzen ist nicht einfach, betrachtet man die vielfältigen Einflussfaktoren auf den N-Haushalt in Abbildung 2.3, sowie die in Abbildung 2.2 dargestellten Größenverhältnisse der verschiedenen N-Fractionen im Boden.

Zur Verbesserung der N-Effizienz bzw. zur Minderung von N-Salden kann daher die standortspezifische Ermittlung der N-Nachlieferung des Bodens mit Hilfe von Pflanzenanalysen und/oder Computermodellen sehr wesentlich beitragen.

2.2 Phosphor

Der in den Böden vorhandene Phosphor (P) ist oft für die Pflanzen nur unzureichend verfügbar. Wird den Böden Phosphor über Dünger zugeführt, wird nur ein Bruchteil (< 10 %) von den Pflanzen unmittelbar genutzt, dabei erfolgt die Pflanzenaufnahme als im Wasser gelöstes Phosphat.

Etwa 60 % des Dünger-P gelangt über Futtermittel in die Tierhaltungsbetriebe und über den dort anfallenden Wirtschaftsdünger auf die landwirtschaftlichen Nutzflächen (Kratz et al., 2014).

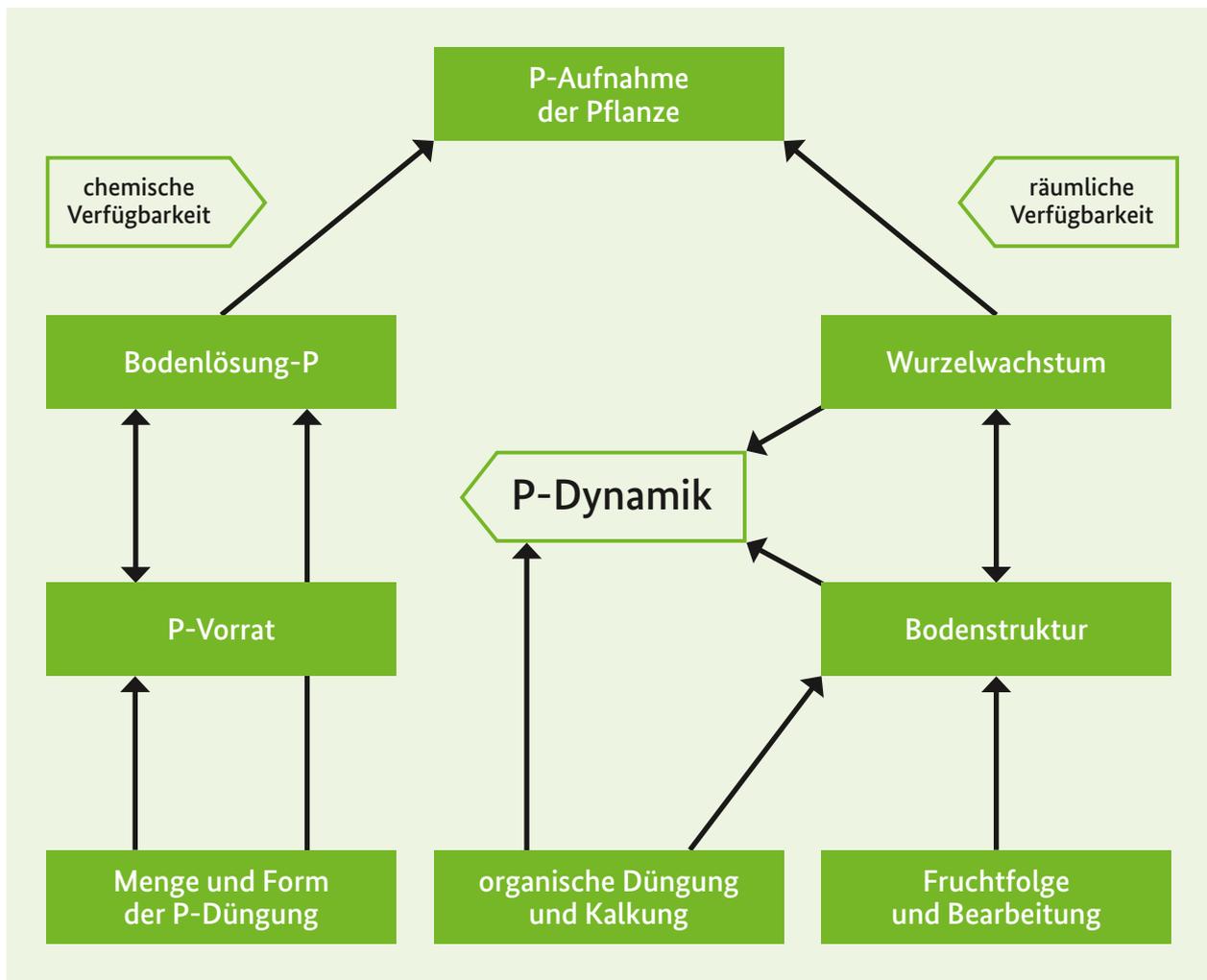
Durch die ungleiche regionale Verteilung der Tierhaltung in Deutschland kommt es einerseits zu hohen P-Aufbringungsmengen in Intensivtierhaltungsregionen. Insbesondere Ackerstandorte weisen dort hohe P-Konzentrationen auf. Andererseits gibt es in Deutschland P-Mangelstandorte. Dies sind vielschwache Regionen, in denen insbesondere Grünlandstandorte betroffen sind (Klages et al., 2016).

Im Vergleich zu anderen Pflanzennährstoffen ist Phosphor in den meisten Böden wenig mobil. Daher kommt dem Wachstum der Pflanzenwurzeln zur Erschließung des Boden-P und den dafür vorliegenden Wachstumsbedingungen eine hohe Bedeutung für die P-Versorgung der Pflanze zu. Den größten Teil ihres P-Bedarfs decken die Kulturpflanzen aus P-Reserven, welche früheren Düngungsmaßnahmen entstammen und in die Bodenlösung remobilisiert werden (Abbildung 2.4). Dieser voraussichtlich im Verlauf einer Vegetationsperiode aus dem Boden verfügbare Phosphor wird durch Bodenuntersuchung auf extrahierbaren Phosphor (sogenannter „pflanzenverfügbarer Phosphor“) bestimmt und mit Gehaltsklassen von A (sehr niedrig) bis E (sehr hoch) quantifiziert (Kerschberger et al., 1997, Wiesler et al., 2018). In der Gehaltsklasse C deckt der aus Bodenvorräten verfügbare Phosphor

den zur Erreichung des Optimalertrags für eine Kultur oder mehrere Kulturen einer Rotation erforderlichen Pflanzenbedarf – je nachdem, ob jährlich oder nur einmal in der Fruchtfolge gedüngt wird. Bei höheren Gehalten im Boden (Klassen D und E) werden durch die Düngung keine Mehrträge erzielt. Mit Erreichen der Gehaltsklasse C müssen nur die Mengen an Phosphor durch Düngung ergänzt werden, die durch den Entzug der Ernten des Folgejahres oder der Fruchtfolge zu erwarten sind. In der Gehaltsklasse E ist keine P-Düngung erforderlich. Aktuell wurden die den Gehaltsklassen zugeordneten Boden-Richtwerte vom VDLUFA (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten e.V.) nach unten korrigiert (Wiesler et al., 2018). Dieser Vorgang besitzt zunächst zwar nur Empfehlungscharakter, zeigt jedoch, dass der P-Düngebedarf in vielen Fällen niedriger ist als bislang angenommen.

Auf Böden mineralischen Ursprungs geht Phosphor kaum durch Auswaschung oder oberflächlichen Abtrag verloren. Auf diesen Böden gibt es praktisch keine unvermeidbaren Verluste von Phosphor bzw. diese können durch Maßnahmen der guten ackerbaulichen Praxis (z. B. Erosionsvermeidung) verhindert werden.

Abbildung 2.4: Faktoren der P-Verfügbarkeit (aus DLG Merkblatt 251)



3 Maßnahmen zur Steigerung der N-Effizienz

Nach der Düngeverordnung sind die Betriebe verpflichtet, den berechneten N-Düngebedarf sowie die Kontrollwerte bei den Nährstoffvergleichen einzuhalten. Ein Verstoß kann die Verhängung von Bußgeldern nach sich ziehen und ist bei Stickstoff zudem Cross Compliance-relevant. Die Düngebedarfsermittlung für Stickstoff und Phosphor muss auf der Ebene der Schlag- bzw. Bewirtschaftungseinheit dokumentiert werden.

Die N-Düngebedarfsermittlung und der Nährstoffvergleich¹

Die Düngeverordnung enthält einheitliche, verbindliche N-Bedarfswerte für Acker, Grünland und Gemüsebau mit standortspezifischen Obergrenzen und dazu gehörend ein verbindliches Zu- und Abschlagssystem bei Stickstoff mit Mindest- und Maximalwerten.

Für den Ackerbau gilt folgendes Berechnungsschema:

- fruchtartenspezifischer N-Bedarfswert

abzüglich

- N_{\min} -Vorrat (0 – 90 cm) im Frühjahr

und Korrekturen in Abhängigkeit von

- Ertrag
- Humusgehalt
- Vorfrucht und eventuell Gründüngung
- Nachlieferung durch langjährige organische Düngung

= N-Düngebedarf bzw. notwendige N-Düngung

Der einmal ermittelte Düngebedarf darf nur in begründeten Ausnahmefällen überschritten werden (§ 3 Absatz 3 Satz 3 und 4).

Die Ist-Düngung mit Stickstoff und Phosphor im Betrieb wird mit dem Nährstoffvergleich dokumentiert.

Die sogenannten Kontrollwerte betragen ab 1.1.2018 50 kg N/ha und Jahr (Ø 3 Jahre) und 10 kg P_2O_5 /ha und Jahr (Ø 6 Jahre).

Da der Nährstoffvergleich nach Düngeverordnung im Mehrjahresdurchschnitt rückwirkend errechnet wird, wird von den Bundesländern nun noch klargestellt, ob sich im Übergangszeitraum die jeweils anzuwendenden Kontrollwerte aus dem Durchschnitt der heranzuziehenden Bilanzjahre errechnen. Es wird deshalb empfohlen, die später auf Landesebene geltenden Regelungen bei den zuständigen Behörden zu erfragen.²

Die Betriebsbeispiele in Kapitel 5 verdeutlichen allerdings, dass mit den Kalkulationsvorschriften und -werten der Düngeverordnung innerhalb dieses Rahmens Handlungsspielraum gegeben ist: Bei einigen der Kalkulationsdaten der Düngeverordnung handelt es sich um Mindestwerte, die standortabhängig auch höher ausfallen können. Wird z. B. nur eine geringe N-Nachlieferung aus den verschiedenen Quellen berücksichtigt, errechnet sich ein entsprechend höherer Düngebedarf. Können keine damit korrespondierenden Erträge erzielt werden, sind hohe N-Salden, die die Kontrollwerte überschreiten können, die Folge.

In Tabelle 3.1 sind Faktoren aufgeführt, die einen Einfluss auf die Höhe des N-Saldos haben. Ausgehend von der zwingend vorgeschriebenen Ermittlung des betriebsindividuellen Ertragsniveaus (1. und 1a.) werden sowohl Minderungspotenziale im Rahmen der Düngebedarfsermittlung der Düngeverordnung aufgeführt (2. bis 5.), als auch Minderungspotenziale weiterer, über die Vorgaben der Düngeverordnung hinausgehender Maßnahmen (6. bis 16.). Die in der Tabelle aufgeführten Faktoren werden in den Kapiteln 3.1 bis 3.16 näher beschrieben.

Was passiert, wenn der Kontrollwert überschritten wird?

Bei erstmaliger Kontrollwertüberschreitung muss nachweislich eine anerkannte Düngeberatung in Anspruch genommen werden. Eine wiederholt auftretende Überschreitung des Kontrollwerts kann mit einem Bußgeld in Höhe von bis zu 50.000 Euro geahndet werden. Zudem gelten Verstöße im Düngerecht, den Stickstoff betreffend, als Cross Compliance-relevantes Kriterium (Nitrat-Richtlinie als eine Grundanforderung Betrieb - GAB). Da mit der Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) seit 2015 das sogenannte „Frühwarnsystem“ eingeführt wurde, muss nun ein Landwirt nicht nur den konkret festgestellten Verstoß beheben, sondern darf auch in den folgenden drei Jahren nicht erneut gegen die gleiche Cross Compliance-Vorschrift verstoßen. Bei einem erneuten geringfügigen Verstoß wird rückwirkend eine einprozentige Sanktion verhängt und zusätzlich im Jahr der erneuten Feststellung eines Verstoßes eine dreiprozentige Sanktion (BMEL 2018). Hohe Salden in den Folgejahren merklich unter den Kontrollwert zu senken, kann auch dadurch erschwert werden, dass die betrieblichen Salden für Stickstoff (und P_2O_5) mehrjährig ermittelt werden.

¹ BZL-Heft „Die neue Düngeverordnung“ (2018), Kapitel 4 und 9

² BZL-Heft „Die neue Düngeverordnung“ (2018), S. 44 bis 49: Ansprechpersonen, Beratungseinrichtungen und Informationsangebote zur neuen Düngeverordnung in den Bundesländern. Für Stickstoff ergäbe sich in diesem Fall aus den Nährstoffvergleichen im Durchschnitt der Düngejahre 2016 bis 2018 ein Kontrollwert von maximal 56,6 kg N/ha, im Durchschnitt der Düngejahre 2017 bis 2019 von maximal 53,3 kg N/ha und im Durchschnitt der Düngejahre 2018 bis 2020 von maximal 50 kg N/ha und Jahr. Für Phosphor würde der Kontrollwert im Durchschnitt der Düngejahre 2013 bis 2018 maximal 18,3 kg P_2O_5 /ha und Jahr betragen, im Durchschnitt der Düngejahre 2014 bis 2019 maximal 16,7 kg P_2O_5 /ha und Jahr, im Durchschnitt der Düngejahre 2015 bis 2020 maximal 15,0 kg P_2O_5 /ha und Jahr im Durchschnitt der Düngejahre 2016 bis 2021 maximal 13,3 kg P_2O_5 /ha und Jahr im Durchschnitt der Düngejahre 2017 bis 2022 maximal 11,7 kg P_2O_5 /ha und Jahr im Durchschnitt der Düngejahre 2018 bis 2023 maximal 10,0 kg P_2O_5 /ha und Jahr.

Tabelle 3.1: Faktoren zur Minderung des N-Saldos bei der Düngebedarfsermittlung und im Rahmen der landwirtschaftlichen Praxis

Ausgangslage: Betriebsindividuelle N-Bedarfsermittlung	Einfluss auf Höhe des N-Saldos
1. Ableitung des betrieblichen Ertragsniveaus	hoch
1a. Grünland/Feldfutterbau: Rohproteingehaltsbestimmung	mittel
Minderungspotenziale bei der Düngebedarfsermittlung	
2. Im Boden verfügbare N-Mengen (N_{min}) realistisch bewerten	hoch
3. N-Nachlieferung aus dem Bodenvorrat zutreffend prognostizieren	hoch
4. Düngewirkung und N-Nachlieferung bei organischer Düngung angemessen anrechnen	sehr hoch
5. Vorfrucht- und Zwischenfruchtwirkung realistisch bewerten	hoch
Minderungspotenziale in der Praxis	
6. N-ineffiziente Kulturen/Sorten einsetzen	hoch/mittel
7. N-ineffiziente Fruchtfolgen gestalten	hoch
8. Düngungszeitpunkt an Entwicklung des Pflanzenbestands anpassen	mittel
9. Nährstoffgehalte organischer Dünger im eigenen Betrieb selbst präziser ermitteln	mittel
10. Wirkung unterschiedlicher mineralischer N-Düngerformen nutzen	gering
11. Gasförmige Emissionen durch neue Applikationstechniken vermindern	hoch
12. Düngerverteilung optimieren	hoch
13. Einsatz von Precision Farming zur teilflächenspezifischen Düngung	gering – sehr hoch
14. Verbesserung der Bodenstruktur	mittel
15. Nutzung der Feldeberegnung	sehr hoch
16. EDV-Programme zur Düngebedarfsermittlung und Nährstoffbilanzierung einsetzen	hoch

Zusammenfassung von Schlägen zu Bewirtschaftungseinheiten

Die Düngebedarfsermittlung kann bezogen auf den Schlag, aber auch für mehrere, zu einer Bewirtschaftungseinheit zusammengefasste Schläge, erstellt werden. Bewirtschaftungseinheiten zeichnen sich dadurch aus, dass

- sie vergleichbare Standortverhältnisse aufweisen,
- sie einheitlich bewirtschaftet werden und
- auf ihnen gleiche oder vergleichbare Pflanzenarten kultiviert werden (§ 3 DüV).

Folglich sollten nur solche Flächen zusammengefasst werden, die in Abhängigkeit von Fruchtfolge und Standort tatsächlich über dieselben aktuellen Ertragspotenziale verfügen. Eine Bewirtschaftungseinheit ist letztendlich also nur dann gegeben, wenn sich die bei der N-Bedarfsermittlung zu berücksichtigenden Faktoren (Ertrag, Vor-/Zwischenfrucht, N_{min} etc.) auf den Teilflächen nicht unterscheiden.

3.1 Ausgangslage: N-Bedarf betriebsindividuell ermitteln

Die genaue Ermittlung des N-Bedarfs ist deshalb so wichtig, weil mit zunehmendem Ertrag einer Kultur die Effizienz des eingesetzten Stickstoffs abnimmt. Abbildung 3.1 zeigt, dass überproportional hohe Düngergaben nur geringe oder ausbleibende Ertragszuwächse im oberen, meist flachen Teil der Ertragskurve zur Folge haben. Dies führt zu erhöhten ökologischen Risiken, welche bei Einsatz organischer Dünger noch zunehmen. Je weniger ertragswirksam der gedüngte Stickstoff ist, umso höher sind die im Sickerwasser gemessenen Nitratkonzentrationen.

Die N-Bedarfswerte für die wichtigsten landwirtschaftlichen Ackerfrüchte, die verschiedenen Grünlandnutzungsformen und Gemüsearten sind durch die Düngeverordnung vorgegeben. Sie beziehen sich auf ein bestimmtes Ertragsniveau. Liegen die Erträge im Betrieb höher, kann der N-Düngebedarf erhöht werden. Liegen sie niedriger, muss der Düngebedarf ebenfalls angepasst werden. Dabei gilt die Vorgabe der Düngeverordnung: Bei der Düngebedarfsermittlung sind das mittlere Ertragsniveau der letzten drei Jahre (§ 4 Absatz 1) und damit die vor Ort herrschenden Standortbedingungen zu berücksichtigen (Abbildung 5.1 und Abbildung 5.2). Möglichen Ertragsschwankungen wird dabei folgendermaßen Rechnung getragen:

„Weicht das tatsächliche Ertragsniveau in einem der letzten drei Jahre um mehr als 20 % vom Ertragsniveau des jeweils vorangegangenen Jahres ab, kann statt des tatsächlichen Ertragsniveaus, das im Jahr der Abweichung erreicht wurde, das Ertragsniveau des jeweils vorangegangenen Jahres für die Ermittlung der Ertragsdifferenz herangezogen werden“ (Anlage 4 Tabelle 3 Vorbemerkungen).

Mit dieser Regelung soll Fehleinschätzungen bei der Bemessung der Ertragsersparnis vorgebeugt werden. Dieser „Rückkopplungsmechanismus“ kommt insbesondere dann zum Tragen, wenn der Nährstoffvergleich nicht ausschließlich im drei- bzw. sechsjährigen Durchschnitt und auf der Betriebsebene bewertet wird, sondern wenn vom Landwirt oder der Landwirtin eine auf den Einzelschlag, die Bewirtschaftungseinheit oder die angebaute Kultur bezogene Betrachtung angestellt wird. Ergänzende Informationen wie z. B. die Nutzung von Ertragskarten und Daten zur Niederschlagsverteilung und der nutzbaren Feldkapazität können helfen, die Ertragsschätzung abzusichern. Im Vegetationsverlauf kann der aktuelle Versorgungszustand des Pflanzenbestands mit unterschiedlichsten Verfahren überprüft werden (Kapitel 3.8).

In Futterbaubetrieben ist als Besonderheit zu berücksichtigen, dass neben der Ertragsersparnis auch der betriebliche Rohproteingehalt des erzeugten Futters (Grünland, Ackerfutter) den Düngebedarf beeinflusst. Allerdings ist es nach der neuen Düngeverordnung zulässig, dass diese beiden Parameter für die individuelle Düngebedarfsermittlung unbe-

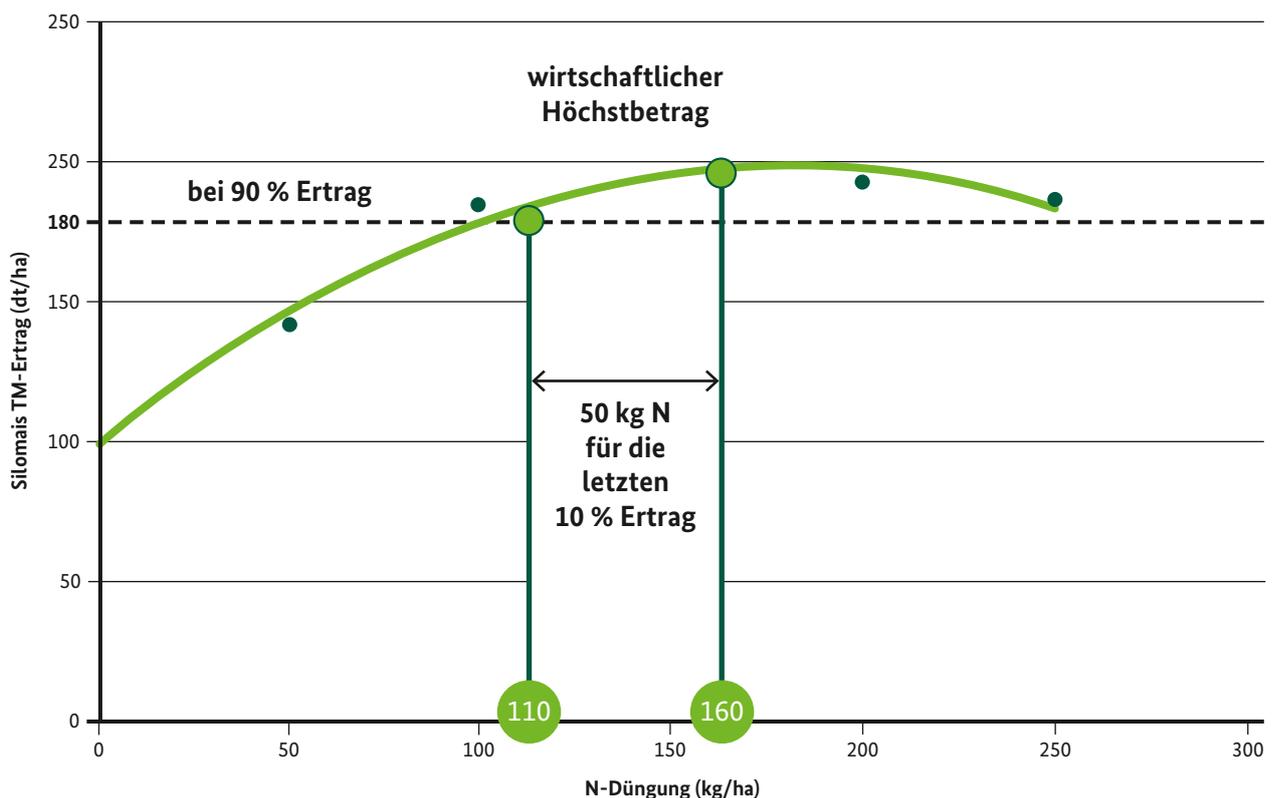
rücksichtigt bleiben, wenn sie auf dem landwirtschaftlichen Betrieb nicht regelmäßig erhoben werden (§ 4 Absatz 2 Satz 1). In diesem Fall muss die Düngehöhe jedoch am aufgeführten Standard-Ertragsniveau (Düngeverordnung, Anlage 4 Tabelle 9) bemessen werden. Deshalb ist eine Plausibilisierung der Erntemengen anhand des Tierbestands und damit der abgefahrenen Futtermenge, der Anzahl von erzeugten Heu- oder Siloballen oder dem Silovolumen und entsprechenden Analysen des erzeugten Raufutters empfehlenswert. Diese Daten können dann als Planungsgrößen für die Düngebedarfsermittlung dienen.

Im Hinblick auf praxistaugliche Schnellmethoden und der Bereitstellung von unterstützenden Informationsangeboten, z. B. der Schätzung von Erntemengen über die Fernerkundung, besteht Forschungs- und Entwicklungsbedarf.

Zusammengefasst:

Der N-Bedarf muss betriebsindividuell ermittelt werden. Er ist Grundlage für die bindende Düngebedarfsermittlung. Für Futterbaubetriebe empfiehlt es sich, dass der betriebsübliche Ertrag über die abgefahrene Futtermenge, die Anzahl von erzeugten Heu- oder Siloballen oder dem Silovolumen ermittelt und künftigen Düngebedarfsermittlungen zugrunde gelegt wird. Auch Rohproteingehalte des Futters sollten, zumindest stichprobenhaft, ermittelt werden.

Abbildung 3.1: Überproportionaler N-Düngeaufwand für die letzten 10 % Ertrag am Beispiel Silomais auf Sandboden (NLWKN 2015)



N-Bedarfsermittlung und Klimawandel

Der Klimawandel äußert sich in einer Häufung extremer Wettersituationen, in einer Verlängerung der Vegetationsperiode, in einer Erhöhung der Durchschnittstemperatur und einer Zunahme der (Vor-)Sommertrockenheit.

Extremwettersituationen, die nicht regelmäßig am selben Standort auftreten, können bei der Ermittlung des betrieblichen Ertragsniveaus unberücksichtigt bleiben. In diesen Fällen ist es nach Düngeverordnung zulässig, Mindererträge eines Jahres für die Bemessung der betrieblichen Düngebedarfsermittlung der Folgejahre zu überspringen (Anlage 4 Tabellen 3 und 10, Vorbemerkungen).

Generell auftretende Auswirkungen des Klimawandels, wie z. B. die Verlängerung der Vegetationsperiode, werden bei der betriebsindividuellen, standortbezogenen Düngebedarfsermittlung über das betriebliche Ertragsniveau zwangsläufig erfasst.

3.2 Im Boden verfügbare N-Mengen (N_{\min}) realistisch bewerten

Der Frühjahrs- N_{\min} -Wert beschreibt den zu dieser Jahreszeit im Boden vorhandenen pflanzenverfügbaren Stickstoff (mineralischer Stickstoff als Summe aus Nitrat- und Ammonium-N) und muss nach der Düngeverordnung für die Düngebedarfsermittlung berücksichtigt werden (§ 4 Abs. 1 Num-



N_{\min} -Bodenprobenahme

mer 3). Dabei sind jedoch keine eigenen schlagspezifischen Bodenproben zur Bestimmung der N_{\min} -Werte vorgeschrieben. Stattdessen können die von den Landesbehörden ermittelten und veröffentlichten Vergleichswerte herangezogen werden. Betriebsindividuelle Abweichungen davon ergeben sich allerdings aufgrund von betrieblichen (z. B. Fruchtfolge, Düngung) oder standörtlichen Besonderheiten (z. B. Bodenart). Für eine standortangepasste N-Düngung gilt deshalb die dringende Empfehlung, den N_{\min} -Wert im Frühjahr selber für die eigenen Flächen zu ermitteln.

Nach Düngeverordnung sind keine Verfahren zur N_{\min} -Probenahme und -Analyse vorgeschrieben. Adressen von Dienstleistern, die Bodenprobenahmen durchführen, sowie von Laboren, die die Analytik übernehmen, können bei der zuständigen landwirtschaftlichen Fachberatung erfragt werden. Werden die Bodenproben selbst gezogen, sind die Hinweise der Beratungseinrichtungen für eine repräsentative Probenahme unbedingt zu beachten.

3.3 N-Nachlieferung aus dem Bodenvorrat prognostizieren

Neben dem N_{\min} -Wert muss bei der Düngebedarfsermittlung die N-Nachlieferung berücksichtigt werden (Düngeverordnung, § 4 Abs. 1 Nummer 4). Dabei handelt es sich um die N-Menge, die während des Wachstums des Pflanzenbestandes zusätzlich aus dem Bodenvorrat verfügbar wird. Standortbedingungen wie das Klima, die Bodenart und der Bodentyp beeinflussen die Nachlieferung von Stickstoff aus dem Bodenvorrat.

Wie bereits in Kapitel 2.1 erwähnt, enthalten die Bedarfswerte eine der mittleren N-Nachlieferung entsprechende Menge an Stickstoff. In Abhängigkeit vom Humusgehalt am jeweiligen Standort müssen zusätzlich die in Tabelle 3.2 enthaltenen Abzüge vorgenommen werden.

Bei den standardmäßig von Laboren angebotenen Humusgehaltsbestimmungen wird der Kohlenstoffgehalt des Bodens analysiert. Dieser Wert wird im Anschluss über einen Faktor in eine Angabe zum Bodenhumusgehalt umgerechnet.

Auf den landwirtschaftlichen Betrieben kann zur Einschätzung des Humusgehalts die Bodenfarbe des feuchten und trockenen Bodens mit Farbtafeln abgeglichen und das Ergebnis einem Humusgehalt zugeordnet werden (Ad-hoc-AG Boden, 2005).

Die N-Nachlieferung eines Bodens hängt nicht nur vom absoluten Humusgehalt ab, sondern auch von der Mineralisierbarkeit des Humus. Sie ist umso höher, je enger das C/N-Verhältnis ist. Als typisch für ackerbauliche Standorte wird ein $C_{\text{org}}/N_{\text{ges}}$ -Verhältnis von 8 bis 10:1 angesehen. Standorte, in denen der Bodenhumus ein engeres $C_{\text{org}}/N_{\text{ges}}$ -Verhältnis aufweist, besitzen ein höheres N-Mineralisierungspotenzial. Einfluss darauf hat insbesondere die Düngepraxis vergangener

Tabelle 3.2: Nach Düngeverordnung vorgeschriebene Abschläge vom Düngebedarf in Abhängigkeit von der Flächennutzung und vom Humusgehalt (Düngeverordnung, Anlage 4 Tabelle 6 und 11)

Humusgehalt in %	Mindestabschlag in kg N/ha und Jahr
Ackerland	
bis 4	0
größer 4 (humos)	20
Grünland und Dauergrünland	
weniger als 8 % Humus (sehr schwach bis stark humos)	10
8 % bis weniger als 15 % (stark bis sehr stark humos)	30
15 % bis weniger als 30 % (anmoorig)	50
über 30 % Humus – Hochmoor	50
über 30 % Humus – Niedermoor	80

ner Jahre (Kapitel 3.4). Stickstoff wird auch dann stärker mobilisiert, wenn der Boden sich längere Zeit erwärmen konnte (z. B. aufgrund der geographischen Lage und der Südausrichtung von Schlägen sowie aufgrund des Klimawandels) und intensiver bearbeitet wurde (Gebauer und Schaaf, 2017). Eine Anpassung des Mindestabschlages nach Düngeverordnung aufgrund der N-Nachlieferung aus dem Boden ist demnach insbesondere bei engem C_{org}/N_{ges} -Verhältnis zu prüfen. Hierzu können verschiedene kulturbegleitende Methoden zur Ermittlung des aktuellen N-Versorgungszustands des Pflanzenbestands eingesetzt werden (siehe hierzu Kapitel 3.5 und 3.8).

Zusammengefasst:

Für Böden mit einem engen C_{org}/N_{ges} -Verhältnis sollte eine höhere N-Nachlieferung aus dem Bodenvorrat geprüft werden, als dies nach Düngeverordnung als Mindestabschlag vom Düngebedarf vorgesehen ist. Dies gilt auch bei intensiver Bodenbearbeitung und in klimatisch begünstigten Lagen.

3.4 Düngewirkung und N-Nachlieferung bei organischer Düngung angemessen anrechnen

Für Mineraldünger und verschiedene organische Dünger wird in Abbildung 3.2 verdeutlicht, welcher Prozentanteil des aufgebrauchten Stickstoffs nach der neuen Düngeverordnung im Jahr der Aufbringung bzw. in den Folgejahren mindestens als pflanzenverfügbar berücksichtigt werden muss (grüne Säulen). Die mindestens anzurechnende N-Wirksamkeit beträgt, je nach eingesetztem Düngemittel, zwischen 3 und 90 % der aufgebrauchten Menge (Düngeverordnung, Anlage 3). Außerdem muss der N-Düngebedarf im Folgejahr um mindestens 10 % der im jeweiligen Vorjahr mit organischen oder organisch-mineralischen Düngemitteln ausgebrachten Menge an Gesamt-N reduziert werden. Bei Kompost kann die An-

rechnung auf drei Jahre verteilt werden: im ersten Folgejahr der Kompostausbringung sind mindestens 4 % und danach in den beiden nächsten Jahren jeweils mindestens 3 % der mit dem Kompost aufgebrauchten Menge an Gesamt-N auf den Düngebedarf anzurechnen (Düngeverordnung, § 4 Absatz 1 Nummer 5).

Je weiter das C/N-Verhältnis des jeweiligen organischen Düngers ist, umso geringer fällt der Anteil des unmittelbar pflanzenverfügbaren Stickstoffs am insgesamt aufgebrauchten Stickstoff aus. In der Abbildung 3.2 nimmt also die direkte Düngewirkung des applizierten Stickstoffs von links nach rechts ab und ist am geringsten bei den Grünschnittkomposten. Gleichzeitig steigen der Anteil des dem Boden zugeführten organisch gebundenen Stickstoffs und die Anteile davon, die durch Emissionen und Nitratauswaschung im Jahresverlauf verloren gehen (orange Säulen). Je höher diese N-Verluste sind, umso geringer ist die N-Effizienz der betreffenden Düngungsmaßnahme zu bewerten. Das heißt aber gleichzeitig, dass diese N-Mengen noch für die Pflanzen verfügbar gemacht werden können. Die N-Ausnutzung organischer Dünger wird so über die Mindestanrechnung hinaus erhöht, Mineraldünger kann eingespart und N-Salden entlastet werden. Mithilfe vegetationsbegleitender Methoden zur Ermittlung des N-Versorgungszustands des Kulturpflanzenbestands kann auch in diesem Fall der N-Düngebedarf präzisiert werden.

Einsatz betriebsfremder organischer Düngemittel: Kennzeichnung beachten!

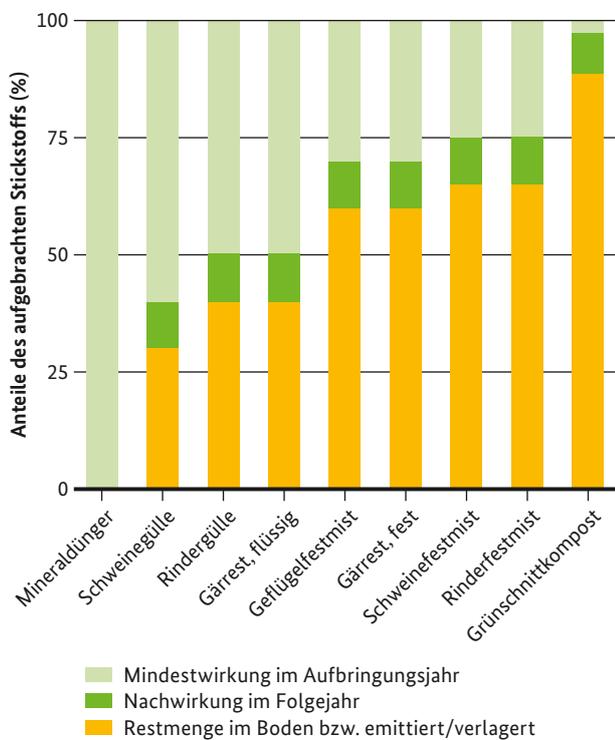
Beim Einsatz betriebsfremder organischer Dünger müssen die Nährstoffgehalte nach den Vorschriften der Düngemittelverordnung (2012, zuletzt geändert 2017) gekennzeichnet sein. Die gekennzeichneten Nährstoffgehalte dürfen innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereiches von den tatsächlichen Gehalten abweichen. Für organische Dünger wie Gülle, Gärreste, Festmist, Kompost und Klärschlamm sowie für Bodenhilfsstoffe sind nach Düngemittelverordnung jedoch relativ hohe Toleranzen zulässig³, sodass auch bei einer Kennzeichnung der Nährstoffgehalte von stärkeren Abweichungen zu den tatsächlichen Gehalten ausgegangen werden muss.

Zusammengefasst:

Bei regelmäßigem Einsatz organischer Düngemittel kommt es – insbesondere bei engem C_{org}/N_{ges} -Verhältnis dieser Dünger – zu einer stärkeren Remobilisierung des Humus-N. Dies muss als erhöhte N-Nachlieferung aus der organischen Düngung bei der Düngebedarfsermittlung berücksichtigt werden.

³ Für die Nährstoffe Stickstoff, Phosphat und Kaliumoxid in Wirtschaftsdüngern betragen die Toleranzen 50 vom Hundert der gekennzeichneten Gehalte, jeweils jedoch höchstens ein Prozentpunkt (Düngemittelverordnung, 2017)

Abbildung 3.2: Nach neuer Düngeverordnung mindestens anrechenbare N-Wirkung verschiedener Düngemittel und Bodenhilfsstoffe im Jahr der Aufbringung und im Folgejahr und daraus ableitbare Restmengen an Stickstoff, die im Boden akkumuliert, emittiert oder verlagert werden können



3.5 Vorfrucht- und Zwischenfruchtwirkung realistisch bewerten

Für die Düngebedarfsermittlung muss bei Acker- und Gemüsekulturen während des Pflanzenwachstums die Nachlieferung von Stickstoff aus Vor- und Zwischenfrüchten berücksichtigt werden (Düngeverordnung, § 4 Absatz 1 Nummer 5). Tabelle 3.3 listet hierzu die Werte auf, die für die Düngebedarfsermittlung mindestens als Abschlag angesetzt werden müssen. Auch hierzu können verschiedene kulturbegleitende Methoden zur Ermittlung des aktuellen N-Versorgungszustand des Pflanzenbestands eingesetzt werden (siehe hierzu Kapitel 3.5 und 3.8).

Beispiel Winterrraps: Durch Berücksichtigung der N-Aufnahme im Herbst N-Düngungshöhe reduzieren

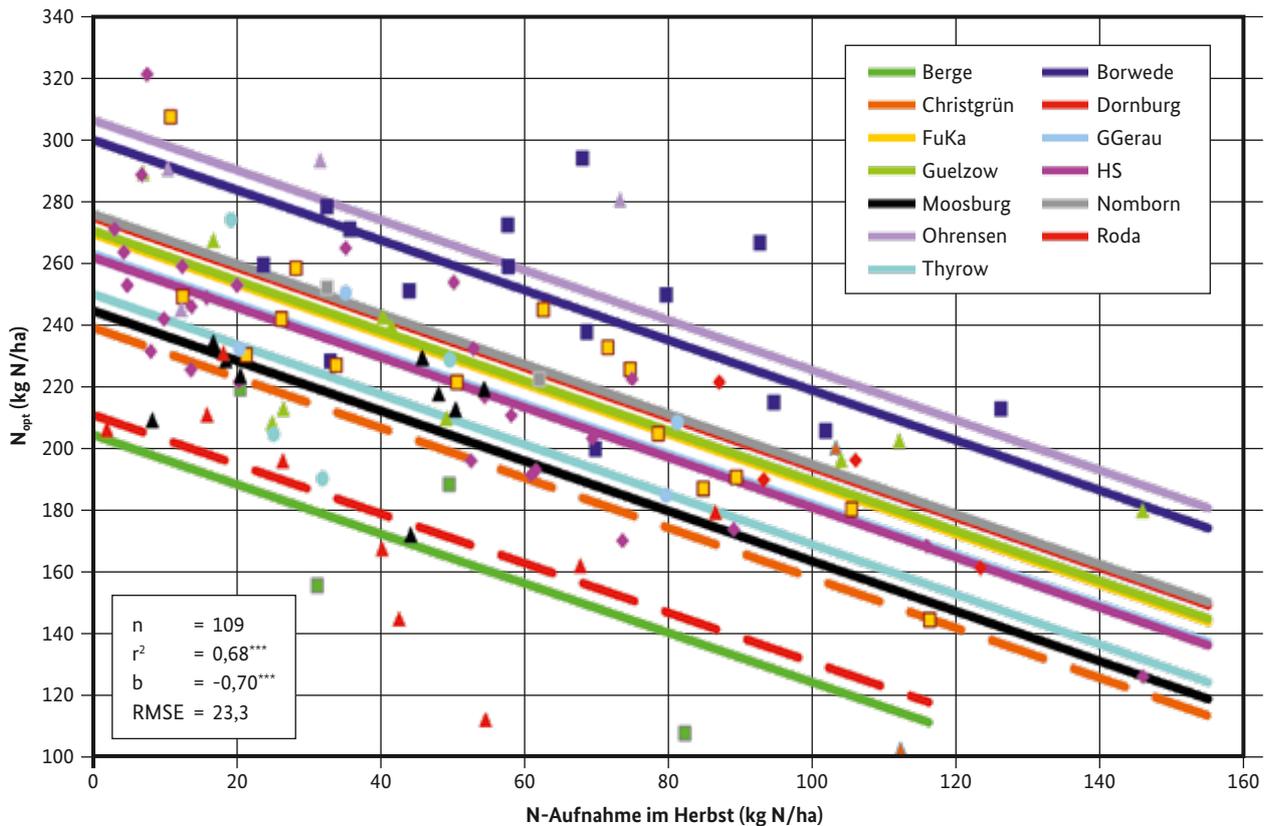
Eine Methode, mit der sich gegebenenfalls ein niedrigerer N-Düngebedarfswert als nach Düngeverordnung errechnen lässt und damit die N-Bilanz entlastet, ist die aus Frankreich stammende und an der Universität Kiel weiterentwickelte „Frischmasse-Methode“ beim Raps. Sie basiert auf dem in Abbildung 3.3 dargestellten Zusammenhang zwischen der N-Aufnahme von Winterrraps im Herbst bis zum Vegetationsende und dem N-Düngebedarf im Frühjahr in der Hauptvegetation. Je mehr Stickstoff ein Winterrrapsbestand im Herbst aufgenommen hat, umso mehr kann die N-Düngung im nächsten Frühjahr reduziert werden.

Tabelle 3.3: Mindestens für die Düngebedarfsermittlung zu berücksichtigende N-Nachlieferung aufgrund der Vorfrucht- und Zwischenfruchtwirkung sowie der symbiontischen N-Bindung durch Leguminosen nach Düngeverordnung*

	Ursache der Wirkung	Kultur/Pflanzenbestand	Mindestabschlag in kg N/ha und Jahr	Angaben nach Düngeverordnung
Ackerland	Vorfrucht Leguminosen	• Luzerne • Klee • Klee gras • Rotationsbrache mit Leguminosen	20	Anlage 4 Tabelle 7
		• Körnerleguminosen	10	
	Vorfrucht Nichtleguminosen	• Rotationsbrache ohne Leguminosen • Zuckerrüben ohne Blattbergung • Raps • Kohlgemüse • Feldgras	10	Anlage 4 Tabelle 7
		Zwischenfrucht Leguminosen	• Leguminosen nicht abgefroren, im Frühjahr eingearbeitet	
	• Leguminosen abgefroren • Futterleguminosen mit Nutzung • Leguminosen nicht abgefroren, im Herbst eingearbeitet		10	
	Zwischenfrucht Nichtleguminosen	• Nichtleguminosen nicht abgefroren, im Frühjahr eingearbeitet	20	Anlage 4 Tabelle 7
Grünland mit Leguminosen		• Ertragsanteil von Leguminosen 5 bis 10 %	20	Anlage 4 Tabelle 12
		• Ertragsanteil von Leguminosen größer 10 bis 20 %	40	
		• Ertragsanteil von Leguminosen größer 20 %	60	
mehrschnittiger Feldfutterbau mit Leguminosen		• Klee-/Luzernegras je 10 % Ertragsanteil Leguminosen	30	Anlage 4 Tabelle 12
		• Rotklee/Luzerne in Reinkultur	360	

* Für nicht aufgeführte Kulturen/Zwischenfrüchte ist kein Mindestabschlag vorgesehen.

Abbildung 3.3: Beziehung zwischen optimaler N-Düngung und N-Mengen im Rapsbestand, Ernte 2006 bis 2008 (Sieling et al., 2009)

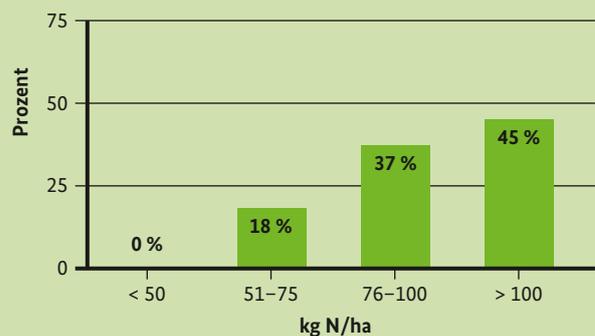


N-Düngung von Raps entsprechend der N-Aufnahme im Herbst

Die unter Praxisbedingungen gefundene N-Menge im Aufwuchs von Winterraps zu Vegetationsende zeigt die Abbildung 3.4. Anstatt die N-Gehalte über die Frischmasse-Einwaage zu bestimmen, wird bei der Arbeitsgemeinschaft Gewässerschutz und Landwirtschaft, Region Starkenburg (AGGL), ein mobiler N-Sensor genutzt, da im Herbst bei Rapsbeständen eine sehr gute Korrelation zwischen Frischertrag und Lichtreflexion vorhanden ist. In den vergangenen Jahren wurden bei vergleichenden Messungen zwischen Frischsubstanzschnitten und Sensormessungen Abweichungen von höchstens 10 kg N/ha ermittelt. Der N-Sensor misst und analysiert das vom Pflanzenbestand reflektierte Sonnenlicht, welches von Chlorophyllgehalt und Biomasse beeinflusst wird. Die Messungen spiegeln gut den N-Versorgungszustand der Pflanzen wider. Im Spätherbst 2017 wurden 38 Schläge gescannt. Keiner der Bestände hatte weniger als 50 kg N/ha im Herbst aufgenommen. Im Mittel betrug die Aufnahme 93 kg N/ha (AGGL, 2018). Anhand der gescannten Schläge konnten zudem später Streukarten für eine teilflächenspezifische Düngung erstellt werden.

Die Empfehlung, die Differenz zwischen der N-Aufnahme und dem Basiswert von 50 kg N/ha zu 70 % anzurechnen und von der ersten N-Gabe im Frühjahr abzuziehen, führt

Abbildung 3.4: Gescannte Rapsbestände im Herbst 2017: Klassierung entsprechend der N-Aufnahme (AGGL Otzberg, 2018)



in diesem Beispiel im Mittel zu einer Anrechnung von 30 kg Stickstoff auf den N-Düngebedarf im Folgejahr und entlastet so den für Raps erhöhten N-Bilanzüberschuss.

Rechenbeispiele		
N-Aufnahme (kg N/ha)	Differenz zu Basiswert (kg N/ha)	70 % Anrechnung (kg N/ha)
70	20	14
93	43	30
100	50	35

Visuelle Abschätzung der N-Aufnahme der Zwischenfrüchte anhand der Bestandsentwicklung Mitte/Ende Oktober



Für die Umsetzung in der Praxis wird davon ausgegangen, dass ein Bestand, der zu Vegetationsende 50 kg N/ha aufgenommen hat, im folgenden Frühjahr ortsüblich gedüngt wird. Hat ein Rapsbestand im Herbst eine davon abweichende N-Menge aufgenommen, wird die Differenz zu 50 kg N/ha zu zwei Dritteln (d. h. 67 Prozent, da in Abbildung 3.3 die Steigung der Geraden $0,67$ beträgt) bei der Bemessung der Frühjahrs-N Düngung im Frühjahr angerechnet (Sieling et al., 2009, 2010).

Für die Ermittlung der im Aussaatjahr vom Bestand gebundenen N-Menge wird empfohlen, anhand der Frischmassebestimmung im späten Herbst den N-Gehalt des Bestandes hochzurechnen. Alternativ zum Einsatz eines Sensors kann folgendermaßen vorgegangen werden: Es werden mehrere 1 m² große Flächen eines Schlags komplett abgeerntet, von den Wurzeln befreit und gewogen. Das Frischgewicht in Kilogramm wird durch die Anzahl der 1 m²-Probenahmeplatten geteilt und dieser Mittelwert mit dem Faktor 45 multipliziert (das entspricht einer N-Konzentration von $4,5$ % bei einer Trockenmasse von 10 %). Das Rechenergebnis gibt die im Aufwuchs aufgenommene N-Menge je Hektar wieder (Sieling et al. 2010, Saueremann, 2015).

Beispiel Zwischenfrucht: Durch Berücksichtigung der N-Aufnahme durch die Zwischenfrucht die N-Düngung im Folgejahr mindern

Der Anbau von Zwischenfrüchten wird häufig mit dem Ziel durchgeführt, das Bodenleben zu fördern und die Grund- und Oberflächengewässer vor Nährstoffeinträgen zu schützen. Der Zwischenfruchtanbau trägt jedoch auch zur Reduzierung des N-Saldos bei. Hierzu muss der in der Biomasse der Zwischenfrucht gebundene Stickstoff quantifiziert und bei der Bemessung der Düngung der Folgefrucht berücksichtigt werden. Abbildung 3.5 (Seite 17) zeigt Praxisdaten mit Frischmasseerträgen und N-Entzügen verschiedener Zwischenfrüchte. Abbildung 3.6 (Seite 17) zeigt ein Schema zur Schätzung der N-Aufnahme von Zwischenfrüchten anhand standörtlicher Gegebenheiten. Das Schema zeigt, dass Zwischenfrüchte recht viel Biomasse mit hohen N-Gehalten bilden können.

So schätzt man die N-Aufnahme der Zwischenfrucht im Spätherbst je nach Bestandesentwicklung (Tendler und Beisecker, 2015)

Bereits anhand der Bestandsentwicklung im Herbst lässt sich abschätzen, wie viel Stickstoff die Zwischenfrucht oberirdisch gebunden hat. Die Spanne reicht von knapp 30 bis über 200 kg N/ha (siehe Fotos links). Davon können erfahrungsgemäß ca. 50 % (Zwischenfrucht ohne Leguminosen) bis 70 % (Zwischenfrüchte mit höherem Leguminosenanteil) auf den N-Bedarf der Folgekulturen angerechnet werden.

Der über den Winter gebundene Stickstoff wird im Verlauf der Wachstumsperiode mineralisiert und steht dann der folgenden Sommerung zwar nicht vollständig, doch zum größten Teil zur Verfügung. Die überwiegende Umsetzung erfolgt allerdings größtenteils erst bei höheren Temperaturen, sodass der mineralisierte Stickstoff zur Nachfrucht Silomais vollständig berücksichtigt werden kann (Gebauer und Schaaf 2017). Bei anderen Kulturen mit kürzerer Wachstumsdauer wird ein Teil des Zwischenfrucht-N erst im Sommer/Herbst nach deren Ernte verfügbar. Dies ist dann bei der N-Düngung der Folgekulturen im Herbst zu bedenken. Grundsätzlich ist die N- Herbstdüngung nur zu Zwischenfrüchten, Winterraps, Wintergerste nach Getreidevorfrucht und mehrjährigem Feldfutter zulässig, und zwar nur dann, wenn tatsächlich ein N-Bedarf besteht.

Durch ein Monitoring der N-Versorgung der Kultur mittels Pflanzenanalysen oder N-spezifischer Sensoren im Verlauf der Vegetationsperiode (Kapitel 3.7), kann die gestaffelte N-Düngung an den jeweiligen Versorgungszustand angepasst werden (Tendler und Beisecker, 2015).

Abbildung 3.5: Frischmasseertrag und N-Aufnahme verschiedener Zwischenfrüchte im langjährigen Mittel (AGGL, 2017)

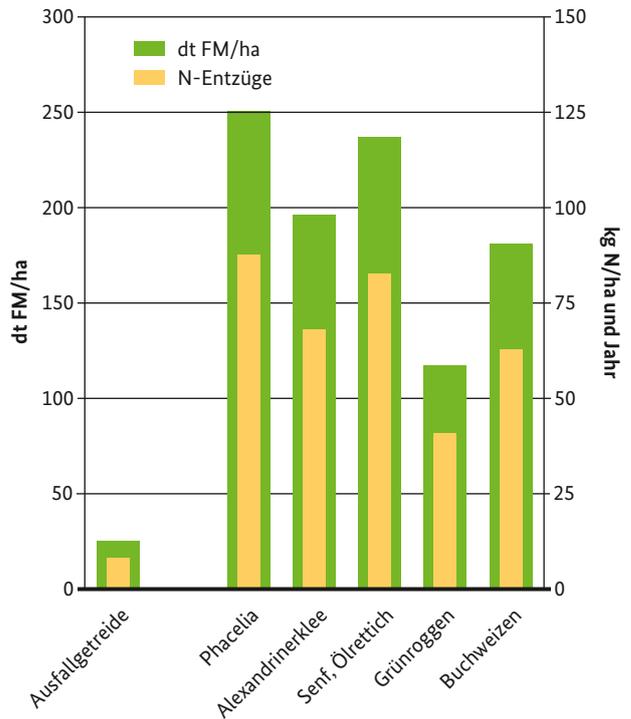
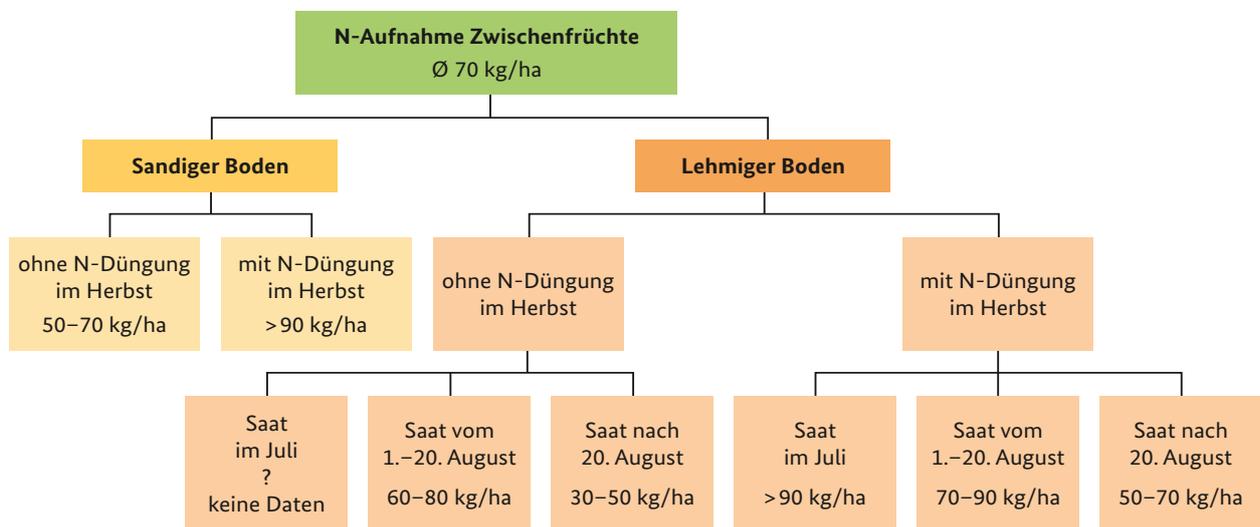


Abbildung 3.6: Schätzung der N-Aufnahme der Zwischenfrucht anhand von Bodenart, N-Düngung und Saattermin (Tendler und Beisecker, 2015)



Zusammengefasst:

Die N-Aufnahme im Herbst kann über das Massenwachstum der Kultur ermittelt werden. Für Raps wird empfohlen, bei hohen N-Aufnahmen im Herbst die Frühjahrsdüngung entsprechend zu reduzieren. Durch den Anbau von Zwischenfrüchten wird der überschüssige Rest-N aus dem Anbau der Vorfrucht über die Wintermonate für die folgende Anbauperiode konserviert.

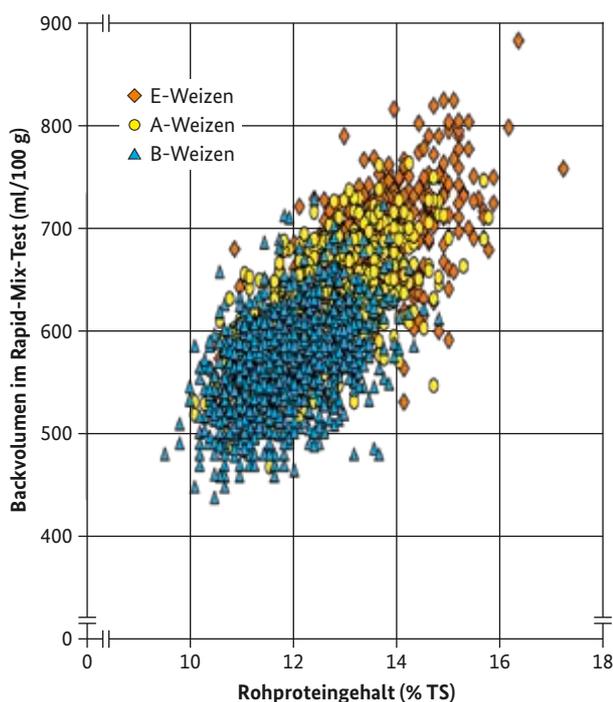
Der Stickstoff wird durch Mineralisation der Zwischenfrucht-Biomasse weitgehend in der ersten Jahreshälfte des Folgejahres pflanzenverfügbar. Bei gestaffelter N-Düngung und Monitoring der N-Versorgung der dann angebaute Hauptfrucht kann die Düngungshöhe auf den jeweils vorhandenen Versorgungszustand des Pflanzenbestands abgestimmt werden.

3.6 N-effiziente Kulturen und Sorten einsetzen

Bei Brotweizen verlangen die Bäckereien eine große Volumenausbeute. Diese wird üblicherweise vom Rohproteingehalt abgeleitet und dient als Grundlage für die Bezahlung. Die Proteineinlagerung ins Korn erfolgt zu einem späten Wachstumsstadium (Kornfüllungsphase) und wird durch die N-Spätdüngung gefördert. Je nach Reifebedingungen kann der Weizenbestand diese N-Gabe jedoch unterschiedlich gut aufnehmen und in Protein umwandeln. Nicht aufgenommener Stickstoff verbleibt nach der Ernte im Boden und ist auswaschungsgefährdet. Mittlerweile sind auch Weizensorten auf dem Markt, die eine gute Backqualität liefern und gleichzeitig moderate Rohproteinkonzentrationen aufweisen. Abbildung 3.7 zeigt anhand der Auswertung eines Sortenversuches, dass auch mit Sorten mit niedrigen bis mittleren Proteingehalten mittlere bis hohe Backvolumina erzeugt werden können. Diese proteinärmeren Qualitätsweizensorten bedürfen einer weit geringeren oder keiner N-Spätdüngung und führen daher in der Regel zu niedrigeren Rest-N-Gehalten im Boden. Leider ist es von Seiten der Mühlen bislang unüblich, die Weizenqualität anhand der jeweiligen Backqualität und nicht anhand des Rohproteingehaltes zu bewerten.

Einen Schritt weiter gehen Initiativen, die den Anbau alternativer Getreidesorten mit geringerem N-Düngebedarf fördern. Ein Beispiel ist die AGGL (Arbeitsgemeinschaft Gewässerschutz und Landwirtschaft, Region Starkenburg), die den extensiven Anbau von Urgetreide im Odenwald seit 2015 betreibt.

Abbildung 3.7: Backvolumen des Rapid-Mix-Tests in Abhängigkeit vom Rohproteingehalt – Ergebnisse der Wertprüfung von 140 Winterweizensorten (A-, B-, und E-Qualität; Beschreibende Sortenliste, Bundessortenamt 2016)



„Nibelungenkorn“

- Die „Vorfahren“ des heutigen Weizens, Emmer, Einkorn und Dinkel, sind im Laufe der Jahrhunderte weitgehend von den Äckern verschwunden. Bei den Konsumenten erfreuen sie sich heute, wegen ihres Geschmacks und der Inhaltsstoffe, aber wieder wachsender Beliebtheit.
- Für den Wasserschutz haben die Urgetreide einen Vorteil: Sie kommen mit einer weniger intensiven Wirtschaftsweise besser zurecht als Weizen und können damit vor allem auf „armen Standorten“ eine Alternative sein. Allerdings ist ihr (auch wirtschaftlich) erfolgreicher Anbau an einige Bedingungen geknüpft:
- Urgetreide sind Exoten, Anbauerfahrung ist kaum vorhanden; daher braucht man Landwirte mit Mut zu Neuem, die ihr Handwerk verstehen und nicht gleich die Flinte ins Korn werfen.
- Dinkel, Einkorn, Emmer sind Spelzgetreide; für das Entspelzen braucht man eine Mühle, die das kann, Erfahrung mit dem Vermahlen hat und auch die (für industrielle Maßstäbe) kleinen Mengen von wenigen Tonnen annimmt.
- Backwerk aus Urgetreide braucht andere Rezepturen und Verfahren als solches aus Weizen, damit Geschmack und Inhaltsstoffe richtig zur Geltung kommen; dafür braucht man innovative Bäcker, die auch mal vom gängigen Pfad abweichen.
- Und da all die Mühlen nicht zum Selbstzweck sind und angemessen honoriert sein wollen, braucht es auch die Menschen, die die leckeren, gesunden Brote, Brötchen, Flocken und Körner als „Nibelungenkorn“ kaufen und damit auch die Wertschöpfung in der Region unterstützen (AGGL 2018).

3.7 N-effiziente Fruchtfolgen gestalten

N-effiziente Fruchtfolgen sind eine Maßnahme der Gewässerschutzberatung. Sie können auch außerhalb von Gewässerschutzkooperationen, ggf. auf Teilen der Betriebsfläche, dazu beitragen, den betrieblichen N-Saldo zu senken und so den Kontrollwert der Düngeverordnung einzuhalten. Wichtige „Stellschrauben“ bei der Fruchtfolgegestaltung sind

- Austausch von Einzelelementen der Fruchtfolge
- Hoher Anteil von Zwischenfrüchten und N-extensiven Früchten
- Intensität, Zeitpunkt und Technik der Bodenbearbeitung
- Düngungshöhe, -technik und Düngerform
- Bestandesführung inklusive Sortenwahl und Saatverfahren (NLWKN 2015).

In der Praxis wird nach Körnerleguminosen, Silomais oder Raps meistens Winterweizen angebaut. Allerdings ist der Weizen kaum in der Lage, höhere Rest-N-Mengen zu verwerten. Gerade nach Körnerleguminosen bietet sich der Anbau von Raps an, da Winterraps im Herbst noch hohe N-Mengen aufnehmen und binden kann. Im süddeutschen Raum und im Rheinland kann die Zeit nach der frühen Energie-maisernte oder Früh-/Pflanzkartoffeln für Zwischenfrüchte genutzt werden. Sofern im Rahmen von Maisfruchtfolgen N-Bilanzüberschüsse erzielt werden, ist zu überprüfen, ob eine Entlastung durch Abfuhr von Zwischenfrüchten (Gräser) oder der Anbau einer Ganzpflanzensilage (z. B. Grünroggen, Triticale) vor dem Mais erfolgen kann.

Zusammengefasst:

Es können potenzielle N-Verluste minimiert werden durch die Wahl

- N-effizienter Sorten (z. B. beim Backweizen)
- N-effizienter Kulturen (z. B. Dinkel, Einkorn und Emmer) sowie
- N-effizienter Fruchtfolgen (mit N-effizienten Sorten und Kulturen, einem hohen Anteil an Sommerungen und Zwischenfruchtanbau).

3.8 Düngungszeitpunkt an Entwicklung des Pflanzenbestands anpassen

Zur Messung des aktuellen N-Bedarfs ist die Pflanzenanalyse, insbesondere bei der gestaffelten N-Düngung, wie sie vornehmlich bei Getreide angewendet wird, von Bedeutung. Der zuvor im Rahmen der Düngedarfsermittlung insgesamt für die Kultur errechnete N-Bedarf darf zwar auch in diesem Fall nicht überschritten werden, jedoch kann die Düngung auf diese Weise optimal an den Bedarf der Pflanzen im Vegetationsverlauf angepasst werden. Ist die N-Nachlieferung höher als zunächst angenommen, kann Stickstoff entsprechend eingespart werden, ebenso bei ungünstigem Witterungsverlauf. Auf den früher üblichen „Sicherheitszuschlag“ bei der N-Düngung, der gegebenenfalls den N-Saldo in die Höhe treiben würde, kann auf diese Weise verzichtet werden. Zur genauen Festlegung des Zeitpunktes und der Höhe einer Kopfdüngung können zahlreiche Hilfsmittel wie Düngefenster, Pflanzenanalysen, Schnelltests oder auch ein Prognoseprogramm herangezogen werden. Die Abbildung 3.8 zeigt am Beispiel des Winterweizens, welche Methoden zur Bestimmung des aktuellen N-Bedarfs eingesetzt werden können und wie die jeweilige Düngungsmaßnahme das Pflanzenwachstum beeinflusst (Sandrock 2012).

In Tabelle 3.4 werden die einzelnen, unabhängig einsetzbaren Untersuchungsverfahren näher erläutert.

Abbildung 3.8: Übersicht über Methoden zur Bestimmung des aktuellen N-Bedarfs eines Winterweizen-Bestandes und Auswirkung der jeweiligen Düngergabe auf das Pflanzenwachstum (nach Sandrock, 2012, verändert)

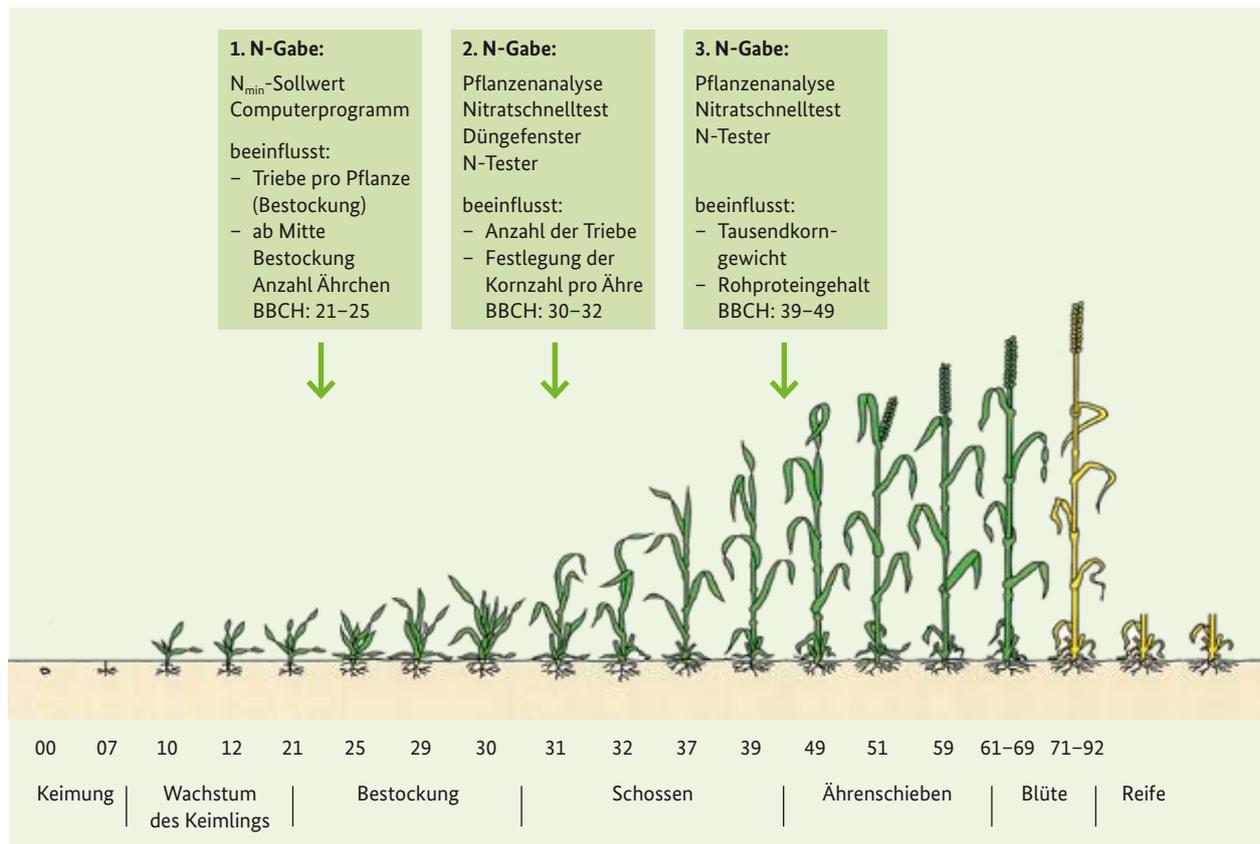


Tabelle 3.4: Verfahren zur Bestimmung der N-Versorgung von Kulturpflanzen (NLWKN 2015, ergänzt)

Untersuchungsprinzip	Beispiel	Ziel	Bemerkung
Düngefenster	-	Ermittlung des Zeitpunktes der Anschlussdüngung (keine Aussage über notwendige N-Düngermenge möglich)	Kleine Teilfläche bleibt ungedüngt/vermindert gedüngt. Aus dem Vergleich der unterversorgten mit der normal gedüngten Fläche kann auf die N-Nachlieferung des Bodens geschlossen werden
Pflanzenanalyse im Vegetationsverlauf	Laboruntersuchung	Ermittlung von Nährstoffmangel	Schnittproben werden getrocknet im Labor untersucht; da Laboruntersuchungen i.d.R. mehrere Tage benötigen, ist eine schnelle Reaktion zur Behebung von Mangelzuständen nicht oder nur eingeschränkt möglich
Nitratschnelltest: Nitratgehalt im Stängelsaft der Pflanzen	Nitrachek	Ermittlung des N-Düngebedarfs (insbes. Wintergetreide)	Messung der Nitratkonzentration im Pflanzenstängelpresssaft durch Messung des Indikatorstreifens mit einem Reflektometer; während der Hauptwachstumsphase kann die Messung wiederholt werden
	RQ easy		
Grünfärbung ²⁾ der Blätter über Reflexion	GreenSeeker Handheld N-Pilot	Messung des Ernährungszustands im Vegetationsverlauf; Ableitung von schlagspezifischen N-Düngungsempfehlungen (insbes. im Getreide zum Schossen und Ährenschieben)	Messung erfolgt über optische Verfahren; der Sensor sendet kurze Pulse von Infrarotstrahlung und/oder Rotlicht aus. Er misst dann, wie viel von beiden Strahlungsarten die Pflanzen zurück reflektieren
Grünfärbung ²⁾ der Blätter über Transmission	Yara N-Tester ¹⁾	Messung des Ernährungszustands im Vegetationsverlauf; Ableitung von Düngungsempfehlungen (für Raps und Weizen)	Messung erfolgt über optische Verfahren; das jüngste vollentwickelte Getreideblatt wird mit Licht zweier Wellenlängenbereiche durchleuchtet, die vom Chlorophyll unterschiedlich stark absorbiert werden; das Restlicht wird in einer Fotodiode aufgefangen und zu einem Messwert umgerechnet
Grünfärbung ²⁾ der Blätter und Biomassebestimmung über Fotografie	Yara-ImageIT ¹⁾	Messung des Ernährungszustands im Vegetationsverlauf; Ableitung von Düngungsempfehlungen (für Raps und Weizen)	Es werden mehrere Bilder eines Bestandes aufgenommen; aus dem Bodenbedeckungsgrad wird die Frischmasse und daraus resultierend die N-Aufnahme berechnet. Ableitung von schlagspezifischen Düngungsempfehlungen
Webbasiertes Düngemodell für Weizenanbau	ISIP	Verknüpfung von Schlag-, Management-, Klima- und Standortinformationen; Weizenpreisprognose; dynamische Simulation der Ertragsbildung des Weizens und des Wasser- und N-Haushalts des Bodens	Online-Entscheidungshilfe auf der Beratungsplattform www.isip.de ; Modell ist für Nutzer der Beratungsplattform ISIP der Länder frei geschaltet

1) Aus Testergebnis abgeleitete Düngungsempfehlungen wurden zum 1.4.2018 an die Vorgaben der neuen Düngeverordnung angepasst.

2) Diese Methoden, welche den Chlorophyllgehalt der Blätter, d.h. deren Grünfärbung über Reflexion messen, funktionieren nur dann verlässlich, wenn die Nährstoffversorgung der Pflanze ausgewogen ist (insbes. kein S- oder Mg-Mangel vorliegt) und keine Trockenheit herrscht (Yara, 2013).

Online optimieren!

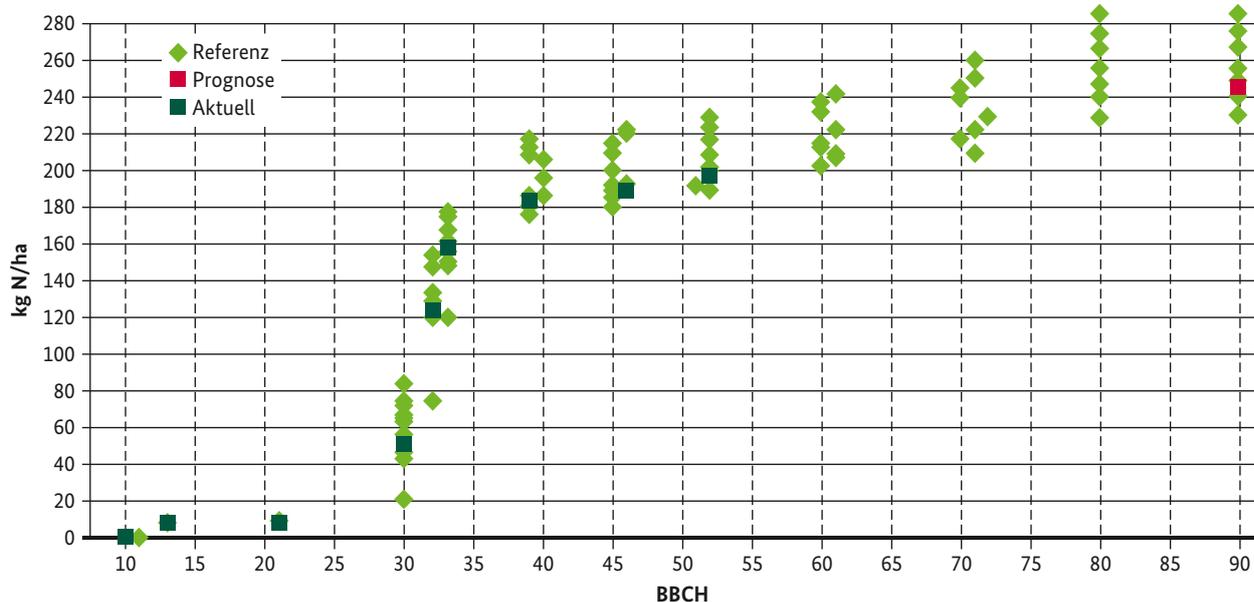
Bei dem für den Qualitätsweizenanbau an der Universität Kiel entwickelten webbasierten Prognosemodell ISIP werden, basierend auf Standortdaten und Benutzereingaben, der Entwicklungsstand des Weizens und die N-Nachlieferung miteinander verrechnet. Auf diese Weise können Zeitpunkt und Höhe der N-Qualitätsgabe nachjustiert und auch an die Jahreswitterung angepasst werden. Die Vorteile des Modells (jahresspezifische Zu- oder Abschläge) zeigen sich überwiegend in Hoch- und Niedrigertragsjahren sowie bei Betrachtung auf Einzelschlagebene (Reinsdorf et al., 2016). Abbildung 3.9 zeigt die mittels ISIP simulierte N-Aufnahme im Vegetationsverlauf im Vergleich zu den Referenzdaten für Weizen.

Zusammengefasst:

„Der Pflanze ins Maul düngen“

Dieser Grundsatz lässt sich umsetzen, indem der ermittelte Düngebedarf in Teilgaben aufgeteilt wird, flächendeckend mehrmals im Vegetationsverlauf der N-Versorgungszustand überprüft und die Höhe der gestaffelten N-Düngung entsprechend angepasst wird.

Abbildung 3.9: Aktuelles Simulationsergebnis für die N-Aufnahme eines Qualitätsweizenbestandes (dunkelgrün) im Vergleich zu zehn Referenzjahren (grün) und vom Modell prognostizierte N-Aufnahme zur Ernte (rot) (Ratjen und Kage, 2017)



3.9 Nährstoffgehalte organischer Dünger im eigenen Betrieb präziser ermitteln

Nach der Düngeverordnung ist es zwar ausreichend, die Nährstoffgehalte eingesetzter Wirtschaftsdünger nach Faustzahlen zu ermitteln, besser sind jedoch regelmäßige eigene Analysen. Eine repräsentative Probenahme der organischen Dünger bzw. der Bodenhilfsstoffe ist dabei eine besonders wichtige Voraussetzung für eine aussagekräftige Nährstoffanalyse.

Repräsentative Probenahme von organischen Düngern

Flüssige organische Dünger (Gülle, Gärreste)

In Gülle- und Gärrestlagern bilden sich in der Regel Schwimm- und Sinkschichten mit unterschiedlicher Zusammensetzung. Ziel der Probenahme ist die Gewinnung einer repräsentativen Probe. Soll der Dünger unmittelbar nach der Probenahme aus dem Lagerbehälter entnommen und aufgebracht werden, sollte gründlich homogenisiert und im Anschluss aus mindestens 10 Einzelproben eine Sammelprobe gebildet werden. Aus dieser werden zwei Parallelproben für die Analyse übernommen. Eine Probenahme kann auch während des Abpumpens aus dem Behälter in den Güllewagen durchgeführt werden. Auch in diesem Fall sollten mindestens 10 Teilproben über den gesamten Entleerungsvorgang genommen werden. Wenn die Probenahme über einen Entnahmehahn, einen Bypass oder Überlauf genommen wird, sollte das anfangs auslaufende Material verworfen werden um sicherzustellen, dass nur Material aus dem Behälterinneren beprobt wird (Henkelmann, 2017).

Erfolgt die Probenahme zeitlich vor der Düngungsmaßnahme, z. B. weil eine Laboruntersuchung beabsichtigt ist, kann es insbesondere bei unter dem Stall liegenden Güllelagern sowie bei offenen Behältern sinnvoller sein, auf eine Durchmischung zu verzichten, um so unnötige N-Emissionen zu vermeiden. Stattdessen sollte versucht werden, die unterschiedlichen Schichtungen repräsentativ zu erfassen. Hierzu stehen verschiedene Probenahmegeräte wie die Stechlanze, die Probenbox und die Probenflasche zur Verfügung. Bei Einsatz einer Probenbox oder Probenflasche ist die Probenahme an mindestens drei Stellen und in jeweils drei Probenahmetiefen (unten, Mitte, oben) durchzuführen. Auch die Entnahme mit der Stechlanze erfolgt an mindestens 10 Stellen über die gesamte Tiefe des Lagerbehälters (Bohnenkemper und Steffens, 2006; Snauwaert et al., 2017). Auch in diesem Fall werden die einzelnen Proben zu einer Sammelprobe vereint, von der dann zwei Parallelproben zur weiteren Untersuchung genommen werden.

Für die Laboruntersuchung wird i. d. R. eine ein Liter fassende Weithals-Kunststoffflasche zu drei Viertel mit einer Teilmenge der Sammelprobe befüllt. Die Probe soll bis zur Abgabe oder bis zum Versand gekühlt werden (LWK Nordrhein-Westfalen 2018).

Feste organische Dünger (Festmist, Kompost)

Die äußeren Schichten des Düngerlagers oben und an den Seiten sollten zunächst freigelegt werden. Dann können mehrere Teilproben an verschiedenen Stellen und aus unterschiedlichen Tiefen entnommen werden. Alle Teilproben sollten gut durchmischt werden, bevor eine Teilprobe gezogen und in einen dickwandigen, sauberen Kunststoffbeutel gegeben wird (LWK Nordrhein-Westfalen 2018).

Klassische Laboranalytik

Bei der klassischen Analytik werden im Anschluss an die Probenahme die (Misch-)Proben in spezialisierten Laboren untersucht. Dies nimmt eine gewisse Zeit (Probenversand, Aufbereitung und Analyse im Labor, Rückmeldung der Ergebnisse) in Anspruch, sodass die Untersuchungsergebnisse für die Umsetzung einer konkreten Düngungsmaßnahme nicht unmittelbar zur Verfügung stehen.

Schnellmethoden

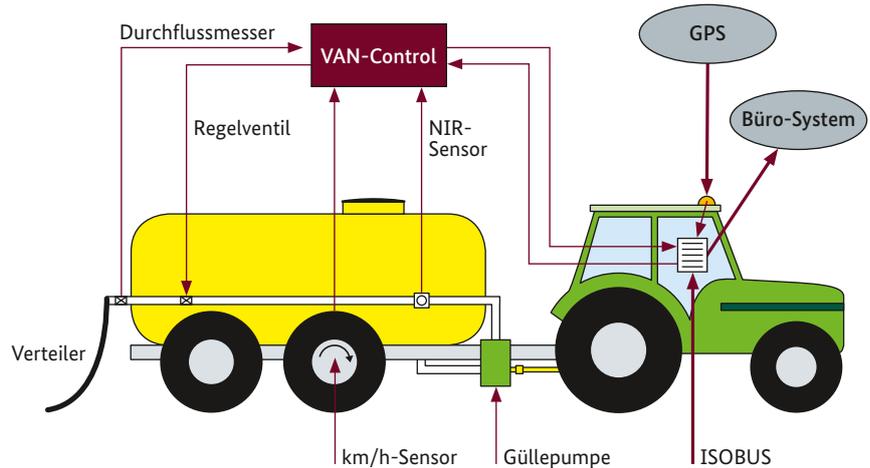
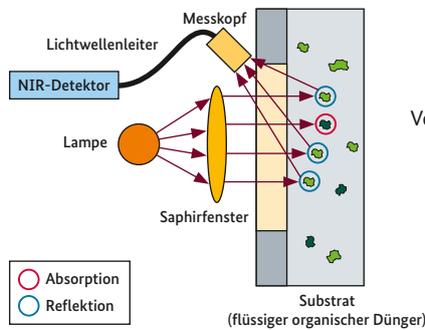
Für den reibungslosen Ablauf im landwirtschaftlichen Betrieb ist es deshalb dringend erforderlich, praxistaugliche Schnellmethoden zur Analyse der Nährstoffgehalte, insbesondere von Gülle und Gärresten, einsetzen zu können. Für Festmiste und Komposte sind keine Schnellmethoden zur Nährstoffbestimmung verfügbar.

- **Hydrometer:** Mit diesem Gerät kann der Trockenmassegehalt von flüssigen organischen Düngern ermittelt werden. Diese Information ermöglicht es, Angaben aus Nährstoffgehaltstabellen durch Umrechnung an betriebliche Trockensubstanzgehalte anzupassen (Horlacher et al., 2014, Snauwaert et al., 2017).
- **Ammonium N-Meter,** wie das Quantofix-Gerät oder das Gerät Agros Nova Mk3 (Snauwaert et al., 2017), eignen sich zur Vorortbestimmung des Ammonium-N-Gehaltes. Nach Zugabe eines Reaktionsmittels wird der in Gülle, Gärresten oder Jauche als pflanzenverfügbarer Ammonium-N vorliegende Anteil des Gesamt-N zu gasförmigem Luftstickstoff oxidiert. Während beim Agros Nova Mk3 der entstehende Druck über ein Manometer abgegeben werden kann, verdrängt beim Quantofix Gerät das entstehende Gas eine entsprechende Wassermenge aus dem Gerätesockel in einen Messzylinder. Nach Abschluss der Reaktion kann der Ammonium-N-Gehalt an der geeichten Skala des Messzylinders als „kg NH₄-N/m³“ abgelesen werden. Der so ermittelte Wert entspricht dem Ammonium-N-Gehalt in der Gülle nach einer Laboranalyse.
- **Nah-Infrarot-Spektroskopie:** Eine weitere Möglichkeit, vor Ort die Nährstoffgehalte in flüssigen organischen Düngern wie Schweine- und Rindergülle sowie Gärrückständen zu bestimmen, ist die Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIRS). Die NIR-Sensoren können an eine mobile Andockstation angebaut werden, welche dann in unterschiedlichen Betrieben und in Verbindung mit verschie-



Quantofix-Gerät im Einsatz

Abbildung 3.10: Anpassung der Verteilmenge an den N-Gehalt (VAN-Control) mittels NIR-Sensor und Precision Farming Technologie (Grafik: nach Zunhammer, www.zunhammer.de)



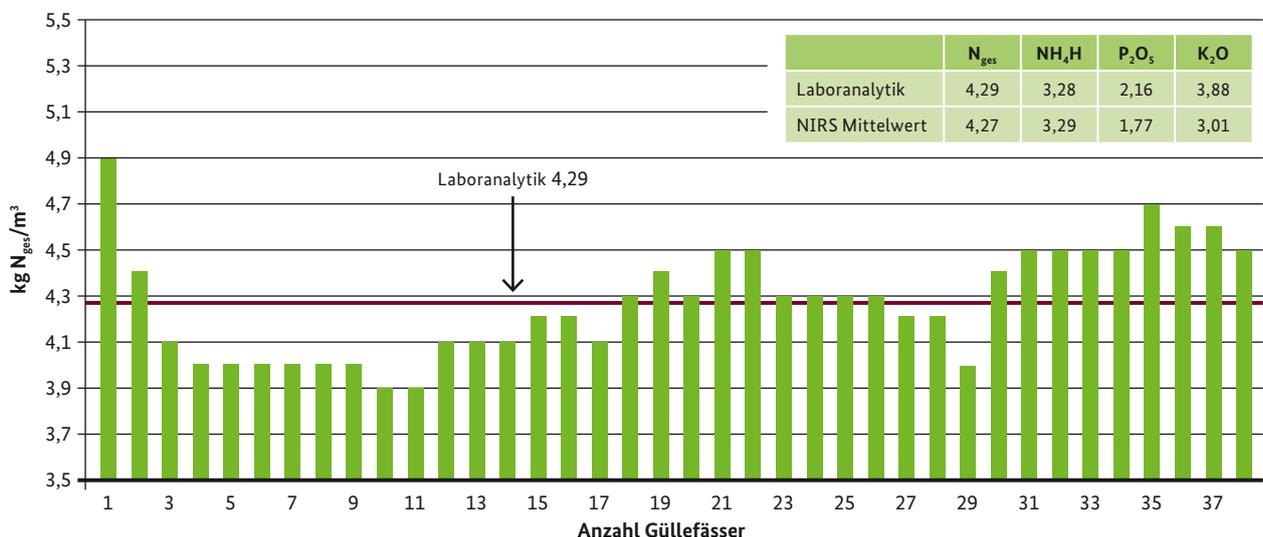
Erklärung der Abkürzung:
VAN-Control deutsch: Verteilmenge in Abhängigkeit des N-Gehalts
VAN-Control englisch: Volume Against Nitrogen concentration

denen Güllefässern eingesetzt werden können. Auf diese Weise lassen sich durchschnittliche Nährstoffgehalte je Fassfüllung analysieren. Es werden auch Güllefässer angeboten, die mit NIR-Sensoren ausgestattet sind. Mit diesen lassen sich auch Schwankungen in der Nährstoffzusammensetzung im Fass ermitteln (Abbildung 3.10). Die Aufbringmengen können dann in Abhängigkeit von der aktuellen Nährstoffkonzentration variiert werden. In beiden Fällen können die Daten mit weiteren Maßnahmen des Precision Farming verknüpft werden. Die NIRS-Technik wurde durch die Deutsche Landwirtschafts Gesellschaft (DLG) geprüft und in Teilbereichen offiziell als Methode anerkannt.

Nährstoffverteilung im Güllesilo (Janßen 2018)

Auf einem Modellbetrieb WRRL in Nordrhein-Westfalen wurde über eine NIRS-Andockstation Gülle aus einem Lagerbehälter in Güllefässer abgepumpt. Abbildung 3.11 zeigt die mittels NIRS-Technik ermittelten durchschnittlichen N_{ges} -Konzentrationen je Fass, im Vergleich zu einer im Labor untersuchten Sammelprobe. Deutlich wird, dass die Güllekonzentrationen in den abgefahrenen Fässern um etwa 1 kg/m^3 schwanken. Das Mittel aus allen NIRS-Beprobungen und die mittels klassischer Laboranalytik ermittelten Gehalte aus der Sammelprobe unterscheiden sich für Gesamt-N (N_{ges}) und Ammonium-N ($NH_4\text{-N}$) kaum voneinander. Sie weisen größere Unterschiede auf für die Nährstoffe Phosphor (als P_2O_5) und Kalium (als K_2O), was mit der Probenahme zusammenhängen kann.

Abbildung 3.11: Nährstoffverteilung im Güllesilo: Messung auf einem Modellbetrieb WRRL in Nordrhein-Westfalen (Janßen, 2018)



Zusammengefasst:

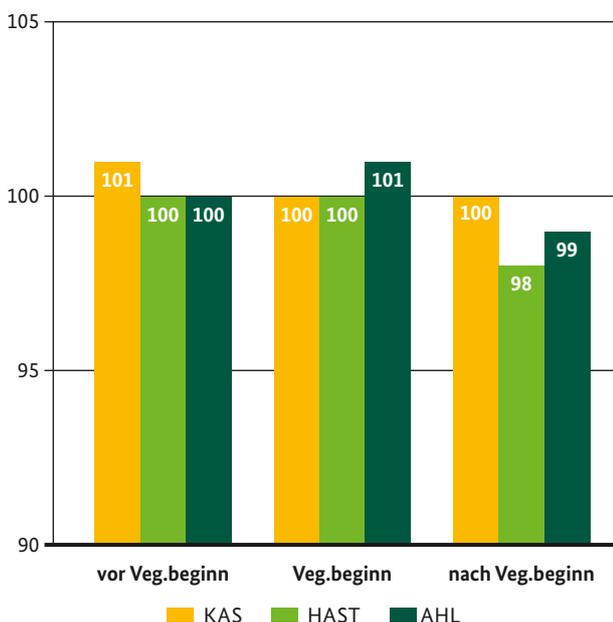
Eine realitätsnahe Bewertung der Nährstoffgehalte organischer Dünger ist Grundvoraussetzung für die effiziente Düngung. Neben der klassischen Laboranalytik stehen für flüssige organische Dünger wie Gülle und Gärreste Schnellmethoden (Ammonium N-Meter, Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIRS)), auch als mobile Versionen, zur Verfügung. Mit der NIRS-Technologie können nicht nur Schwankungen der Nährstoffzusammensetzung im Güllebehälter, sondern auch im Güllefass bei der Ausbringung erfasst werden. Die aufzubringende Güllemenge kann so konzentrationsabhängig variiert werden.

3.10 Wirkung unterschiedlicher mineralischer N-Düngerformen nutzen

Mineraldüngerformen

Zahlreiche Feldversuche belegen, dass die in der landwirtschaftlichen Praxis weit verbreiteten N-Dünger Harnstoff (HAST), Ammonitratharnstofflösung (AHL) und Kalkammonsalpeter (KAS) bei sachgerechter Anwendung im Ackerbau in ihrer Ertragswirksamkeit und ihrer Wirkung auf die Qualitäten weitestgehend gleich zu beurteilen sind (Abbildung 3.12). Die Düngung mit AHL führte teilweise zu schlechteren Kornerträgen und Rohproteinwerten. Dies wird damit begründet, dass im Vergleich zu den punktförmig aus-

Abbildung 3.12: Relative Kornerträge von Winterweizen bei unterschiedlichen N-Düngerformen und -terminen (Mittelwerte 1985 bis 1989, sechs Standorte, Versuchsmittel = 85,1 dt/ha = 100 %) (Baumgärtel, 2012)



gebrachten, gekörnten Düngern nach breitflächiger Ausbringung von AHL der Stickstoff schneller mikrobiell festgelegt wird oder aber gasförmig emittiert.

Für Grünland erbrachte die Harnstoffdüngung nach dem zweiten Schnitt im Vergleich zu KAS schlechtere Erträge, was auf Ammoniakverluste zurückgeführt werden kann. Diese treten bei den i. d. R. höheren Temperaturen bei der Ausbringung auf die frisch gemähte Grasnarbe auf (Baumgärtel, 2012).

Einsatz von Nitrifikationshemmstoffen

Die gestaffelte N-Düngung dient der besseren Anpassung des N-Angebots an den N-Bedarf des Pflanzenbestandes. Unter bestimmten Rahmenbedingungen, wie z. B. starker Vorsommertrockenheit, kann eine Reduzierung der Anzahl der Düngergaben und die Verwendung langsam fließender N-Quellen – wie die mit Nitrifikationshemmstoffen stabilisierten Ammoniumdünger – zu einer höheren Ertragssicherheit beitragen (Baumgärtel, 2012). Dabei hängen die Wirkungseffizienz der Hemmstoffe und die Dauer der Wirkung wesentlich von Bodentemperatur und -feuchte ab. Allerdings sollten mit Nitrifikationshemmstoffen stabilisierte Ammoniumdünger nur dann eingesetzt werden, wenn mit ausreichend Niederschlag gerechnet werden kann, damit der zuvor gedüngte Stickstoff in Pflanzenmasse umgesetzt werden kann.

Wirkung von Nitrifikationshemmstoffen

Nitrifikationshemmstoffe hemmen selektiv und temporär die Aktivität der Nitrosomonas-Bakterien, die für die Umwandlung von Ammonium- zu Nitrat-N im Boden verantwortlich sind. Diese Bodenbakterien werden allerdings nicht abgetötet, sondern ihre Aktivität wird reduziert. So wird das im Mineraldünger bzw. in der Gülle enthaltene Ammonium langsam, aber kontinuierlich in Nitrat umgewandelt. Wegen der Bindung des Ammoniiums an die Sorptionskörper des Bodens und des für die Pflanzen bedarfsgerechten Nitratangebots kommt es zu einer verringerten Nitratverlagerung in tiefere Bodenschichten oder ins Grundwasser. Zudem gehen die gasförmigen N_2O -Verluste zurück (Olf et al., 2015). Daraus ergibt sich eine insgesamt verbesserte N-Nutzungseffizienz.

Zusammengefasst:

- Die Mineraldüngerform allein hat keinen hohen Einfluss auf die N-Effizienz der Düngung.
- Durch den Einsatz von Nitrifikationshemmstoffen kann bei gezieltem Einsatz die N-Effizienz verbessert werden.

3.11 Gasförmige Emissionen durch neue Applikationstechniken vermindern

Unverzögliche Einarbeitung, streifenförmige Auf- und Einbringung

Mit der neuen Düngeverordnung sollen auch die Verluste auf dem Feld (Abbildung 3.13, Aufbringungsverluste) reduziert werden. Für die unverzügliche Einarbeitung auf Ackerland wird nun eine Einarbeitungsfrist von vier Stunden genannt. Die streifenförmige Auf- oder Einbringung für Ackerland mit Pflanzenbestand muss ab 2020, für Grünland ab 2025 umgesetzt werden. Mit beiden Maßnahmen werden die tatsächlich eintretenden Aufbringungsverluste vermindert⁴. Für die Praxis bedeutet dies, dass ein höherer N-Anteil der tierischen Ausscheidungen als pflanzenverfügbar betrachtet wird und deshalb Mineraldünger eingespart werden muss.

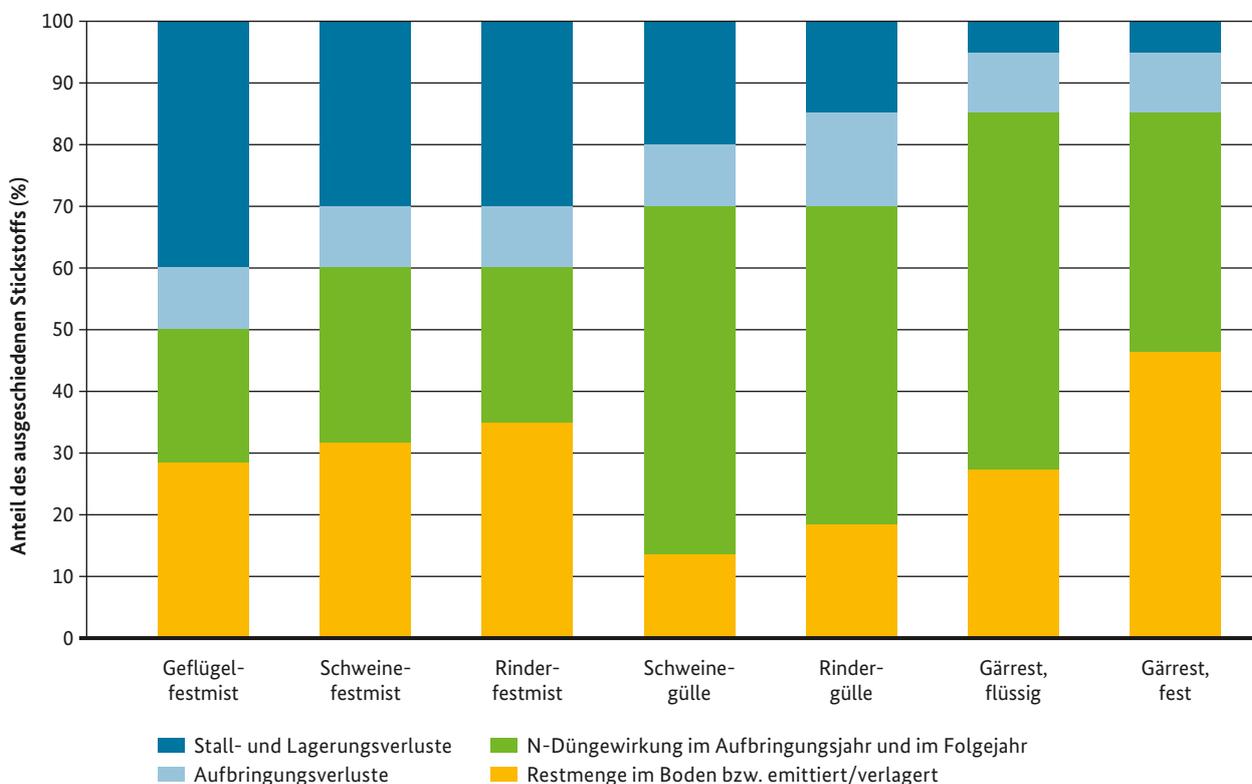
Auch mit anderen Methoden können die N-Verluste bei der Düngung vermindert werden. Dies sind insbesondere die Gülle-Unterfußdüngung sowie die Ansäuerung von Gülle. Von Seiten der Bundesländer ist geplant, alternative Ausbringverfahren anzuerkennen, für die im Hinblick auf den Immissionsschutz mindestens die gleiche Wirkung der Ammoniakreduktion nachgewiesen wurde.

Unterfußdüngung

Bei der Gülle- (oder Gärrest-)Unterfußdüngung wird Gülle in den Boden injiziert. Die Aussaat des Mais erfolgt anschließend direkt über dem Gülleband (Federolf et al., 2016). Da diese Gülleinjektion zu Mais die mineralische NP-Unterfußdüngung ersetzt, müssen die Nährstoffe im Gülle-Depotband für die Maiswurzeln kurzfristig zugänglich sein. Optimal ist ein Abstand von 6-8 cm zum Saatkorn.

Die Ergebnisse mehrjähriger Feldversuche in Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Schleswig-Holstein zeigen, dass die Unterfußdüngung mit Gülle und mit Mineraldünger gleichwertig sind (Olfs et al., 2016). Dieses Verfahren kann auf vielen Standorten zum Einsatz kommen, ohne dass Silomais-ertrag und -qualität negativ beeinflusst werden (Federolf et al., 2016a). Der Zusatz von Nitrifikationshemmstoffen zur Gülle, um den Umsatz des Ammonium-N zu Nitrat-N zu verzögern, hat sich insbesondere auf leichten Böden bewährt. So kann die Auswaschung von Stickstoff vermindert werden. In verschiedenen Betriebstypen – Betriebe mit Tierhaltung und Maisanbau sowie Betriebe mit Raps- und Qualitätsweizenanbau – kann auf diese Weise der N-Saldo verringert werden (Olfs et al., 2016 und 2017). Die Gülle-Unterfußdüngung dient auch der Reduzierung des betrieblichen P-Saldos (Kapitel 4.2).

Abbildung 3.13: Nach Düngeverordnung anrechenbare gasförmige N-Verluste, pflanzenwirksam angerechneter Stickstoff und rechnerisch im Boden verbleibender Anteil verschiedener Wirtschaftsdünger (Düngeverordnung, Anlage 2 und Anlage 3)



⁴ Siehe auch BZL-Heft „Die neue Düngeverordnung“ (2018) S. 28, Tabelle 7.1: Effekte der Aufbringungstechnik und der Einarbeitungszeit auf die Ammoniakemissionen bei Rinder- und Schweinegülle. Prozentuale Minderung der Emissionen im Vergleich zur angegebenen Referenz (KTBL 2017)



Anlage eines Feldversuchs zur Gülleensäuerung im Rahmen des Projektes „Baltic Slurry Acidification“ im Jahr 2018

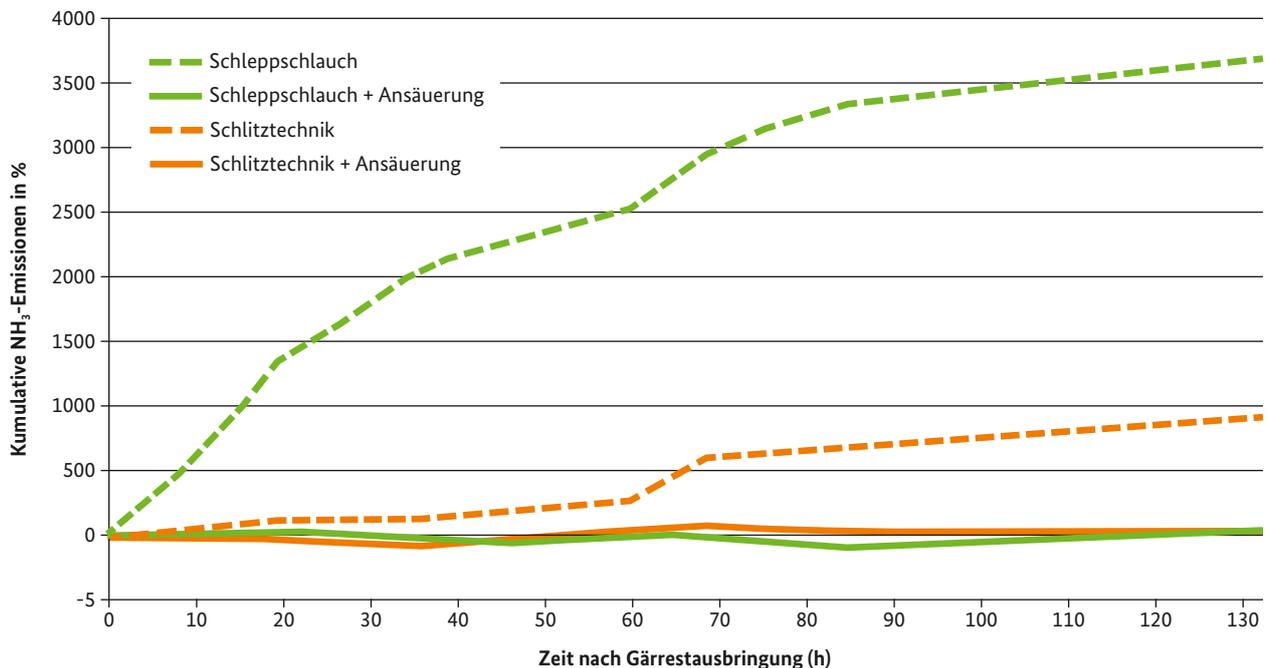
Ansäuerung von Gülle und Gärresten

Eine direkte Einarbeitung von Gülle ist im Frühjahr nur zu Sommerungen wie Mais und Sommergetreide möglich. Nachteile des emissionsarmen Schlitzverfahrens bei Einsatz in Winterkulturen sind die geringe Arbeitsbreite sowie potenzielle Pflanzenbeschädigungen. Eine Alternative bietet die Ansäuerung, ein Verfahren, welches den pH-Wert in Gülle oder Gärresten auf unter 6 absenkt. Ab diesem pH-Wert wird auch bei Luftkontakt kein Ammoniak mehr gebildet (Abbildung 3.14). Die Ansäuerung ist nach Düngemittelverordnung (2017) noch nicht zugelassen, befindet sich jedoch in Deutschland in der Erprobung.

Zusammengefasst:

Neben der streifenförmigen Aufbringung (Schleppschlauch-, Schleppschuh- und Injektionsdüngung), die 2020 für Ackerland und 2025 für Grünland verbindlich vorgeschrieben sind, gibt es weitere Verfahren, mit denen gasförmige N-Verluste bei der Anwendung flüssiger organischer Dünger verringert werden können. Dies sind die Unterfußdüngung und die Ansäuerung (in der Erprobung, noch nicht zugelassen). Durch den Einsatz dieser Verfahren wird die Wirkung der organischen N-Düngung erhöht, sodass die mineralische N-Ergänzung entsprechend reduziert werden muss.

Abbildung 3.14: Einfluss des Ausbringungsverfahrens auf die verfahrensbedingten NH_3 -Emissionen, Gülzow 2013 bis 2014, bereinigt um Werte der ungedüngten Kontrollflächen, [Quelle: Kureck (2014), Landesforschungsanstalt MV] (Bull, 2016)



3.12 Düngerverteilung optimieren

Insbesondere für Mineraldünger muss eine gleichmäßige Düngerverteilung gewährleistet sein, da dort die Nährstoffkonzentration vergleichsweise hoch ist. Eine schlechte Verteilung von N-Mineraldüngern wird durch streifenweises Aufhellen von Getreidebeständen im Frühjahr sichtbar. Streufehler ab 20 % sind gut zu erkennen. Doch auch geringere Streufehler bewirken bereits eine Reduzierung der N-Effizienz. Die Auswirkung sind Ertragseinbußen von teilweise über 10 %. Die Ursachen sind vielschichtig und betreffen Düngerqualität, Witterung, Maschinenzustand und besonders Fehler bei der Einstellung der Düngerstreuer.

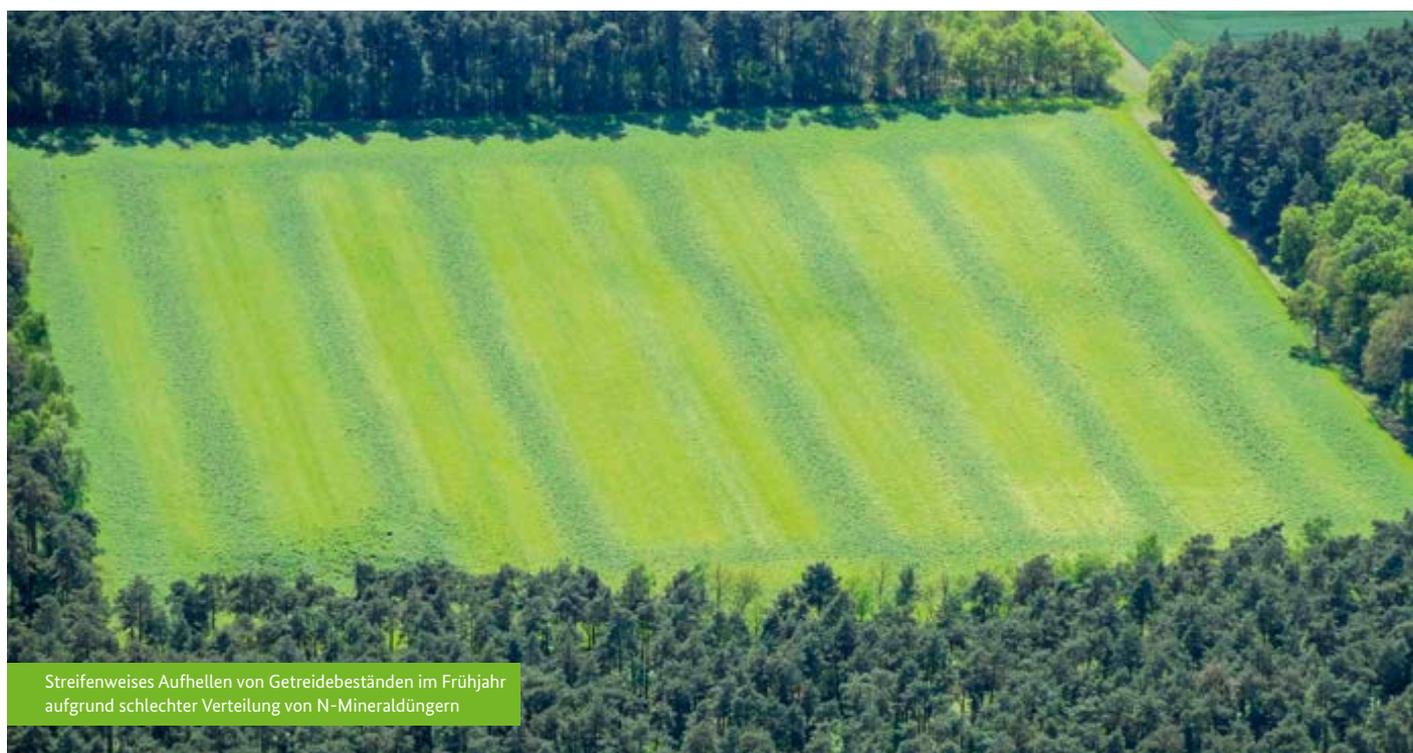
Die physikalischen Eigenschaften von Mineraldüngern schwanken je nach Produktionsstandort und verschlechtern sich durch jede Transportmaßnahme und jede Zwischenlagerung ein wenig mehr. Da es sich bei den meisten Düngern um wasserlösliche Salze handelt, ziehen sie bei Kontakt mit der Umgebung Feuchtigkeit an und verklumpen. In diesem Zustand sind sie nicht mehr gut zu verteilen. Auch Mineraldünger, die in einen staubigen Zustand übergegangen sind, sind sowohl mit Scheibenstreuern als auch mit Pneumatikstreuern nicht gezielt verteilbar. Zur genaueren Bestimmung der physikalischen Eigenschaften bieten einige Düngerstreuerhersteller über den Ersatzteilvertrieb Schüttelboxen und Kornhärte tester an. Sofern der Düngelieferant keine Qualitätsparameter angibt, können Durchschnittswerte bei den Streuerherstellern erfragt bzw. aus Streutabellen abgelesen werden (Lossie 2016).

Je größer die Arbeitsbreite und je schneller die Fahrgeschwindigkeit, umso höher ist bei Scheibenstreuern, die mit Abstand am häufigsten eingesetzte Ausbringtechnik für feste Mineraldünger, der Anspruch an die Düngerqualität – insbesondere an Kornhärte und Korngrößenverteilung. Vor jedem Start mit dem Düngerstreuer sollte ein kleiner Check anhand einer betriebseigenen Checkliste (Tabelle 3.5) sicherstellen, dass die Technik einwandfrei funktioniert und richtig eingestellt ist.

Alle drei Jahre sollte ein Düngerstreuer technisch überprüft werden. Hinweise zur Kalibrierung von Mineraldüngerstreuern werden in der BZL-Broschüre „Die neue Düngeverordnung“ (2018) gegeben⁵.

Zusammengefasst:

Der Verteilgenauigkeit von Mineraldüngerstreuern wird in landwirtschaftlichen Betrieben vergleichsweise wenig Aufmerksamkeit geschenkt, obwohl der ausgelöste Schaden beträchtlich sein kann: ungleichmäßig abreifende Bestände, Lagergetreide, Pilzbefall, Unter- bzw. Überversorgung mit Nährstoffen. Insbesondere Scheibenstreuer besitzen eine sehr weite Verbreitung auf landwirtschaftlichen Betrieben. Durch regelmäßige Wartung und richtige Einstellung auf das jeweilige Düngemittel muss sichergestellt werden, dass eine gleichmäßige Mineraldüngerverteilung gegeben ist. Nur einwandfreie Mineraldünger mit definierten Korngrößen und guter Kornhärte sollten eingesetzt werden.



Streifenweises Aufhellen von Getreidebeständen im Frühjahr aufgrund schlechter Verteilung von N-Mineraldüngern

⁵ BZL-Broschüre „Die neue Düngeverordnung“: S. 20, Tabelle 5.1: Aufbringungstechnik für verschiedene Kategorien von Düngemitteln (Muster-Vollzugshinweise der Länder 2007, angepasst); S. 21: Hinweise zur Kalibrierung von Mineraldüngerstreuern



Schüttelbox



Kornhärte tester

Tabelle 3.5: Beispiel einer Checkliste für Düngerstreuer (U. Lossie, DEULA Nienburg)

Checkliste Düngerstreuer



Hubstreben gleichmäßig	
Reifenluftdruck	
Unterlenker seitenstarr	
Fahrgeschwindigkeit kalibriert	
Gelenkwelle geschmiert und gesichert	
Rührwerk	
Behältersieb	
Streuscheibe	
Auslauföffnung sauber	
Einweissbürste	
Streuschaufel	
Streutabelle aktuell	
Streuerhöhe in cm	
Streuerneigung bei 100 %, 50 %, 10 %	
Grenzstreueinrichtung überprüft	
Querverteilung überprüft	

Datum/Unterschrift

3.13 „Precision Farming“ für die teilflächenspezifische Düngung verwenden

Die teilflächenspezifische Düngung bietet unter den Rahmenbedingungen der neuen Düngeverordnung den Vorteil, dass der auf die Fläche bezogene N-Düngebedarf standortbezogen variiert werden kann. Dadurch kann das Ertragspotenzial eines Standortes optimal genutzt werden.

Eingesetzte Sensortechnik

Im Rahmen von „Precision Farming“ kann mit schleppergestützten Sensoren direkt bei der Überfahrt der aktuelle Versorgungsstand des Bestandes ermittelt und die ergänzende Düngung im Rahmen der nach der Düngebedarfsermittlung kalkulierten Mengen darauf eingestellt werden. Es sind bereits verschiedene Systeme im Einsatz (Tabelle 3.6).

Neben schleppergestützten Messsystemen werden auch Luftfahrzeuge (z. B. Ballons, Zeppeline, Flugdrachen, Modellflugzeuge mit und ohne eingebautem Motor, Quadro-, Hexa- oder Octocopter oder auch bemannte Flugzeuge) und Satelliten als Trägerplattform für Sensoren eingesetzt. Hierbei

Tabelle 3.6: Vergleich verschiedener Sensorsysteme zur Messung des N-Versorgungszustandes von Pflanzenbeständen (verändert nach Olfs, 2009)

	Messprinzip	Lichtquelle	Position des Sensors	Betrachtungswinkel	Abstand Pflanze
YARA N-Sensor	Reflektion	Sonnenlicht	Schlepperdach	schräg	4 – 6 m
YARA N-Sensor ALS	Reflektion	Xenon-Blitzlicht	Schlepperdach	schräg	4 – 6 m
CropSpec	Reflektion	Laserdioden	Schlepperdach	schräg	2 – 4 m
GreenSeeker RT200	Reflektion	LEDs	Befestigung an Spritze, Streuer oder Schlepper	vertikal	0,8 – 1,2 m
Crop Circle ACS-201	Reflektion	LEDs	Befestigung an Spritze, Streuer oder Schlepper	vertikal	< 1,5 m
ISARIA / CropSensor	Reflektion	LEDs	Spezialgestänge Schlepperfront	vertikal	0,5 – 1,5 m

kommen meist Digitalkameras und Multiband-Spektrometer zum Einsatz um den Versorgungszustand eines Pflanzenbestandes zu ermitteln und aufbauend darauf Düngeempfehlungen zu geben.

Teilflächenspezifische Düngung

Unter Praxisbedingungen variieren die Standortbedingungen und damit das Ertragspotenzial oft kleinräumig innerhalb eines Schlags. Mithilfe GPS-gestützter Ortungssysteme können Schlepper und Arbeitsgeräte genau navigiert werden. Durch die Kombination neuer Ortungstechniken mit Teilbreitenschaltungen und Randstreuervorrichtungen bei der Düngerausbringung mit teilflächenspezifischen Schlagkarten und Sensortechniken (Precision Farming) kann der Nährstoffbedarf von Pflanzen viel präziser gedeckt werden (Dittert, 2014). Der nach Düngebedarfsermittlung errechnete Düngebedarf kann so zielgerichteter dem Pflanzenbestand zugeführt werden.

Zusammengefasst:

Bei teilflächenspezifischer Düngung kann die im Rahmen der N-Düngebedarfsermittlung für die Gesamtfläche errechnete Aufbringungsmenge standortbezogen variiert werden. Dadurch können zulässige N-Düngefrachten genauer an den N-Pflanzenbedarf angepasst werden.

3.14 Bodenstruktur verbessern

Eine optimale Bodenstruktur ohne Schadverdichtungen ist eine der Voraussetzungen für gut entwickelte Pflanzenbestände. Diese können Wasser- und Nährstoffreserven besser nutzen und deshalb auch Trockenperioden leichter überdauern. Bei der Ernte der Vorfrucht und der anschließenden Grundbodenbearbeitung sollten insbesondere Unterbodenverdichtungen vermieden und z. B. durch Fahrspuren entstandene Bodenverdichtungen aufgelöst werden. Da jedoch

Tabelle 3.7: Wirkung von Bodenverdichtungen auf Nährstoffentzug, N-Bilanz und N-Nachlieferung (LLH 2017 nach Albert, 2012)

Bodenverdichtung	N-Entzug [kg N/ha]	N-Bilanz [kg N/ha]	N-Nachlieferung [kg N/ha]
ohne	179	- 9	+ 74
mit	134	+ 89	- 31

durch die intensive Bodenbearbeitung die Mineralisation der organischen Bodensubstanz, und damit die N-Freisetzung, gefördert wird, muss versucht werden, jede Bodenverdichtung von vornherein zu vermeiden. In Tabelle 3.7 ist dargestellt, wie stark bei identischer Düngung sowohl die N-Aufnahme als auch die N-Nachlieferung aus dem Boden durch Verdichtungen gehemmt ist (LLH 2017).

Zusammengefasst:

Eine gute Bodenstruktur beeinflusst die N-Effizienz positiv, was zu geringeren N-Verlusten in das Grundwasser führen kann.

3.15 Feldberegnung nutzen

Mithilfe der Feldberegnung von Kulturen kann in sommertrockenen Gebieten das Ausbleiben von Niederschlägen ausgeglichen und Missernten bzw. Ernteaussfällen entgegengewirkt werden. Dadurch kann die N-Effizienz stark verbessert werden (Fricke und Riedel, 2011). Im Gemüsebau ist die Beregnung für annähernd alle Kulturen zur Ertrags- und Qualitätssicherung zwingend. Hierbei ist über eine an die Witterungs- und Pflanzenbestandsentwicklung angepasste Beregnungssteuerung sicherzustellen, dass Auswaschungsverluste weitestgehend vermieden werden. Wird in der untersten durchwurzelten Schicht eine trockenere Pufferzone erhalten, so kann diese unerwartetes Niederschlagswasser aufnehmen (Pachold, 2010). Auch in der oberen Schicht

sollte nicht vollständig bis auf 100 % nutzbare Feldkapazität aufgefüllt werden, um eine Reserve zu behalten und die Durchwurzelung zu fördern. Dies kann z. B. durch eine intermittierende Beregnung erreicht werden.

Die Beregnung fördert das Pflanzenwachstum und damit auch die N-Abfuhr (Abbildung 3.15). Die Anpassung an den N-Bedarf der Pflanzen erfolgt bei der Ausbringung flüssiger Dünger über die Tröpfchenbewässerung – die Fertigation – (Einlegegurke, Zucchini) besonders effizient.

Zusammengefasst:
Mithilfe der Feldberegnung von Kulturen kann in sommertrockenen Gebieten das Ausbleiben von Niederschlägen ausgeglichen und Missernten bzw. Ernteauffällen entgegengewirkt werden. Dadurch kann die N-Effizienz stark verbessert werden.

3.16 EDV-Programme zur Düngedarfsermittlung und Nährstoffbilanzierung einsetzen

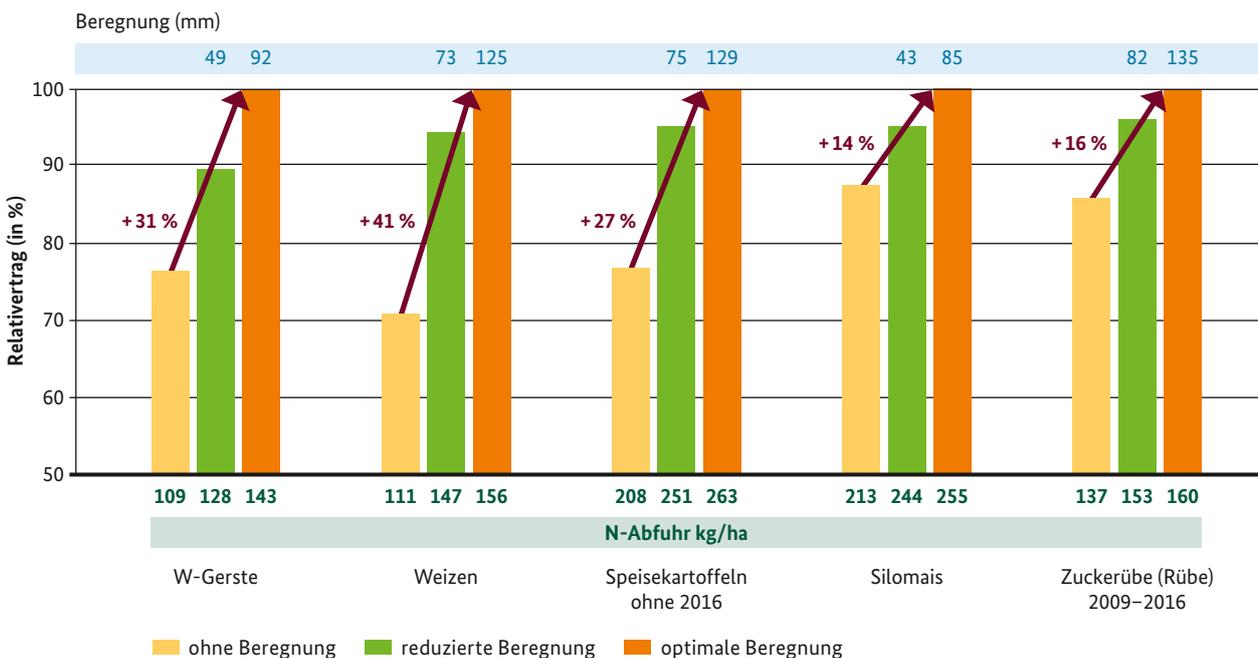
Die vorangegangenen Kapitel zeigen, dass es eine Vielzahl von Maßnahmen und Faktoren gibt, die Einfluss auf die Versorgung der Kulturpflanzen mit Stickstoff haben. Um den Überblick zu behalten und die Bestandsführung zu erleichtern, wurden für die Praxis verschiedene EDV-Pro-

gramme entwickelt. Exemplarisch wird im Folgenden das Programm N-Expert, welches speziell für den Gemüsebau entwickelt wurde, vorgestellt. In den einzelnen Bundesländern werden darüber hinaus Programme zur Düngedarfsermittlung und Nährstoffbilanzierung entwickelt, welche die für das Bundesland spezifischen Umsetzungen der neuen Düngeverordnung berücksichtigen. Diese Programme können über die Einrichtungen der Düngberatung der Bundesländer meist kostenfrei bezogen werden⁶.

N-Expert für den Gemüsebau

Das Programm N-Expert berechnet Düngungsempfehlungen für Stickstoff entsprechend den Anforderungen der neuen Düngeverordnung sowie schlagbezogene Nährstoffbilanzen. Die Basis der N-Düngungsempfehlungen bildet eine Kalkulation des täglichen N_{min} -Vorrates im Boden unter Berücksichtigung der Pflanzenaufnahme (Modell). Die Mineralisierung aus Bodenhumus, organischen Düngern und Ernterückständen wird unter Einbeziehung langjähriger Temperaturmittelwerte des Standorts und weiterer Einflussgrößen kalkuliert. Die tägliche N_{min} -Kalkulation startet mit bodenartabhängigen Werten jährlich neu. N-Expert dient der Dokumentation der Düngedarfsermittlung und Nährstoffbilanzierung und berechnet auch Düngungsempfehlungen und Nährstoffbilanzen für Phosphor, Kalium und Magnesium (http://www.igzev.de/projekt_type/n-expert-duengung-im-freilandgemuesebau/).

Abbildung 3.15: Relativverträge und N-Abfuhr bei unterschiedlichen Beregnungsmengen, Hamerstorf, 2006 bis 2016 (Baumgärtel, 2012)



⁶ BZL-Broschüre „Die neue Düngeverordnung“: S. 20, Tabelle 5.1: Aufbringungstechnik für verschiedene Kategorien von Düngemitteln (Muster-Vollzugshinweise der Länder 2007, angepasst); S. 44 bis 49: Ansprechpersonen, Beratungseinrichtungen und Informationsangebote zur neuen Düngeverordnung in den Bundesländern

4 Maßnahmen zur Steigerung der P-Effizienz

Die globalen Rohphosphatreserven zur Herstellung von P-Düngemitteln sind begrenzt. In Deutschland sind vorwiegend in Ackerbauregionen Böden mit niedrigen P-Konzentrationen zu finden. In Intensivtierhaltungsregionen besteht hingegen ein Überangebot an P-reichen Wirtschaftsdüngern, hervorgerufen auch durch importierte Futtermittel. Die P-Gehalte der Böden dieser Regionen sind teilweise so hoch, dass dadurch die regionale Verwertung von Wirtschaftsdüngern und Gärresten begrenzt wird (Klages et al., 2016).

Maßnahmen zur Steigerung der P-Effizienz betreffen also einerseits den Pflanzenbau auf P-armen Standorten, wo sie darauf abzielen, die Pflanzenverfügbarkeit von Phosphor zu verbessern. Sie betreffen aber auch jene Standorte, in denen Phosphor aus Wirtschaftsdüngern im Überschuss vorhanden ist und deshalb zum begrenzenden Faktor für die Wirtschaftsdüngerverwertung wird.

4.1 Effizienzsteigerung bei Böden mit niedrigen Gehalten an pflanzenverfügbarem Phosphor

Für Böden der unteren P-Gehaltsklassen „A“ und „B“ werden vom VDLUFA zur Sicherstellung einer hohen Ertragsfähigkeit – auch unter ungünstigen Umweltbedingungen wie bei niedrigen Frühjahrstemperaturen – verschiedene produktionstechnische Maßnahmen der guten fachlichen Praxis empfohlen (Wiesler et al., 2018):

Erhalt eines guten Kalkzustandes des Bodens

Die chemische Verfügbarkeit von Phosphor sinkt mit abnehmendem pH-Wert des Bodens. Außerdem beeinträchtigen niedrige Kalkgehalte die Bodenstruktur. Dadurch wird das Wurzelwachstum behindert und damit die Aufnahmefähigkeit von Phosphor durch die Kulturpflanzen verschlechtert.

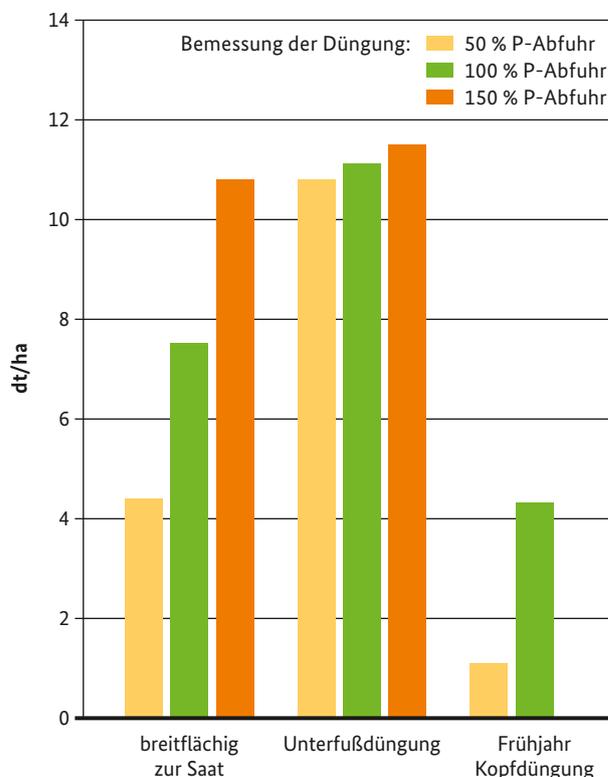
Einarbeitung des P-Düngers

Durch die Einarbeitung vor der Saat wird der P-Dünger räumlich besser zugänglich für die Pflanzenwurzeln. Insbesondere in Betriebssystemen mit Minimalbodenbearbeitung ist die Gefahr einer ungünstigen P-Verteilung im Bodenprofil gegeben, mit eingeschränkter P-Verfügbarkeit bei trockenem Boden.

Platzierung des P-Düngers

Mineralische Unterfußdüngung: Die Unterfußdüngung besitzt große Potenziale für die Verbesserung der Pflanzenernährung bei wirtschaftlichem Düngemittleinsatz (Zorn et al., 2012). Schwerpunkt der Unterfußdüngung von Phosphor stellen insbesondere P-arme Standorte in pfluglosen Systemen dar, und zwar für eine Reihe von Kulturen (Raps, Getreide, Mais). Die platzierte Düngung in Wurzelnähe zeichnet sich aus durch eine deutlich langsamere Festlegung des gedüngten Phosphors (Abbildung 4.1). Außerdem werden

Abbildung 4.1: Mehrertrag durch differenzierte P-Düngung (TSP) zu Wintergerste (Elxleben 2008/09, ohne P = 88 dt/ha; GD 5% (t-Test) = 5,1 dt/ha) (Zorn et al., 2013)



die Wurzelentwicklung und das Jugendwachstum der Pflanzen gefördert. P-Düngemittel können so merklich eingespart werden. Empfohlen wird bei Getreide und Raps eine Platzierung in jeder zweiten Reihe bzw. bei Mais, Zuckerrüben oder Kartoffeln in jeder Reihe in ca. 10 bis 12 cm Tiefe, parallel zur Aussaatrichtung. Bevorzugt sollten wasserlösliche P-Dünger, wie TSP (Triple-Superphosphat), bei N-Bedarf auch als DAP (Diammonium-Phosphat). Bei Herbstsaat müssen im letztgenannten Fall die Vorgaben der Düngeverordnung zur N-Düngung im Herbst berücksichtigt werden. Versuchsergebnisse belegen eine deutliche Verbesserung der P-Effizienz und damit auch eine Entlastung der P-Salden (Zorn et al., 2012).

Unterfußdüngung mit Wirtschaftsdüngern: Bedeutend ist die Gülle-Unterfußdüngung in den Veredelungsregionen, da mit diesem Verfahren die Verwertung wirtschaftseigener Dünger auf den eigenen Flächen verbessert werden kann – bei gleichzeitiger Einsparung von mineralischen P-Düngern (Kapitel 4.2).

Anpassung der P-Düngungshöhe an die Pflanzenart

Aus Feldversuchen kann abgeleitet werden, dass die P-Düngung vornehmlich zu Kartoffeln, Mais, Zuckerrübe, Winter- und Leguminosen erfolgen sollte.

P-Düngerform mit guter Pflanzenverfügbarkeit verwenden

Die Pflanzen nehmen Phosphor hauptsächlich aus der Bodenlösung auf. Deshalb wird angenommen, dass z. B. innerhalb einer Vegetationsperiode mineralischer Phosphor nur dann zu 100 % aufgenommen wird, wenn er in vollständig wasserlöslicher Form oder als neutral-ammonium-citratlöslicher (letzteres entspricht der Extraktionskraft der natürlichen Chemosphäre der Pflanzen) bzw. als organischer Phosphor vorliegt. Schwerlösliche mineralische P-Formen stellen keine langsamer wirkende Reserve dar. Bei der Kennzeichnung von Düngemitteln kann aus dem Verhältnis der Konzentration an Gesamt-P zur Konzentration an direkt pflanzenverfügbarem Phosphor (wasser- bzw. neutral-ammonium-citratlöslich) geschlossen werden, wie hoch die unmittelbare Wirksamkeit des P-Düngers einzuschätzen ist (Schnug und de Kok, 2016). Die mittel- bis langfristige Verfügbarkeit von Phosphor aus Wirtschaftsdüngern ist mit 100 % anzusetzen (Wiesler et al., 2018).

Bodenschutz: Vermeidung von Erosion und Bodenverdichtung

Phosphor geht dem Boden hauptsächlich aufgrund von Wind- und Wassererosion verloren. Deshalb sind Erosionsschutzmaßnahmen besonders wichtig. Da die Kulturpflanzen sich den Phosphor über das Wurzelwachstum erschließen, wirken sich Bodenverdichtungen nachteilig aus und sollten vermieden werden.

Zusammengefasst:

Folgende produktionstechnische Maßnahmen zur Steigerung der P-Effizienz für Böden der unteren P-Gehaltsklassen werden empfohlen (Wiesler et al., 2018):

- Erhaltung eines guten Kalkzustands des Bodens
- Einarbeitung des P-Düngers
- Platzierung des P-Düngers
- Anpassung der P-Düngungshöhe an die Pflanzenart
- P-Düngerform mit guter Pflanzenverfügbarkeit verwenden
- Erosionsmindernde Maßnahmen einsetzen
- Bodenverdichtungen vermeiden bzw. beheben

Einsatz von separierten Wirtschaftsdüngern

Betriebe in viehschwachen Regionen, deren Böden suboptimale P-Gehalte aufweisen, bekommen vermehrt Wirtschaftsdünger aus Intensivtierhaltungsregionen angeboten – auch in separierter Form mit dann vergleichsweise hohen P-Konzentrationen. Auch für den Humusaufbau ist diese Zufuhr an organischer Substanz willkommen. Eine „Aufdüngung“ solcher Standorte muss so gestaltet werden, dass der auf Betriebsebene geltende P-Kontrollwert der Düngerverordnung von 10 kg P₂O₅/ha und Jahr nicht überschritten wird (Düngerverordnung, § 9 Abs. 3). Dies gilt auch für P-Mangelstandorte.

Für den Betrieb, der Gülle oder Gärreste in separierter Form aufnimmt, ist zu berücksichtigen, dass die Nährstoffgehalte

des Separats nach Düngemittelverordnung (2017) gekennzeichnet sein müssen. Phosphat wird, wie deklariert, in den betrieblichen Nährstoffvergleich übernommen. Für Stickstoff können für den Nährstoffvergleich Aufbringungsverluste angerechnet werden (Tabelle 5.4 in Kapitel 5.1). Es sollte vermieden werden, solche Separate einzusetzen, zu deren Fällung Eisen oder Aluminium eingesetzt wurden, da diese die Pflanzenverfügbarkeit des Phosphors negativ beeinflussen. Sehr dickflüssige Separate dringen bei Aufbringung mit dem Schleppschlauch oder -schuh eventuell nicht genügend in den Boden ein. Diese Stoffe müssen dann vor der Bestellung aufgebracht und gemäß Düngerverordnung in den Boden eingearbeitet werden.

Zusammengefasst:

Betriebe, die (separierte) organische Dünger aufnehmen, sollten folgende Punkte berücksichtigen:

- Deklaration des Wirtschaftsdüngers nach Düngemittelverordnung
- Anrechnung des Stickstoffs für den Nährstoffvergleich
- Pflanzenverfügbarkeit des Phosphors in Abhängigkeit von ggf. eingesetzten Fällungsmitteln
- Applizierbarkeit des Flüssigdüngers

4.2 Effizienzsteigerung bei hohem P-Angebot

Maßnahmen zum effizienteren P-Einsatz in der Tierfütterung können sowohl eine übergeordnete, zumindest regionale, als auch eine betriebliche Wirkung besitzen. Eine aktuelle Übersicht gibt hierzu der Tagungsband der 55. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung (BAT) e. V. (2017) mit dem Titel „Phosphor - Bedarf decken, Überschuss vermeiden“.

Bedarfsgerechte P-Konzentration in der Nutztierfütterung

In der Rinderhaltung wird in der Regel mehr als 65 % des aufgenommenen Phosphors von den Tieren ausgeschieden und muss mit dem Wirtschaftsdünger standort- und pflanzenbedarfsgerecht verwertet werden. Da in Wirtschaftsdüngern das Nährstoffverhältnis von Stickstoff, Phosphor und Kalium hinsichtlich des Nährstoffbedarfs der Nutzpflanzen meist ein Überangebot an Phosphor aufweist, kommt es bei intensiver Verwertung von Wirtschaftsdüngern zu einer P-Anreicherung im Boden. Deshalb wird ein Abbau von P-Überhängen in der Fütterung mithilfe der folgenden Maßnahmen empfohlen:

- weitestmögliche Reduzierung des Zukaufs von Phosphor durch die
 - Verwendung P-freier Mineralfutter
 - Anhebung der Leistungen aus dem Grobfutter
 - Absenkung der P-Gehalte im Kraftfutter
- umfassender Einsatz der Futtermittelanalytik auch für die Bewertung von betriebseigenen Futtermitteln (z. B. P-Analyse von Grobfuttermitteln), um betriebliche

P-Reserven auszuschöpfen und P-haltige Futtermittel-einkäufe in den Betrieb zu minimieren (Obermeier et al., 2017; Spiekers, 2017).

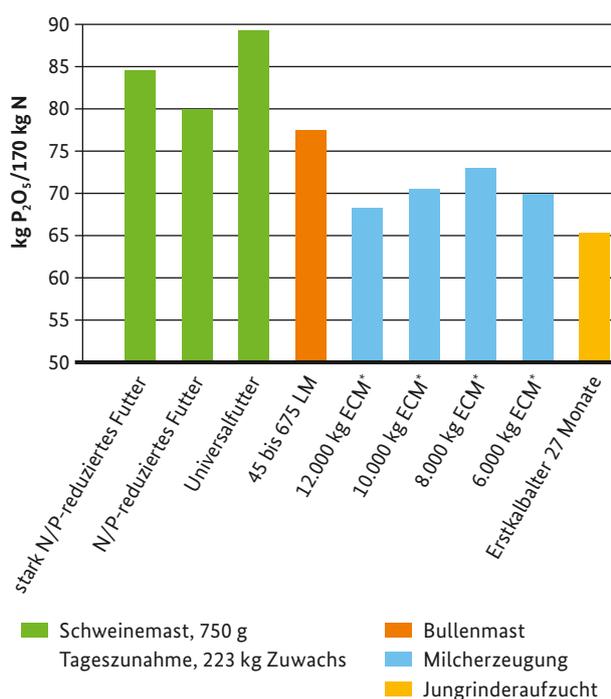
In der Schweinehaltung stehen zur Verminderung des P-Eintrags in den Wirtschaftsdünger folgende Anpassungsmaßnahmen bei der Fütterung zur Verfügung:

- Anwendung bedarfsgerechter Versorgungsempfehlungen für Phosphor
- korrekte P-Bewertung von Futtermitteln
- Anwendung von Phasenfütterungskonzepten und
- Einsatz mikrobieller Phytasen (Feuerstein, 2017)

Phytasen werden bereits seit Längerem zur Verbesserung der Verfügbarkeit des pflanzlichen Phosphors in Futtermitteln für Monogastrier verwendet. Den Alleinfuttermitteln für Schweine werden sie zu mehr als 95 % zugesetzt (Grünwald et al., 2013). Durch eine Erhöhung der Konzentration der Phytasen im Schweinefutter kann die Verdaulichkeit des Phosphors weiter verbessert werden, von 60 bis 70 % auf über 80 %. Es gibt jedoch eine Reihe von Faktoren, durch welche sich die Wirksamkeit von Phytasen weiter verbessern lässt, wie Ansäuerung, Einweichung oder Fermentierung des Futters (Feuerstein, 2017).

Die Standard-Nährstoffausscheidungen und Tierkategorien (DLG, 2014) werden in Anlage 1 Tabelle 1 der Düngeverordnung zitiert. Für die Schweineproduktion zeigen diese Tabellen, dass bei einem bestimmten Produktionsverfahren bei Nutzung eines N-/P-reduzierten Futters oder eines stark

Abbildung 4.2: P-Frachten (in kg P_2O_5), die mit 170 kg aufgebrachtem Stickstoff in Rinder- und Schweinegülle enthalten sind (Standard-Nährstoffausscheidungen und Tierkategorien nach DLG, 2014)



* ECM = Energie-korrigierte Milch

N-/P-reduzierten Futters je Mastplatz und Jahr weniger Stickstoff und Phosphor ausgeschieden werden.

Abbildung 4.2 zeigt die mit verschiedenen Wirtschaftsdüngern aufgebracht P-Frachten (als P_2O_5) in Relation zur N-Obergrenze von 170 kg N anhand der Werte der Standard-Nährstoffausscheidungen (DLG 2014). Demnach enthält Schweinegülle bezogen auf die aufgebrauchte N-Fracht mehr Phosphor als Rindergülle. Dies verdeutlicht, dass sich sowohl bei der N- als auch bei der P-reduzierten Schweinefütterung das N/P-Verhältnis in der Gülle nur wenig verändert. Die Hauptwirkung der N- und P-reduzierten Fütterung besteht demnach darin, dass insgesamt weniger Nährstoffe durch dieselbe Anzahl von Nutztieren ausgeschieden wird, wodurch mehr Gülle im eigenen Betrieb verwertet werden kann, ohne den P_2O_5 -Kontrollwert der Düngeverordnung zu überschreiten. Damit verringert sich die Güllemenge bzw. die darin enthaltene Nährstofffracht, die vom jeweiligen Betrieb abgefahren werden muss.

Zusammengefasst:

In Betrieben mit intensiver Tierproduktion sollte auf Verminderung der P-Einträge über Futtermittel geachtet werden: d. h.

- in der Rinderhaltung auf P-reduziertes Kraftfutter sowie P-freies Mineralfutter,
- in der Schweinehaltung auf den Einsatz mikrobieller Phytasen bei der Phasenfütterung
- betriebseigene Futtermittel sollten auf Hauptnährstoffe untersucht werden, um Zukauffuttermittel entsprechend anpassen zu können.

Gülle- und Gärrestseparierung

Ab den nach Düngeverordnung definierten Boden-P-Gehalten⁷ darf auf den entsprechenden Flächen nur noch Phosphor in Höhe der Abfuhr über die Ernteprodukte zugeführt werden. Dies kann bei entsprechend hohen Tierbeständen bedeuten, dass Wirtschaftsdünger (anteilig) aus dem Betrieb abgefahren werden muss. Durch entsprechende Vorbehandlung kann der Trockenmassegehalt und damit die Transportwürdigkeit des organischen Düngers erhöht werden. Verschiedene Separierungstechniken führen zu unterschiedlichen Nährstoffgehalten in der Fest- und Flüssigphase. Günstig sind solche Verfahren, die besonders hohe P-Anteile in die zu exportierende Festphase überführen. Abbildung 4.3 zeigt exemplarisch den Abtrennungsgrad in der Fest- und Flüssigphase von Schweinegülle bei Einsatz einer Zentrifuge.

Werden bei den Separierungstechniken Fällmittel eingesetzt muss gewährleistet sein, dass diese den Vorgaben der Düngemittelverordnung (2017) entsprechen. Dies betrifft insbesondere die biologische Abbaubarkeit des Fällmittels.

⁷ 20 Milligramm Phosphat je 100 Gramm Boden nach dem Calcium-Acetat-Lactat-Extraktionsverfahren (CAL-Methode), 25 Milligramm Phosphat je 100 Gramm Boden nach dem Doppel-Lactat-Verfahren (DL-Methode) oder 3,6 Milligramm Phosphor je 100 Gramm Boden nach dem Elektro-Ultrafiltrationsverfahren (EUF-Verfahren).

Bei mineralischen Fällmitteln (insbesondere Aluminium und Eisen) besteht die Problematik der nachfolgend geringen P-Pflanzenverfügbarkeit in der Festphase. Insgesamt von Bedeutung ist auch, wie die separierte Festphase weiter verwendet werden soll: als Rohstoff für die Düngerproduktion, als Gärsubstrat, oder ob es direkt ausgebracht werden soll. Im letztgenannten Fall ist die Applizierbarkeit des Düngers ein relevantes Kriterium.

Zusammengefasst:

Übertrifft in Betrieben mit intensiver Tierproduktion der Nährstoffanfall den Nährstoffbedarf, muss Wirtschaftsdünger exportiert werden. Mithilfe der Separierung kann die Wirtschaftsdüngerverwertung besser an standörtliche Gegebenheiten angepasst werden: Hoch mit Phosphor versorgte Böden werden nur noch gering mit diesem Nährstoff beaufschlagt. Die Separierung bewirkt eine Verringerung des Transportvolumens und damit des Transportaufwandes. Die Aufkonzentration von Phosphor im Separat erhöht somit die betriebliche P-Abfuhr. Eine ordnungsgemäße Deklaration nach Düngemittelverordnung (2017) ist erforderlich.

Unterfußdüngung mit Wirtschaftsdüngern

Zur Entlastung der P-Bilanzen, insbesondere bei Betrieben in Intensivtierhaltungsregionen, kann im Maisanbau der praxisübliche mineralische NP-Unterfußdünger ersetzt werden

durch eine Injektion von Gülle in den Boden mit anschließender Aussaat des Mais direkt über dieses Gülleband (Federolf et al., 2016). Dabei ist es für die Nährstoffversorgung der Maispflanzen in der Jugendentwicklung wichtig, dass der Abstand zwischen Saatkorn und Gülleband nicht zu weit gewählt wird. Die ammoniumbetonte Ernährung der Pflanzen führt zu einer Absenkung der pH-Werte im wurzelnahen Bodenbereich, die sich positiv auf die Pflanzenverfügbarkeit von Phosphor und Mikronährstoffen wie Zink und Mangan auswirkt (Kapitel 3.10).

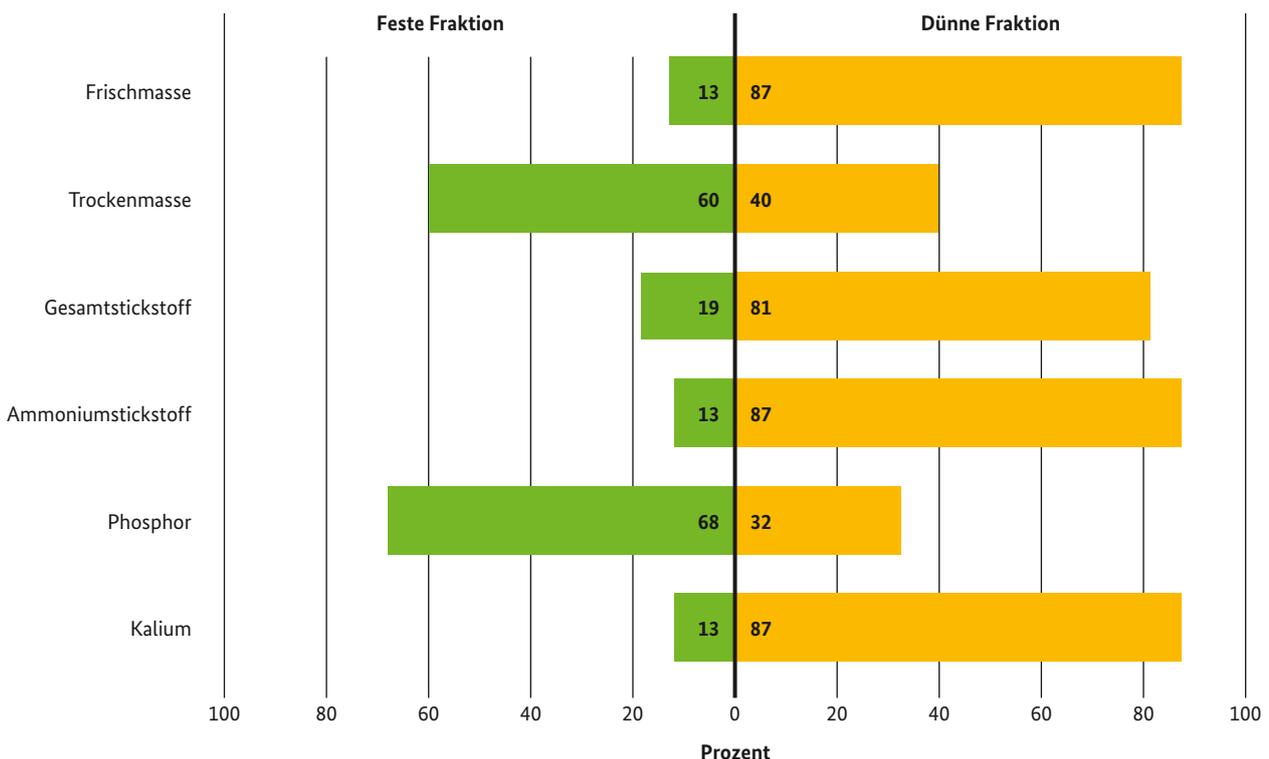
Zusammengefasst:

Durch die Unterfußdüngung mit Gülle oder Gärresten kann mehr Wirtschaftsdünger innerbetrieblich verwertet werden, es muss weniger Gülle aus dem Betrieb abgefahren und weniger Mineraldünger zugekauft werden.

Neue Aufstellungsarten

Durch eine Separierung von Kot und Urin bereits beim Anfall im Stall könnten beide Fraktionen gezielter pflanzenbaulich eingesetzt werden. Außerdem entstehen bei diesem Verfahren geringere Ammoniakemissionen, was sich positiv für den Klimaschutz und den Tierschutz auswirkt. Der Kot kann als P-reiches Düngemittel abgegeben werden, während der Urin als N-reiche Flüssigphase im eigenen Betrieb eingesetzt wird (COOPERL 2018). Diese Technik wird in Deutschland allerdings nicht eingesetzt.

Abbildung 4.3: Abtrennungsgrad in Fest- und Flüssigfraktion (beispielhaft) bei einer zentrifugierten Schweinegülle (nach Brauckmann, 2014, verändert)



5 Beispielbetriebe

Die Beispielbetriebe sind so gestaltet, dass die Einflüsse wichtiger Neuerungen der novellierten Düngeverordnung abgebildet werden. Dies betrifft den Zusammenhang von Düngebedarfsermittlung und Nährstoffvergleich, Besonderheiten bestimmter Betriebszweige wie dem Gemüsebau, der Veredelung sowie dem Futterbaubetrieb (Feldfutter- bzw. Grünlandbetrieb). Dies betrifft auch den Einfluss des Einsatzes verschiedener Düngemittel, von Mineraldüngern über Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft bis hin zu Gärresten und Kompost. Der Ackerbaubetrieb und der Veredelungsbetrieb basieren auf internen Kalkulationsdaten des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL). Beim Feldgemüsebau- und dem Milchviehbetrieb handelt es sich um stark vereinfachte Beispiele. Es wurden durchweg die Tabellendaten aus den Anlagen der Düngeverordnung verwendet. Zur Verbesserung der Übersichtlichkeit wurde außerdem davon ausgegangen, dass für jede angebaute Kultur vergleichbare Anbaubedingungen gelten und somit jeweils alle Schläge mit derselben Kultur zu einer Bewirtschaftungseinheit zusammengefasst werden können. Die Düngebedarfsermittlung folgt den Vorgaben der Düngeverordnung (siehe BZL-Heft „Die neue Düngeverordnung“, Kapitel 4). Die angenommenen Nährstoffverfügbarkeiten der einzelnen Dünger entsprechen den Tabellenangaben der Anlagen 2 und 3 der Düngeverordnung. Auch der Nährstoffvergleich wurde nach Düngeverordnung erstellt (siehe BZL-Heft „Die neue Düngeverordnung“, Kapitel 9). Für die Kalkulation des Düngebedarfs sowie die Darstellung der Düngungsmaßnahme und des Nährstoffvergleichs sind jeweils nur die Parameter aufgeführt, die für die Berechnung im Einzelfall relevant sind. Während die Ermittlung der Kontrollwerte nach § 9 Absatz 2 der Düngeverordnung sich für Stickstoff auf drei Jahre und für Phosphor auf sechs Jahre bezieht (Abbildung 5.1), beschränkt sich die vorliegende Betrachtung auf ein Jahr (in der Abbildung 5.1 grün hinterlegt).

Die Abbildung 5.1 verdeutlicht, dass die Ermittlung des Düngebedarfs, die eigentliche Düngung und die Durchführung des Nährstoffvergleichs in einem engen Zusammenhang stehen. Dabei ist von Bedeutung, dass die Pflicht zur Düngebedarfsermittlung nach konkreten Vorgaben der Düngeverordnung neu ist. Der so ermittelte Düngebedarf darf nur in ausgesprochenen Ausnahmefällen überschritten werden, und zwar in Abstimmung mit den jeweils zuständigen Landesbehörden. Alle auf die Fläche aufgebrachten Frachten an Stickstoff und Phosphor müssen beim Nährstoffvergleich gegenübergestellt werden. Das Schema zeigt, dass zwischen der realisierten Erntemenge im Bezugsjahr und der Düngebedarfsermittlung für das Folgejahr ein Rückkopplungsmechanismus besteht, da der künftige Düngebedarf auf den in den Vorjahren realisierten Erntemengen basiert.

5.1 Ackerbaubetrieb

Das erste Beispiel beschreibt einen Ackerbaubetrieb in Süddeutschland, der auf 105 ha landwirtschaftlich genutzter Fläche

- 30 ha Winterweizen
- 15 ha Wintergerste
- 15 ha Sommergerste
- 15 ha Hafer
- 15 ha Körnermais sowie
- 15 ha Winterraps

anbaut. Es werden Düngebedarf, Düngung und Nährstoffvergleich für Stickstoff (Tabelle 5.2) und Phosphor (Tabelle 5.3) dargestellt.

Die Fruchtfolge des Betriebs zeigt Tabelle 5.1. Zwischen Winterung und Sommerung werden insgesamt 30 ha mit Zwischenfrüchten bestellt (grüne Flächen). Damit sind die Greening-Auflagen im Hinblick auf die sogenannten „Ökologischen Vorrangflächen“ erfüllt, ebenso die Greening-Auflagen zur Anbaudiversifizierung.

Düngebedarfsermittlung

Die Erträge des Beispielbetriebs liegen in etwa auf dem Niveau der Kalkulationsdaten der Düngeverordnung (Anlage 4 Tabelle 2). Aus Ertragsdifferenzen sich ergebende Unterschiede im N-Bedarf werden interpoliert, d. h. auch bei geringen Unterschieden zwischen den Standards und den betrieblichen Werten findet eine Anpassung des Düngebedarfs statt. Der pflanzenverfügbare Stickstoff (N_{min}) wird auf allen Ackerflächen vor Vegetationsbeginn erfasst, d. h. gemessen bzw. aus aktuellen Empfehlungen der betreffenden Landesbehörde übernommen. Da der Betrieb keinen organischen Dünger einsetzt, ergibt sich auch aus den vergangenen Jahren diesbezüglich keine Nachlieferung. Für den Winterweizen ist eine N-Nachlieferung aus dem vorjährigen Rapsanbau zu berücksichtigen, im Fall von Sommergerste und Körnermais wird die Mineralisierung des Stickstoffs aus den üppigen Leguminosen-Gründungsbeständen mit 40 bzw. 30 kg N/ha berücksichtigt (Kapitel 3.5).

Düngung

Der Betrieb setzt ausschließlich Mineraldünger ein.

Nährstoffvergleich

Stickstoff: Aus Tabelle 5.2 ergibt sich, dass, bezogen auf die einzelne Kultur, der künftig geltende N-Kontrollwert von 50 kg N/ha und Jahr bei allen Kulturen unterschritten wird. Bei Futterweizenproduktion liegt der Saldo bei 30 kg N/ha und Jahr. Wird das Weizenstroh von 30 ha abgefahren, reduziert sich der Saldo weiter auf 21 kg N/ha und Jahr.

Abbildung 5.1: Die Abfolge von Düngebedarfsermittlung, Düngungsmaßnahmen und Nährstoffvergleich am Beispiel der Sommerung 2018 (Klages, 2018a)

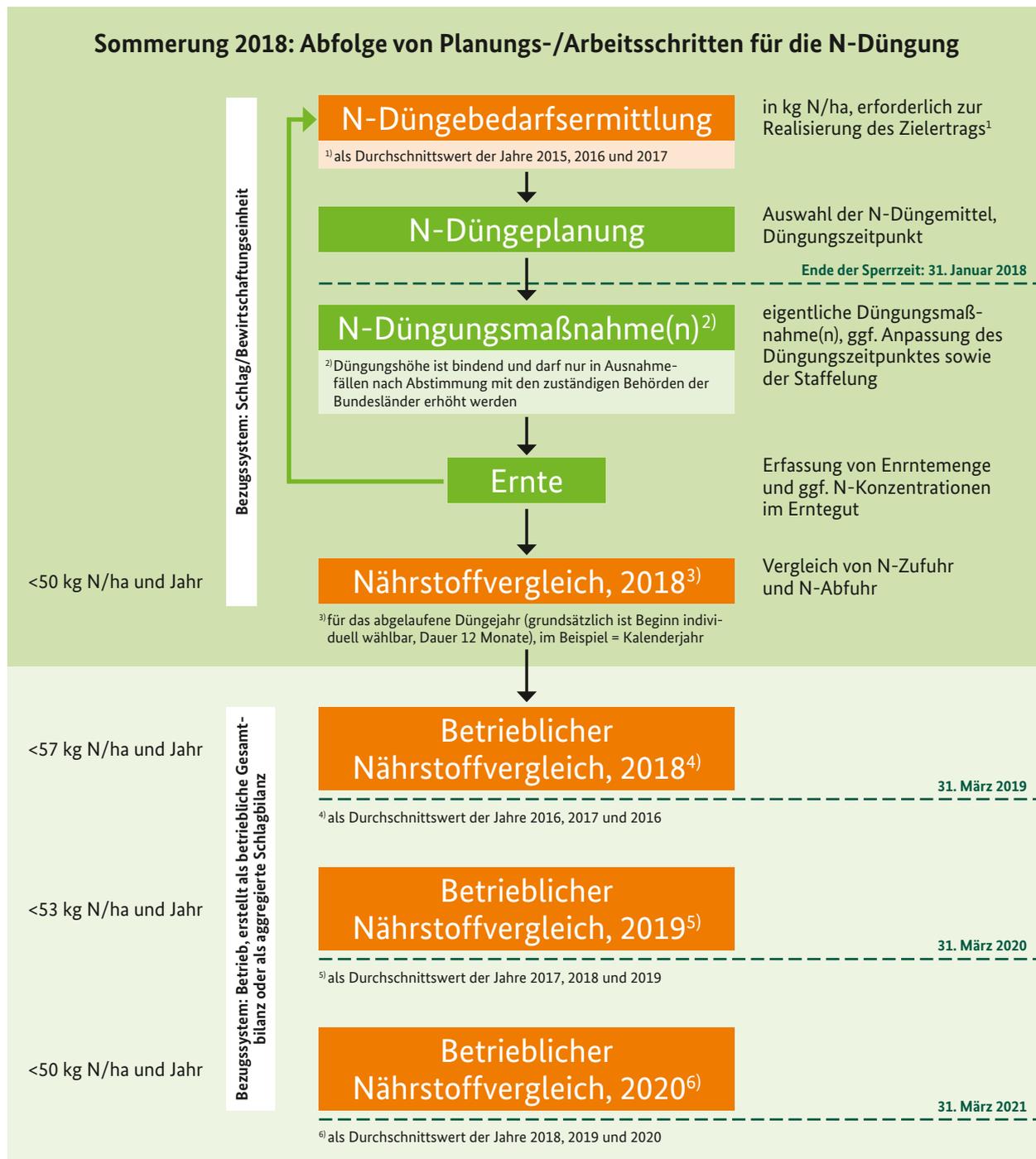


Tabelle 5.1: Fruchtfolgeschema des Ackerbaubetriebs, inklusive Zwischenfruchtanbau

Hektar	15	15	15	15	15	15	15
1. Jahr	W-Weizen	W-Weizen	So-Gerste	W-Gerste	Hafer	Kö-Mais	W-Raps
2. Jahr	Hafer	W-Gerste	W-Raps	W-Weizen	Kö-Mais	W-Weizen	So-Gerste
3. Jahr	W-Raps	Kö-Mais	W-Weizen	Hafer	W-Gerste	So-Gerste	W-Weizen

■ Zwischenfruchtanbau auf 30 ha
 ■ Sommerung
 ■ Winterung

Tabelle 5.2: Düngebedarf, Düngung und Nährstoffvergleich für Stickstoff am Beispiel eines Ackerbaubetriebs mit ausschließlich Mineraldüngung

Kultur	A-Futterweizen (WW)	E-Qualitätsweizen (WW)	Wintergerste	Sommergerste	Hafer	Körnermais	Winterraps
Anbauumfang (ha)	30		15	15	15	15	15
Ertragsniveau grunds. im Durchschnitt der letzten 3 Jahre (dt/ha)	70	70	62	59	51	94	35

N-Düngebedarfsermittlung

N-Bedarfswert (kg N/ha)	230	260	180	140	130	200	200
Ertragsniveau (dt/ha)	80	80	70	50	55	90	40
Ertragsdifferenz (dt/ha)	-10	-10	-8	9	-5	4	-5
Zu- und Abschläge für							
im Boden verfügbare N-Menge (N _{min} , in kg N/ha)	-30	-30	-35	-33	-33	-20	-49
Ertragsdifferenz (kg N/ha)	-15	-15	-12	9	-7	4	-15
Vorfrucht bzw. Vorkultur (kg N/ha)	-10	-10	0	-40	0	-30	0
N-Düngebedarf während der Vegetation (kg N/ha)	175	205	133	76	90	154	136

N-Düngung

N-Mineraldünger (kg N/ha)	175	205	133	76	90	154	136
---------------------------	-----	-----	-----	----	----	-----	-----

Jährlicher betrieblicher Nährstoffvergleich

N-Zufuhr							
Mineralische Düngemittel (kg N/ha)	175	205	133	76	90	154	136
N-Bindung durch Leguminosen (kg N/ha)	0	0	0	40	0	30	0
Summe N-Zufuhr (kg N/ha)	175	205	133	116	90	184	136
N-Abfuhr							
Rohproteingehalt (% RP)	12	16	13	11	11	10	23 i.d.TM
Haupternteerzeugnisse (kg N/dt FM)	1,81	2,41	1,79	1,51	1,51	1,51	3,35
Nebenernteerzeugnisse (Stroh) (kg N/dt FM)	0,5						
Erntemenge (dt/ha)	75	75	62	60	50	90	35
Nebenernteerzeugnismenge (Stroh) (dt/ha)	60						
Abfuhr Haupternteerzeugnis (kg N/ha)	136	181	111	91	76	136	117
Abfuhr Nebenernteerzeugnis (Stroh) (kg N/ha)	30						
Summe N-Abfuhr (kg N/ha)	166	181	111	91	76	136	117
N-Saldo/ha (ohne Strohabfuhr) (kg N/ha)	9	24	22	26	15	48	19
N-Saldo/Bewirtschaftungseinheit (kg N/Bew.einheit)	264	714	337	386	221	722	281

N-Saldo/Betrieb bei unterschiedlichen Szenarien

bei Futterweizenproduktion ohne Strohabfuhr	3.111 kg N bzw. 30 kg N/ha
bei Futterweizenproduktion mit Strohabfuhr	2.211 kg N bzw. 21 kg N/ha
bei Qualitätsweizenproduktion ohne Strohabfuhr	2.661 kg N bzw. 25 kg N/ha
bei Qualitätsweizendüngung und Futterweizenproduktion ohne Strohabfuhr	4.011 kg N bzw. 38 kg N/ha

Wird Qualitätsweizen angebaut (Spalte in grauer Schrift), entsprechend gedüngt und wird dann die Ertragsersparnis erfüllt, so errechnet sich ein noch geringerer Saldo mit 25 kg N/ha und Jahr, da der höheren N-Düngung eine entsprechende Abfuhr über die hohen Rohproteingehalte des Backweizens gegenübersteht. Kann allerdings z. B. aufgrund ungünstiger Wetterbedingungen nicht Qualitäts- sondern nur Futterweizen erzeugt werden, erhöht dies den Saldo im betrieblichen Durchschnitt auf 38 kg N/ha und Jahr. Auch wenn die Ertragsersparnis mengenmäßig nicht erfüllt wird, ergibt sich daraus ein höherer N-Saldo.

Phosphor: Tabelle 5.3 zeigt die Kalkulation der P-Ausgleichsdüngung, d. h. der P-Düngungshöhe, welche dem Erhalt der

jeweiligen P-Versorgungsstufe dient, für denselben Betrieb. Es wird zunächst davon ausgegangen, dass alle Flächen des Betriebs im mittleren Versorgungsbereich „C“ liegen. Auf der Basis der P-Abfuhr über die Ernteprodukte kann in diesem Fall der P-Düngebedarf kalkuliert werden. Er liegt für den Gesamtbetrieb bei 5.889 kg P₂O₅ bzw. 56 kg P₂O₅/ha – sofern das Weizenstroh abgefahren wird, noch etwas höher. Als Ausgleichsdüngung ergibt sich aus dieser Betrachtung ein Bedarf von 60 kg P₂O₅/ha und Jahr, wobei die P-Gaben für drei Jahre zusammengefasst werden können (Düngeverordnung § 3 Absatz 6), zu dann 180 kg P₂O₅/ha. Unter Berücksichtigung einer P-Ausgleichsdüngung in dieser Höhe ergibt sich somit ein ausgeglichener P-Saldo. Befinden sich Flächen des Betriebs unterhalb des Versorgungsoptimums nach

Tabelle 5.3: Kalkulation der Ausgleichsdüngung für Phosphor am Beispiel eines Ackerbaubetriebs mit ausschließlich Mineraldüngung

Kultur	A-Futterweizen (WW)	E-Qualitätsweizen (WW)	Wintergerste	Sommergerste	Hafer	Körnermais	Winterraps
Anbauumfang (ha)	30		15	15	15	15	15
Ertragsniveau grunds. im Durchschnitt der letzten 3 Jahre (dt/ha)	70	70	62	59	51	94	35

Jährliche P-Abfuhr durch das Erntegut

Haupternteprodukte (kg P ₂ O ₅ /dt FM)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,8
Nebenernteprodukte (kg P ₂ O ₅ /dt FM)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,4
Erntemenge (dt/ha)	75	75	62	60	50	90	35
Nebenernteproduktmenge (dt/ha)	60						
Abfuhr Haupternteprodukt (kg P ₂ O ₅ /ha)	60	60	49,6	48	40	72	63
Abfuhr Nebenernteprodukt (kg P ₂ O ₅ /ha)	18						
Summe P-Abfuhr (kg P₂O₅/ha)	78	60	49,6	48	40	72	63
Summe P-Abfuhr/Bew.einheit (kg P₂O₅/Bew.einheit)	-2.340	-1.800	-744	-720	-600	-1.080	-945

P-Abfuhr durch das Erntegut bei unterschiedlichen Szenarien

bei Weizenproduktion -5.889 kg P₂O₅ bzw. -56 kg P₂O₅/ha
 bei Weizenproduktion mit Strohabfuhr -6.429 kg P₂O₅ bzw. -61 kg P₂O₅/ha

Jährliche P-Zufuhr durch Düngung

Zufuhr P-Mineraldünger (kg P ₂ O ₅ /ha)	60	60	60	60	60	60	60
Summe P-Zufuhr/ Bew.einheit (kg P₂O/Bew.einheit)	1.800	1.800	900	900	900	900	900

P-Saldo

P-Saldo /ha (kg P₂O₅/ha)	-18	0	10,4	12	20	-12	-3
P-Saldo/Bew.einheit (kg P₂O₅/Bew.einheit)	-540	0	156	180	300	-180	-45

P-Saldo/Betrieb bei unterschiedlichen Szenarien

bei Weizenproduktion 411 kg P₂O₅ bzw. 4 kg P₂O₅/ha
 bei Weizenproduktion mit Strohabfuhr -129 kg P₂O₅ bzw. -1 kg P₂O₅/ha

⁷ D.h. unterhalb eines Bodengehaltes von 20 Milligramm P₂O₅ je 100 Gramm Boden nach dem Calcium-Acetat-Lactat-Extraktionsverfahren (CAL-Methode), 25 Milligramm P₂O₅ je 100 Gramm Boden nach dem Doppel-Lactat-Verfahren (DL-Methode) oder 3,6 Milligramm P₂O₅ je 100 Gramm Boden nach dem Elektro-Ultrafiltrationsverfahren (EUF-Verfahren).

Düngeverordnung⁷, kann das Niveau der Ausgleichsdüngung angehoben werden. Allerdings nur um 10 kg P₂O₅/ha und Jahr im betrieblichen und mehrjährigen Durchschnitt, im Rahmen der Fruchtfolge. In diesem Fall, unter Zugrundelegung einer Fruchtfolge über drei Jahre, kann also maximal 210 g P₂O₅/ha pro Gabe appliziert werden.

Variante 5.1.1: Einsatz von Schweinegülle

Stickstoff: In dieser Variante verwertet der Betrieb regelmäßig auf 45 ha seiner Fläche Schweinegülle aus einem Nachbarbetrieb (Tabellen 5.5 und 5.6). Dabei werden 120 kg N/ha und Jahr zu Weizen und 170 kg N/ha und Jahr zu Mais aufgebracht. Maßgeblich für die Erfassung der mit der Schweinegülle aufgebrauchten N- (und P-)Mengen sind die nach Düngemittelverordnung gekennzeichneten Nährstoffkonzentrationen! In grauer Schrift sind in der Tabelle 5.5 auch die jeweils von den Tieren ausgeschiedenen N-Mengen aufgeführt.

Jeweils 10 % der ausgebrachten N-Frachten muss als N-Nachlieferung aus der Vorjahresdüngung im Folgejahr berücksichtigt werden. Im Anwendungsjahr sollen mindestens 60 % als pflanzenverfügbar angerechnet werden, d. h. 72 bzw. 102 kg N/ha und Jahr. Für die Differenz zur Erreichung des Düngebedarfs wird Mineraldünger eingesetzt.

Im Nährstoffvergleich soll der ausgeschiedene Stickstoff in der Schweinegülle zu mindestens 70 % berücksichtigt werden, d. h. höchstens 30 % der N-Ausscheidungen können als Stall-, Lagerungs- und Aufbringungsverluste von den Ausscheidungen abgezogen werden.

Allerdings kennt der aufnehmende Betrieb bei der überbetrieblichen Verwertung von Wirtschaftsdünger nur den deklarierten N-Gehalt; die Stall- und Lagerungsverluste sind hier bereits berücksichtigt. Werden die zulässigen Aufbringungsverluste nach Anlage 2 der Düngeverordnung auf die aufgebrauchte N-Menge bezogen, ergeben sich die in Tabelle 5.4 gelisteten Mindestwerte für Stickstoff. Dieser beträgt für Schweinegülle mindestens 87,5 %, d. h. bezogen vom deklarierten N-Gehalt darf der Aufbringungsverlust mit maximal 12,5 % berücksichtigt werden (Tabelle 5.4).

In Variante 5.1.1 beträgt der N-Saldo 40 kg N/ha und Jahr, sofern der Betrieb 30 ha Futterweizen erzeugt bzw. 36 kg N/ha und Jahr bei Qualitätsweizenproduktion. Wird das Stroh bei der Futterweizenproduktion vom Feld abtransportiert, so verringert sich der Saldo auf 31 kg N/ha und Jahr. Wird auf das Niveau eines Qualitätsweizens gedüngt, aufgrund der Witterung jedoch nur Futterweizen produziert, so beträgt der Saldo 48 kg N/ha und Jahr, da die N-Gabe nicht in Weizenqualität umgesetzt werden konnte.

Phosphor: Im Vergleich zur reinen Mineraldüngervariante hat sich der P-Bedarf über eine Ausgleichsdüngung stark vermindert, da die Gülle als organischer Mehrnährstoffdünger

Tabelle 5.4: Anzurechnende Mindestwerte für Stickstoff in Prozent der aufgebrauchten N-Mengen mit Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft und Gärresten (nach Anlage 2 Düngeverordnung, verrechnet)

Tierart/ Verfahren	Gülle, Gär- rückstände	Gülle, Gär- rückstände ab 2020	Festmist, Jauhe, Weidehaltung
Rinder	82,4	88,2	85,7
Schweine	87,5	93,8	85,7
Geflügel			83,3
andere Tierarten (z. B. Pferde, Schafe)			90,9
Betrieb einer Biogasanlage	89,5	89,5	

nun zur Versorgung der Pflanze mit Phosphor beiträgt. Mit einer mineralischen Ergänzung der organischen Düngung von 30 kg P₂O₅/ha und Jahr wird ein ausgeglichener Phosphorsaldo erreicht. Dabei kann diese mineralische Erhaltungsdüngung mit 90 kg P₂O₅ (im Rahmen der dreijährigen Fruchtfolge) durchgeführt werden.

Variante 5.1.2: Einsatz von Gärresten (ohne tabellarische Darstellung)

Stickstoff: Wird anstelle der Schweinegülle ein Gärrest als organischer Dünger in der gleichen Aufbringungsmenge für Stickstoff eingesetzt, errechnen sich höhere N-Salden, da nach Anlage 3 der Düngeverordnung die Mindestwirksamkeit im Jahr des Aufbringens nur 50 % des Gesamt-N-Gehalts beträgt, anstelle von 60 % wie für die Schweinegülle und daher entsprechend höhere mineralische N-Gaben erforderlich sind. Der Saldo bei der Futterweizenproduktion beträgt unter sonst gleichen Bedingungen nun 50 kg N/ha und Jahr, bei Strohabfuhr 41 kg N/ha und Jahr und bei Qualitätsweizenproduktion 46 kg N/ha und Jahr. Wird auf Qualitätsweizen gedüngt, jedoch nur die gleiche Menge an Futterweizen geerntet, so errechnet sich in diesem Fall ein Saldo von 59 kg N/ha und Jahr, noch höher fällt der Saldo bei niedrigerer Erntemenge aus. Allerdings kann (z. B. bei regelmäßig wiederkehrender organischer Düngung) mit einer höheren N-Nachlieferung aus der organischen Düngung kalkuliert werden, womit Stickstoff aus Mineraldünger eingespart werden kann (Kapitel 3.4).

Phosphor: Eingesetzt wurde in diesem Beispiel nach KTBL (2015) ein Gärrest aus nachwachsenden Rohstoffen mit einem N:P₂O₅-Verhältnis von 170:71. Damit errechnet sich eine gesamtbetriebliche P-Zufuhr aus dem Gärrest von 24 kg P₂O₅/ha und Jahr. Mit einer mineralischen Ergänzung der Erhaltungsdüngung von ca. 35 kg P₂O₅/ha und Jahr bzw. 105 kg P₂O₅/ha im dreijährigen Turnus wird im Betrieb eine ausgeglichene P-Bilanz erreicht.

Tabelle 5.5: Düngebedarf, Düngung und Nährstoffvergleich für Stickstoff am Beispiel eines Ackerbaubetriebs bei Düngung mit Schweinegülle und Mineraldüngung

Kultur	A-Futterweizen (WW)	E-Qualitätsweizen (WW)	Wintergerste	Sommergerste	Hafer	Körnermais	Winterraps
Anbauumfang (ha)	30		15	15	15	15	15
Ertragsniveau grunds. im Durchschnitt der letzten 3 Jahre (dt/ha)	70	70	62	59	51	94	35

N-Düngebedarfsermittlung

N-Bedarfswert (kg N/ha)	230	260	180	140	130	200	200
Ertragsniveau (dt/ha)	80	80	70	50	55	90	40
Ertragsdifferenz (dt/ha)	-10	-10	-8	9	-5	4	-5

Zu- und Abschläge für

im Boden verfügbare N-Menge (N _{min} , in kg N/ha)	-30	-30	-35	-33	-33	-20	-49
Ertragsdifferenz (kg N/ha)	-15	-15	-12	9	-7	4	-15
N-Nachlieferung aus der organischen Düngung der Vorjahre (10 % d. im Vorjahr aufgebrauchten N-Fracht)	0	0	-12	-17	-12	0	0
Vorfrucht bzw. Vorkultur (kg N/ha)	-10	-10	0	-40	0	-30	0
N-Düngebedarf während der Vegetation (kg N/ha)	175	205	121	59	78	154	136

N-Düngung

Schweinegülle (N ausgeschieden) (kg N/ha)	150	150	0	0	0	212	0
Die Deklaration nach DüMV ist ausschlaggebend für die Berechnung der N-Fracht (kg N/ha)	120	120	0	0	0	170	0
im Anwendungsjahr verfügbar (60 %; kg N/ha)	72	72	0	0	0	102	0
N-Mineraldünger (kg N/ha)	103	133	121	59	78	52	136

Jährlicher betrieblicher Nährstoffvergleich

N-Zufuhr							
Mineralische Düngemittel (kg N/ha)	103	133	125	59	81	52	141
Schweinegülle; aufgebrauchte N-Fracht nach gekennzeichnetem N-Gehalt nach DüMV abzüglich Aufbringungsverlusten von 12,5 % (kg N/ha)	105	105	0	0	0	148	0
N-Bindung durch Leguminosen (kg N/ha)	0	0	0	40	0	30	0
Summe N-Zufuhr (kg N/ha)	208	238	121	99	78	231	136

Variante 5.1.3: Komposteinsatz (ohne tabellarische Darstellung)

Stickstoff: Bei dieser Variante wird jährlich wechselnd auf 15 ha Bioabfallkompost mit 510 kg N/ha eingesetzt. Die N-Verfügbarkeit wird nach Düngeverordnung (Anlage 3) mit nur 5 % im Anwendungsjahr, im ersten Folgejahr mit 4 % und in den beiden darauffolgenden Jahren noch mit mindestens je 3 % angegeben (§ 4 Absatz 1 Nummer 5). Aufgrund dieser ge-

ringen Mindestanrechnung bei der N-Wirkung ist ergänzend ein recht hoher mineralischer N-Düngebedarf vorhanden. Beide Faktoren würden zu einem hohen N-Saldo von annähernd 100 kg N/ha und Jahr führen. Von Seiten der Bundesländer wurde für den Vollzug in diesem Zusammenhang vorgeschlagen, dass bei der Anwendung von Kompost die nach Landesrecht zuständigen Stellen bei den Nährstoffvergleichen im Rahmen ihrer Ermächtigung nach § 8 Absatz 5 die

Fortsetzung Tabelle 5.5

Kultur	A-Futterweizen (WW)	E-Qualitätsweizen (WW)	Wintergerste	Sommergerste	Hafer	Körnermais	Winterraps
Anbauumfang (ha)	30		15	15	15	15	15
Ertragsniveau grunds. im Durchschnitt der letzten 3 Jahre (dt/ha)	70	70	62	59	51	94	35
N-Abfuhr							
Rohproteingehalt (% RP)	12	16	13	11	11	10	23 i.d.TM
Haupternteerzeugnisse (kg N/dt FM)	1,81	2,41	1,79	1,51	1,51	1,51	3,35
Nebenernteerzeugnisse (Stroh) (kg N/dt FM)	0,5						
Erntemenge (dt/ha)	75	75	62	60	50	90	35
Nebenernteerzeugnismenge (Stroh) (dt/ha)	60						
Abfuhr Haupternteerzeugnis (kg N/ha)	136	181	111	91	76	136	117
Abfuhr Nebenernteerzeugnis (kg N/ha)	30						
Summe N-Abfuhr (kg N/ha)	166	181	111	91	76	136	117
N-Saldo/ha (ohne Strohabfuhr) (kg N/ha)	42	57	10	9	3	95	19
N-Saldo/Bewirtschaftungseinheit (kg N/Bew.einheit)	1.268	1.718	215	131	75	1.421	350

N-Saldo/Betrieb bei unterschiedlichen Szenarien

bei Futterweizenproduktion ohne Strohabfuhr	4.185 kg N bzw. 40 kg N/ha
bei Futterweizenproduktion mit Strohabfuhr	3.285 kg N bzw. 31 kg N/ha
bei Qualitätsweizenproduktion ohne Strohabfuhr	3.735 kg N bzw. 36 kg N/ha
bei Qualitätsweizendüngung und Futterweizenproduktion ohne Strohabfuhr	5.085 kg N bzw. 48 kg N/ha

Anrechnung der Gesamt-N-Fracht einzelbetrieblich bis auf 30 % reduzieren können. In diesem Fall können auch bei moderater Kompostanwendung Salden unter dem Kontrollwert von 50 kg N/ha und Jahr erreicht werden.

Allerdings ist insbesondere bei wiederkehrender Anwendung organischer Düngemittel davon auszugehen, dass mit der Zeit höhere N-Mengen aus dem Bodenvorrat mineralisiert und pflanzenverfügbar werden, sodass die nach Düngeverordnung vorgegebene Mindestanrechnungsquote von insgesamt 15 % (5 % im Anwendungsjahr, 4 % im ersten Folgejahr, 3 % im zweiten Folgejahr und 3 % im dritten Folgejahr) dann individuell nach oben korrigiert werden sollte. Mit dieser N-Nachlieferung ist erst bei höheren Bodentemperaturen zu rechnen, wie sie meist erst im Frühsommer erreicht werden. Dann aber können deutlich größere Prozentsätze als hier angegeben mineralisiert werden (Kapitel 3.4).

Phosphor: Der applizierte Kompost besitzt ein N:P₂O₅-Verhältnis von ca. 2:1, d. h. es ist recht eng. Dies hat zur Folge, dass der mineralische P-Düngebedarf mit 25 kg P₂O₅/ha und Jahr niedrig ist und somit eine Erhaltungsdüngung im dreijährigen Turnus von 75 kg P₂O₅/ha ausreichend ist.

Schlussfolgerungen Ackerbaubetrieb

Der in den hier vorgestellten Berechnungen definierte Ackerbaubetrieb verfügt über keine betriebseigenen Düngemittel. Schon aus rein ökonomischen Gründen wird die Betriebsleitung daher großen Wert auf den effizienten Nährstoffeinsatz legen. Maßnahmen, welche dies unterstützen, sind die Wahl standortangepasster Sorten, die Optimierung der Mineraldüngerverteilung (gleichmäßig in der Fläche (Kapitel 3.12), teilflächenspezifisch (Kapitel 3.13) bzw. unter Fuß (Kapitel 3.11 und 4.1)) und der verwendeten Mineraldüngerformen (z. B. Einsatz von Nitrifikations- und Ureaseinhibitoren zu N-Düngern (Kapitel 3.10), aufgeschlossene P-Dünger (Kapitel 4.1) sowie die Nutzung der Feldberegnung (Kapitel 3.15)). Von Bedeutung ist außerdem ein sorgfältiges Monitoring des Nährstoffangebots (Boden-N_{min} (Kapitel 3.2), P-Bodengehaltsklasse (Kapitel 2.2)) und des Nährstoffbedarfs (N-Versorgung der Pflanze (Kapitel 3.8)).

Die Tabelle 5.7 gibt einen Überblick über die vorgestellten Varianten und die jeweils nach Düngeverordnung errechneten N-Salden. Das Beispiel zeigt, dass der N-Kontrollwert der Düngeverordnung nur bei bedarfsgerechter, sorgfältig bemessener Düngung eingehalten werden kann. Das Beispiel

Tabelle 5.6: Kalkulation der Ausgleichsdüngung für Phosphor am Beispiel eines Ackerbaubetriebs bei Anwendung von Schweinegülle und Mineraldünger

Kultur	A-Futterweizen (WW)	E-Qualitätsweizen (WW)	Wintergerste	Sommergerste	Hafer	Körnermais	Winterraps
Anbauumfang (ha)	30		15	15	15	15	15
Ertragsniveau grunds. im Durchschnitt der letzten 3 Jahre (dt/ha)	70	70	62	59	51	94	35

Jährliche P-Abfuhr durch das Erntegut

Haupternteprodukte (kg P ₂ O ₅ /dt FM)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,8
Nebenernteprodukte (kg P ₂ O ₅ /dt FM)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,4
Erntemenge (dt/ha)	75	75	62	60	50	90	35
Nebenernteproduktmenge (dt/ha)	60						
Abfuhr Haupternteprodukt (kg P ₂ O ₅ /ha)	60	60	49,6	48	40	72	63
Abfuhr Nebenernteprodukt (kg P ₂ O ₅ /ha)	18						
Summe P-Abfuhr (kg P₂O₅/ha)	78	60	49,6	48	40	72	63
Summe P-Abfuhr/Bew.einheit (kg P₂O₅/Bew.einheit)	-2.340	-1.800	-744	-720	-600	-1.080	-945

P-Abfuhr durch das Erntegut bei unterschiedlichen Szenarien

bei Weizenproduktion -5.889 kg P₂O₅ bzw. -56 kg P₂O₅/ha
bei Weizenproduktion mit Strohabfuhr -6.429 kg P₂O₅ bzw. 61 kg P₂O₅/ha

Jährliche P-Zufuhr durch Düngung

P-Zufuhr aus Schweinegülle (kg P ₂ O ₅ /ha)	64	64	0	0	0	85	0
P-Zufuhr durch Mineraldünger (kg P ₂ O ₅ /ha)	30	30	30	30	30	30	30
Summe P-Zufuhr (kg P₂O₅/ha)	94	94	30	30	30	115	30
Summe P-Zufuhr/Bew.einheit (kg P₂O₅/Bew.einheit)	2.820	0	450	450	450	1.725	450

P-Saldo

P-Saldo/ha (kg P ₂ O ₅ /ha)	16	34	-19,6	-18	-10	43	-33
P-Saldo/Bew.einheit (kg P₂O₅/Bew.einheit)	480	1.020	-294	-270	-150	645	-495

P-Saldo/Betrieb bei unterschiedlichen Szenarien

bei Weizenproduktion 456 kg P₂O₅ bzw. 4 kg P₂O₅/ha
bei Weizenproduktion mit Strohabfuhr -84 kg P₂O₅ bzw. -1 kg P₂O₅/ha

Gärrestverwertung zeigt jedoch, dass auch eine Überschreitung recht schnell auftreten kann, z. B. wenn sich qualitative oder quantitative Ertragserwartungen nicht erfüllen. Über die Strohabfuhr kann in solchen Fällen der Saldo nach unten korrigiert werden. Bei der Kompostverwertung kann im Nährstoffvergleich der N-Kontrollwert unter der Bedingung, dass eine nur 30-prozentige Anrechnung der N-Frachten erfolgt, eingehalten werden.

Werden organische Dünger eingesetzt, besteht die Herausforderung in der zutreffenden Einordnung der auf diese Weise zugeführten Nährstofffrachten. Eine Deklaration zu-

gekaufter organischer Dünger einschließlich Wirtschaftsdünger ist gesetzlich vorgeschrieben und sollte daher auch eingefordert werden. Bei regelmäßig wiederkehrender Anwendung von organischen Düngern sollte versucht werden, die N-Nachlieferung realistisch einzuordnen. Außerdem sollte standortabhängig eine über den Mindestwerten der Düngerverordnung (Anlage 3) liegende N-Nachlieferungsquote berücksichtigt werden. Dadurch wird mineralischer Stickstoff eingespart und die N-Effizienz der pflanzlichen Produktion erhöht.

Tabelle 5.7: N-Salden eines Ackerbau-Beispielbetriebs bei unterschiedlichen Dünge- und Bewirtschaftungsvarianten (kg N/ha)

Variante	5.1	5.2	5.3	5.4
	Mineraldünger	Gülle	Gärrest	Kompost
N _{ges} aufgebracht	144	152	158	193
Futterweizenproduktion	30	40	50	38
Futterweizenproduktion mit Strohabfuhr	21	31	41	29
Qualitätsweizenproduktion	25	36	46	33
Qualitätsweizendüngung und Futterweizenproduktion	38	48	59	46

5.2 Gemüsebaubetrieb

Der 90 ha-Feldgemüsebaubetrieb baut im Rahmen einer dreigliedrigen Fruchtfolge 30 ha Braugerste, 30 ha Hartweizen und 30 ha Feldgemüse an:

- 1 ha als Kulturfolge von Kopfsalat – Eissalat und Endivien, wobei jede Kultur satzweise angebaut wird,
- 5 ha Porree
- 4 ha Speisezwiebeln (braun, Industrieware)
- 5 ha Bundmöhren mit Vliesabdeckung zur Ernteverfrüherung, als Zweitkultur Chinakohl
- 15 ha Weißkohl (Industrieware)

Die Fruchtfolge des Betriebs zeigt Tabelle 5.8. Nach dem Winterweizenanbau werden auf insgesamt 30 ha der Fläche Zwischenfrüchte angebaut. Gegebenenfalls wird die Zwischenfrucht bereits als Untersaat im Weizenbestand angelegt (grüne Flächen). Damit sind die Greening-Auflagen im Hinblick auf die Ökologischen Vorrangflächen erfüllt, ebenso die Greening-Auflagen zur Anbaudiversifizierung.

Tabelle 5.9 beschreibt für den skizzierten Gemüsebaubetrieb die Düngebedarfsermittlung, die Düngung und den Nährstoffvergleich für Stickstoff bei ausschließlicher Mineraldüngung. In Tabelle 5.10 ist die Kalkulation der P-Ausgleichsdüngung für denselben Betrieb dargestellt.

Düngebedarfsermittlung

Für die Gemüsekulturen werden Zu- und Abschläge zum N-Düngebedarf aufgrund des betrieblich abweichenden Ertragsniveaus von den Kalkulationswerten der Düngeverordnung (Anlage 4 Tabelle 4) nur stufenweise, nach Erreichen eines Mehr- oder Minderertrags von 20 %, berücksichtigt. Der aktuell pflanzenverfügbare Stickstoff (N_{min}) wird auf allen Ackerflächen vor Vegetationsbeginn, auf den Gemüseanbauflächen in der Regel vor Kulturbeginn ermittelt. Abweichend davon wird der N_{min}-Wert beim Anbau von Möhren in der vierten Kulturwoche und von Speisezwiebeln in der sechsten Kulturwoche für die Düngebedarfsermittlung benötigt. Beim satzweisen Anbau von Kopfsalat erfolgt die Düngebedarfsermittlung im Abstand von längstens sechs Wochen bis zu drei Mal. Bei satzweisem Anbau von Eissalat, Endivien und bei der Zweitkultur Chinakohl wird zeitnah zum jeweiligen Pflanz- bzw. Saattermin die Düngebedarfsermittlung unter Berücksichtigung der mit Bodenproben ermittelten N_{min}-Werte erneut durchgeführt.

Beim Chinakohl sowie beim Eissalat und Endivienanbau werden Abschläge auf den aktuellen Düngebedarf aufgrund der N-Nachlieferung aus der Vorkultur nach Anlage 4 Tabelle 4 Spalte 5 der Düngeverordnung berücksichtigt.

Satzweiser Anbau

Beim satzweisen Anbau von Gemüsekulturen handelt es sich um den zeitlich gestaffelten Anbau einer Kultur, um einen langen Erntezeitraum zu sichern. In wöchentlichem Abstand, zweimal in der Woche oder auch in 14-tägigem Abstand wird die Fläche sukzessive bepflanzt. Erfolgt diese sukzessive Bepflanzung über einen Zeitraum von 20 Wochen, so sind hierfür drei Düngebedarfsermittlungen im Abstand von sechs Wochen durchzuführen. Im Gemüsebau werden innerhalb eines Jahres oft zwei oder drei verschiedene Kulturen mit entsprechend kurzen Kulturzeiten nacheinander auf der gleichen Fläche angebaut. Für die zweite oder dritte Gemüsekultur innerhalb eines Jahres ist für den N_{min}-Wert im Rahmen der Düngebedarfsermittlung jeweils eine Untersuchung mittels Bodenprobe zwingend vorgeschrieben.

Tabelle 5.8: Fruchtfolgeschema des Gemüsebaubetriebs, inklusive Zwischenfruchtanbau

Hektar	30	1	5	4	Frühjahr 10	Sommer 10	10	30
1. Jahr	Braugerste	Salat	Porree	Speisezwiebeln	Bundmöhren	Chinakohl	Kohl	W-Weizen
2. Jahr	Gemüse	W-Weizen	W-Weizen	W-Weizen	W-Weizen	W-Weizen	W-Weizen	Braugerste
3. Jahr	W-Weizen	Braugerste	Braugerste	Braugerste	Braugerste	Braugerste	Braugerste	Gemüse

■ Zwischenfruchtanbau, ggf. als Untersaat im Weizen ■ Sommerung ■ Winterung ■ Feldgemüsebau

Tabelle 5.9: Düngebedarf, Düngung und Nährstoffvergleich für Stickstoff am Beispiel eines Gemüsebaubetriebs mit ausschließlicher Mineraldüngung

Kultur	Braugerste	Salat	Salat	Salat	Porree	Speisezwiebeln	Bundmöhre	Chinakohl	Kohl	Weizen
Anbauumfang (ha)	30	1	1	1	5	4	5	5	15	30
Ertragsniveau grunds. im Durchschnitt der letzten 3 Jahre (dt/ha)	55	400	600	600	650	500	650	650	1.000	65

N-Düngebedarfsermittlung

N-Bedarfswert (kg N/ha)	140	150	175	190	250	155	115	210	320	200
Ertragsniveau (dt/ha)	50	500	600	600	600	600	600	700	1.000	55
Ertragsdifferenz (dt/ha)	5	-100	0	0	50	-100	50	-50	0	10

Zu- und Abschläge für

im Boden verfügbare N-Menge (N _{min}), in kg N/ha	-40	-30	-60	-60	-30	-40	-40	-20	-40	-50
Ertragsdifferenz (kg N/ha)	8	-20	0	0	0	0	0	0	0	10
Vorfrucht bzw. Vorkultur (kg N/ha)	0	0	-10	-15	0	0	0	-10	0	-10
Abdeckung m. Folie o. Vlies zur Ernteverfrüfung (kg N/ha)	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0
N-Düngebedarf während der Vegetation (kg N/ha)	108	120	105	115	220	115	75	180	280	150

N-Düngung

N-Mineraldünger (kg N/ha)	108	120	105	115	220	115	75	180	280	150
---------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----	-----	-----	-----

Jährlicher betrieblicher Nährstoffvergleich

N-Zufuhr										
Mineralische Düngemittel (kg N/ha)	108	120	105	115	220	115	75	180	280	150
N-Abfuhr										
Rohproteingehalt (% RP)	11									12
Haupternteerzeugnisse (kg N/dt FM)	1,38									1,81
Nebenernteerzeugnisse (kg N/dt FM)	0,5									0,5
Haupternteerzeugnisse (kg N/100 dt FM)		18	14	20	25	18	17	15	20	
Erntemenge (dt/ha)	55	400	600	650	650	500	520	650	1.000	65
N-Abfuhr Haupternteerzeugnisse (kg N/ha)	76	72	84	130	163	90	88	98	200	118
Unvermeidliche Verluste nach § 8 Abs. 5 (kg N/ha)		0	0	-60	-60	0	0	-60	-60	
N-Saldo/ha (kg N/ha)	32	48	21	-75	-3	25	-13	23	20	32
N-Saldo/Kultur (kg N/Kultur)	948	48	21	-75	-13	100	-67	113	300	971

N-Saldo/Betrieb (kg N/Betrieb) 2.346

N-Saldo/ha (kg N/ha) 26

Beim Weizenanbau wird aufgrund der Vorfrucht „Kohlge-müse“ ein Abschlag von 10 kg N/ha nach Anlage 4 Tabelle 7 angesetzt.

Düngung

Der Betrieb setzt ausschließlich Mineraldünger ein.

Nährstoffvergleich

Stickstoff: Gemüsebauspezifische „unvermeidliche Verluste“ nach § 8 Absatz 5 der Düngeverordnung in Höhe von 60 kg N/ha und Jahr können für die folgenden Kulturen angesetzt werden: Salat, Porree, Chinakohl und Weißkohl. Unter diesen Bedingungen liegt der gesamtbetriebliche Saldo bei nur 26 kg N/ha und Jahr. Der Saldo würde aber auch ohne

Tabelle 5.10: Kalkulation der Ausgleichsdüngung für Phosphor am Beispiel eines Gemüsebaubetriebs mit ausschließlicher Mineraldüngung

Kultur	Braugerste	Salat	Salat	Salat	Porree	Speisezwiebeln	Bundmöhre	Chinakohl	Kohl	Weizen
Anbauumfang (ha)	30	1	1	1	5	4	5	5	15	30
Ertragsniveau grunds. im Durchschnitt der letzten 3 Jahre (dt/ha)	55	400	600	600	650	500	650	650	1.000	65

Jährliche P-Abfuhr durch das Erntegut

Haupternteprodukte (kg P ₂ O ₅ /dt FM)	0,8									0,8
Nebenernteprodukte (kg P ₂ O ₅ /dt FM)	0,3									0,3
Haupternteprodukte (kg P ₂ O ₅ /100 dt FM)		6,9	5,7	6,0	8,0	8,0	8,2	9,2	7,3	
Erntemenge (dt/ha)	55	400	600	600	650	500	520	650	1.000	65
P-Abfuhr Haupternteprodukt (kg P₂O₅/ha)	44	28	34	36	52	40	43	60	73	52

Jährliche P-Abfuhr durch das Erntegut: 5.005 kg P₂O₅ bzw. -56 kg P₂O₅/ha

Jährliche P-Zufuhr durch die Düngung

P-Zufuhr Mineraldünger (kg P ₂ O ₅ /ha)	60	60			60	60	60		60	60
Summe P-Zufuhr/ Bew.einheit (kg P₂O₅/Bew.einheit)	1.800	60	0	0	300	240	300	0	900	1.800

Jährliche P-Zufuhr durch Düngung: 5.400 kg P₂O₅ bzw. 60 kg P₂O₅/ha

P-Saldo

P-Saldo/ha (kg P ₂ O ₅ /ha)	16	32	-34	-36	8	20	17	-60	-13	8
P-Saldo/Bew.einheit (kg P ₂ O ₅ /Bew.einheit)	480	32	-34	-36	40	80	87	-299	-195	240

P-Saldo/Betrieb (kg P₂O₅/Betrieb) 365

P-Saldo/ha (kg P₂O₅/ha) 4

Berücksichtigung dieser für einzelne Gemüsebaukulturen zusätzlich anrechenbaren Verluste nur 43 kg N/ha und Jahr betragen. Daraus kann gefolgert werden, dass die Basisdaten zur Kalkulation der Düngeplanung und des Nährstoffvergleichs im Gemüsebau relativ knapp bemessen sind und dass hohe N-Überschüsse häufig andere betriebliche Ursachen besitzen. Durch die Nutzung von N-Expert als speziell für den Gemüsebau entwickeltes EDV-Programm zur Düngebedarfs-ermittlung und Durchführung des Nährstoffvergleichs können Effizienzreserven genutzt werden (Kapitel 3.16).

Phosphor: Der Entzug pro Jahr beträgt fast 60 kg P₂O₅/ha und Jahr. Die P-Düngung kann über drei Jahre akkumuliert werden, sodass eine Erhaltungsdüngung mit 180 kg P₂O₅ im Rahmen der dreijährigen Fruchtfolge durchgeführt werden kann.

Variante 5.2.1: Einsatz von Grüngutkompost

Die Tabellen 5.11 und 5.12 zeigen für Stickstoff und Phosphor welche Veränderungen auftreten, wenn zur Verbesserung der Bodeneigenschaften ca. 10 m³/ha Grüngutkompost

(100 kg N/ha, auf ein Drittel der Betriebsfläche) erstmalig aufgebracht werden.

Stickstoff: Unter sonst vergleichbaren Bedingungen führt die Kompostgabe zu einer Erhöhung des N-Saldos auf Betriebsebene, da die Pflanzenverfügbarkeit des Kompost-N nur ca. 5 % beträgt und so nur wenig Mineraldünger im aktuellen Jahr substituiert werden kann.

Bei der Anwendung von Kompost können die nach Landesrecht zuständigen Stellen bei den Nährstoffvergleichen im Rahmen ihrer Ermächtigung nach § 8 Absatz 5 der Düngeverordnung die Anrechnung der Gesamt-N-Fracht einzelbetrieblich bis auf 30 % reduzieren. In diesem Fall kann auch bei praxisüblicher Kompostanwendung der N-Kontrollwert unterschritten werden. Der betriebliche N-Saldo beträgt für den Beispielbetrieb 34 kg N/ha und Jahr, unter Berücksichtigung des Abschlags von 60 kg N/ha für einige Gemüseanbauflächen. Der nach Düngeverordnung vorzulegende Nährstoffvergleich für Stickstoff basiert auf über drei Jahre gemittelten Werten. Dies kann zusätzlich eine nivellierende

Tabelle 5.11: Düngbedarf, Düngung und Nährstoffvergleich für Stickstoff am Beispiel eines Gemüsebaubetriebs mit Mineraldüngung bei erstmaligem Komposteinsatz

Kultur	Braugerste	Salat	Salat	Salat	Porree	Speisezwiebeln	Bundmöhre	Chinakohl	Kohl	Weizen	Phacelia
Anbauumfang (ha)	30	1	1	1	5	4	5	5	15	30	30
Ertragsniveau grunds. im Durchschnitt der letzten 3 Jahre (dt/ha)	55	400	600	600	650	500	650	650	1.000	65	n.b.

N-Düngbedarfsermittlung

N-Bedarfswert (kg N/ha)	140	150	175	190	250	155	115	210	320	200	40
Ertragsniveau (dt/ha)	50	500	600	600	600	600	600	700	1.000	55	n.b.
Ertragsdifferenz (dt/ha)	5	-100	0	0	50	-100	50	-50	0	10	

Zu- und Abschläge für

im Boden verfügbare N-Menge (N _{min})* in kg N/ha)	-40	-30	-60	-60	-30	-40	-40	-20	-40	-50	
Ertragsdifferenz (kg N/ha)	8	-20	0	0	0	0	0	0	0	10	
N-Nachlieferung aus der organischen Düngung der Vorjahre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vorfrucht bzw. Vorkultur (kg N/ha)	(-20)	0	-10	-15	0	0	0	-10	0	-10	-40
Abdeckung m. Folie o. Vlies zur Ernteverfrühung (kg N/ha)	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N-Düngbedarf während der Vegetation (kg N/ha)	78	120	105	115	220	115	75	180	280	150	0

N-Düngung

Kompost (kg N/ha)	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
im Anwendungsjahr verfügbar (5 %)	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N-Mineraldünger	73	120	105	115	220	115	75	180	280	150	0

Jährlicher betrieblicher Nährstoffvergleich

N-Zufuhr											
Mineralische Düngemittel (kg N/ha)	73	120	105	115	220	115	75	180	280	150	0
Kompost (kg N/ha)	30										
Summe N-Zufuhr (kg N/ha)	103	120	105	115	220	115	75	180	280	150	0
N-Abfuhr											
Rohproteingehalt (% RP)	11									12	
Haupternteerzeugnisse (kg N/dt FM)	1,38									1,81	
Nebenernteerzeugnisse (kg N/dt FM)	0,5									0,5	
Haupternteerzeugnisse (kg N/100 dt FM)		18	14	20	25	18	17	15	20		
Erntemenge (dt/ha)	55	400	600	650	650	500	520	650	1.000	65	
Summe N-Abfuhr Haupternteerzeugnisse (kg N/ha)	76	72	84	130	163	90	88	98	200	118	0
Unvermeidliche Verluste nach § 8 Abs. 5 (kg N/ha)		0	0	-60	-60	0	0	-60	-60		
N-Saldo/ha (kg N/ha)	97	48	21	-75	-3	25	-13	23	20	32	0
N-Saldo/Kultur (kg N/Kultur)	1.698	48	21	-75	-13	100	-67	113	300	971	0

N-Saldo/Betrieb (kg N/Betrieb) 3.096
N-Saldo/ha (kg N/ha) 34
N-Saldo/ha (kg N/ha) bei Berücksichtigung der N-Nachlieferung aus der Zwischenfrucht 28

n.b. = nicht benannt

Tabelle 5.12: Kalkulation der Ausgleichsdüngung für Phosphor am Beispiel eines Gemüsebaubetriebs mit Mineraldüngung bei erstmaligem Komposteinsatz

Kultur	Braugerste	Salat	Salat	Salat	Porree	Speisezwiebeln	Bundmöhre	Chinakohl	Kohl	Weizen	Phacelia
Anbauumfang (ha)	30	1	1	1	5	4	5	5	15	30	30
Ertragsniveau grunds. im Durchschnitt der letzten 3 Jahre (dt/ha)	55	400	600	600	650	500	650	650	1.000	65	n.b.

Jährliche P-Abfuhr durch das Erntegut

P-Abfuhr											
Haupternteprodukte (kg P ₂ O ₅ /dt FM)	0,8									0,8	
Nebenernteprodukte (kg P ₂ O ₅ /dt FM)	0,3									0,3	
Haupternteprodukte (kg P ₂ O ₅ /100 dt FM)		6,9	5,7	6,0	8,0	8,0	8,2	9,2	7,3		0
Erntemenge (dt/ha)	55	400	600	600	650	500	520	650	1.000	65	0
P-Abfuhr Haupternteprodukt (kg P₂O₅/ha)	44	28	34	36	52	40	43	60	73	52	0

Jährliche P-Abfuhr durch das Erntegut: 5.005 kg P₂O₅ bzw. -56 kg P₂O₅/ha

Jährliche P-Zufuhr durch die Düngung

P-Zufuhr											
Mineralische Düngemittel (kg P ₂ O ₅ /ha)	0	0	0	0	60	0	60	0	60	70	
Kompost (kg P ₂ O ₅ /ha)	45										
Summe P-Zufuhr (kg P₂O₅/ha)	45	0	0	0	60	0	60	0	60	70	

Jährliche P-Zufuhr durch Düngung: 4.950 kg P₂O₅ bzw. 55 kg P₂O₅/ha

P-Saldo

P-Saldo/ha (kg P ₂ O ₅ /ha)	1	-28	-34	-36	-52	-40	-43	-60	-73	-52	0
Summe P-Saldo/ Bew.einheit (kg P₂O₅/Bew.einheit)	30	-28	-34	-36	-260	-160	-213	-299	-1.095	-1.560	0

P-Saldo/Betrieb (kg P₂O₅/Betrieb) -55 P-Saldo/ha (kg P₂O₅/ha) -1

n.b. = nicht benannt

Wirkung auf den betrieblichen N-Saldo bei Kompostanwendung haben, sofern in den Folgejahren nicht andere Faktoren den betrieblichen Saldo erhöhen. Bei wiederkehrender Kompostanwendung ist eine erhöhte N-Mineralisation wahrscheinlich, sodass dann im Rahmen der Düngebedarfsmittlung höhere N-Verfügbarkeiten angerechnet werden sollten (Kapitel 3.1, Kapitel 3.4).

Phosphor: Durch den Grüngutkompost wird dem Betrieb ca. 15 kg P₂O₅/ha und Jahr zugeführt. Dadurch vermindert sich der P-Düngebedarf auf 41 kg P₂O₅/ha und Jahr. Dieser kann durch eine P-Erhaltungsdüngung mit 125 kg P₂O₅ im Rahmen der dreijährigen Fruchtfolge durchgeführt werden.

Variante 5.2.2: Zwischenfruchtanbau

Um den mobilen Stickstoff im Boden in der Pflanzen- und Wurzelmasse zu binden, wird nach der Weizenernte eine Zwischenfrucht eingesät, z. B. Phacelia. Eine nach Düngeverordnung grundsätzlich mögliche Herbstgabe von maximal

60 kg N/ha kommt nicht in Betracht, da der Nachernte-N_{min} einen Wert von 40 kg N/ha ergeben hat und an diesem milden Standort im Herbst mit weiterer N-Mineralisation gerechnet werden muss, ein Düngebedarf also nicht vorliegt. (Kapitel 3.3 und Kapitel 3.5). Von einer N-Nachlieferung aus dem Zwischenfruchtanbau im Folgejahr kann gegebenenfalls die Braugerste profitieren. So reduziert sich bei einer Anrechnung von 20 kg N/ha auf den Düngebedarf der Braugerste der betriebliche N-Saldo auf 28 kg N/ha und Jahr.

Variante 5.2.3: Ernteauffälle

Wird eine Kultur nicht bzw. nicht vollständig abgeerntet, können hierfür verschiedene Ursachen in Frage kommen. So kann der Aufwuchs durch Wettereinflüsse derart geschädigt sein, dass er unverkäuflich ist (marktgängige Ware), unverzehrbar ist (als Nahrungs- oder Futtermittel) oder sogar unverwertbar ist (z. B. als Substrat in Biogasanlagen). Gerade im Gemüsebau kommt es vor, dass Ware nicht absetzbar ist, weil Angebot und Nachfrage zeitlich und mengenmäßig ausein-

anderklaffen. Bleibt der Aufwuchs auf der Fläche, führt dies gleich zu einem merklichen Saldenanstieg: im Fallbeispiel konnten 3 ha Chinakohl und 3 ha Weißkohl nicht abgeerntet werden, was eine Erhöhung des betrieblichen Saldos um ca. 10 kg N/ha und Jahr bedingt. Um im dreijährigen Mittel beim Nährstoffvergleich den N-Kontrollwert nicht zu überschreiten, macht es in diesem Fall besonders viel Sinn, den in dem nicht abgeernteten Pflanzenbestand gespeicherten Stickstoff mittels Zwischenfrucht für das nachfolgende Anbaujahr zu konservieren, den Frühjahrs- N_{min} zu messen (Kapitel 3.5), die N-Nachlieferung im Vegetationsverlauf über ein Monitoring der N-Versorgung der Kulturpflanzen zu verfolgen (Kapitel 3.8) und die mineralische N-Düngung entsprechend der N-Nachlieferung anzupassen.

Kommt es bereits im Jahresverlauf zu Ernteaussfällen bei den Gemüsebaukulturen, z. B. beim Salat, muss der Stickstoff in den nicht abgeernteten Pflanzen für die Düngung der Folgekulturen entsprechend angerechnet werden. Dies geschieht durch die Ermittlung des N_{min} -Wertes und die Heraussetzung der N-Nachlieferungsquote aus dem Bodenvorrat.

Schlussfolgerungen Gemüsebaubetrieb

Die Differenzen der Standard-Kalkulationsdaten im Anhang der Düngeverordnung zwischen dem N-Düngebedarf der Kulturen und deren N-Abfuhr sind auf die gemüseartabhängig sehr großen Unterschiede im Verhältnis von Aufwuchs und Feldabfuhr zurückzuführen. Deshalb wird bei einem Teil der Gemüsekulturen ein zusätzlicher Verlust von 60 kg N/ha und Jahr eingeräumt. Trotzdem kann der Kontrollwert von 50 kg N/ha und Jahr nur eingehalten werden, wenn beim N-Management auf Effizienz geachtet wird. Dies betrifft einerseits spezielle Vorgaben nach Düngeverordnung für den Gemüsebau, wie die Anrechnung der N-Nachlieferung aus Ernteresten für die Folgekultur oder die N_{min} -Bodenuntersuchung für Zweit- oder Drittkulturen. Natürlich können die für den Ackerbau bereits genannten effizienzsteigernden Maßnahmen auch im Gemüsebau sinnvoll eingesetzt werden. Eine weite Verbreitung im Gemüsebau besitzt die Beregnung, die dort mit dem Ziel der Ertrags- und Qualitätssteigerung eingesetzt wird und eine effiziente N-Nutzung sicherstellt (Kapitel 3.15).

Von besonderer Bedeutung erscheint heutzutage aber auch, eine am Absatz orientierte Anbauplanung umzusetzen, bei der ein möglichst hoher Aberntungsgrad erreicht wird. Wird z. B. im Vertragsanbau ein Teil der Ernte vom Handel nicht abgerufen und verbleibt auf dem Feld, bedingt dies hohe N-Salden und bedeutet eine potenzielle Grundwassergefährdung. In diesem Bereich kann der Handel Verantwortung für eine nachhaltigere Gemüseproduktion übernehmen.

Aufgrund der dargestellten Komplexität der gartenbaulichen Produktionssysteme ist die Verwendung des kostenfreien, nun aktualisierten und an die Vorgaben der neuen Düngeverordnung angepassten Software-Tools N-Expert empfehlenswert (Kapitel 3.16).

5.3 Veredelungsbetrieb

Bei dem Veredelungsbetrieb handelt es sich um einen Betrieb mit Ferkelerzeugung (490 Tierplätze) und Ferkelaufzucht (1.934 Tierplätze). Nach DLG (2014) entspricht dies der Kategorie „Ferkelaufzucht bis 28 kg Lebendmasse, 28 aufgezogene Ferkel, 824 kg Zuwachs je Platz und Jahr“ mit 11 aufgezogenen Ferkeln pro Durchgang, einer Durchgangsdauer von 148 Tagen bzw. 2,5 Durchgängen pro Jahr.

Je nach Fütterungsregime ergeben sich die folgenden Standard-Ausscheidungswerte für Stickstoff und Phosphor:

- Universalfutter 21.021 kg N 9.114 kg P₂O₅
- NP reduziert 18.816 kg N 8.183 kg P₂O₅
- stark NP reduziert 17.934 kg N 7.399 kg P₂O₅

Auf 80 ha landwirtschaftlich genutzter Fläche werden die folgenden Kulturen in einer dreijährigen Fruchtfolge (Tabelle 5.13) angebaut:

- 20 ha Winterroggen
- 20 ha Wintergerste
- 20 ha Winterraps
- 20 ha Corn-Cob-Mix (CCM)

Zwischenfruchtanbau findet auf 20 ha jährlich statt (nach Wintergerste bzw. Winterraps, vor dem Maisanbau). Insgesamt sind damit die Greening-Auflagen (Anbaudiversifizierung, Ökologische Vorrangfläche) erfüllt.

Tabelle 5.13: Fruchtfolgeschema des Veredelungsbetriebs, inklusive Zwischenfruchtanbau

Hektar	10	10	10	10	10	10	10	10
1. Jahr	W-Gerste	W-Gerste	W-Gerste	W-Gerste	W-Gerste	W-Raps	Mais	Mais
2. Jahr	Mais	Mais	W-Gerste	W-Gerste	W-Gerste	W-Gerste	W-Roggen	W-Roggen
3. Jahr	W-Gerste	W-Roggen	Mais	Mais	W-Raps	W-Roggen	W-Gerste	W-Gerste

■ Zwischenfruchtanbau ■ Sommerung ■ Winterung

Tabelle 5.14: Düngebedarf, Düngung und Nährstoffvergleich für Stickstoff am Beispiel eines Veredelungsbetriebes

Kultur	Winterroggen	Wintergerste	Winterraps	Körnermais bzw. CCM	nicht winterharte Zwischenfrucht
Anbauumfang (ha)	20	30	10	20	20
Ertragsniveau grunds. im Durchschnitt der letzten 3 Jahre (dt/ha)	68	67	39	90	n.b.
N-Düngebedarfsermittlung					
N-Bedarfswert (kg N/ha)	170	180	200	200	40
Ertragsniveau (dt/ha)	70	70	40	90	n.b.
Ertragsdifferenz (dt/ha)	-2	-3	-1	0	n.b.
Zu- und Abschläge für					
im Boden verfügbare N-Menge (N _{min} in kg N/ha)	-40	-40	-40	-40	-20
Ertragsdifferenz (kg N/ha)	-2	-3	-2	0	0
N-Nachlieferung aus der organischen Düngung der Vorjahre (10 % d. im Vorjahr aufgebrauchten N-Fracht)	-14	-14	-14	-14	0
Vorfrucht bzw. Vorkultur	-10	0	0	0	-20
N-Düngebedarf während der Vegetation (kg N/ha)	104	124	144	146	0
N-Düngung					
Schweinegülle (N ausgeschieden) (kg N/ha)	172	172	172	172	0
abzüglich Stall- und Lagerungsverlusten (20 %; kg N/ha)	137	137	137	137	
im Anwendungsjahr verfügbar (60 %; kg N/ha)	82	82	82	82	
N-Mineraldünger (kg N/ha)	21	41	62	64	0
Jährlicher betrieblicher Nährstoffvergleich					
N-Zufuhr					
Schweinegülle (N ausgeschieden abzügl. Stall- und Lagerungs- (20 %; kg N/ha) sowie Ausbringungsverlusten (10 %; kg N/ha)	120	120	120	120	
Mineralische Düngemittel (kg N/ha)	21	41	62	64	
N-Bindung durch Leguminosen (kg N/ha)	0	0	0	0	
Summe N-Zufuhr (kg N/ha)	142	161	182	184	0
N-Abfuhr					
Rohproteingehalt (% RP)	12	13	23 i.d.TM	100 % TS	
Haupternteerzeugnisse (kg N/dt FM)	1,65	1,79	3,35	1,68	
Erntemenge (dt/ha)	70	65	43	90	
Abfuhr Haupternteerzeugnisse (kg N/ha)	116	116	144	118	
Summe N-Abfuhr (kg N/ha)	116	116	144	118	0
N-Saldo/ha (kg N/ha)	26	45	38	66	0
N-Saldo/Bew.einheit (kg N/Bew.einheit)	523	1.350	380	1.329	0
N-Saldo/Betrieb (kg N/Betrieb) 3.581	N-Saldo/ha und Jahr (kg N/ha) 45				n.b. = nicht benannt

Die Tabelle 5.14 zeigt für diesen Veredelungsbetrieb die Düngebedarfsermittlung, die Düngung und den Nährstoffvergleich für Stickstoff und die Tabelle 5.15 für Phosphor.

Düngebedarfsermittlung

Die Erträge des Beispielbetriebs liegen in etwa auf dem Niveau der Kalkulationsdaten der Düngeverordnung (Anlage 4, Tabelle 2). Ertragsdifferenzen, die sich aus Unterschieden im N-Bedarf ergeben, werden interpoliert. Das heißt, auch bei geringen Unterschieden zwischen den Standards und den

Tabelle 5.15: Kalkulation der mit der Schweinegülle aufgebrauchten P-Mengen in einem Veredelungsbetrieb

Kultur	Winterroggen	Wintergerste	Winterraps	Körnermais bzw. CCM	nicht winterharte Zwischenfrucht
Anbauumfang (ha)	20	30	10	20	20
Ertragsniveau grunds. im Durchschnitt der letzten 3 Jahre (dt/ha)	68	67	39	90	n.b.

Jährlicher betrieblicher Nährstoffvergleich

P-Zufuhr					
Mineralische Düngemittel (kg P ₂ O ₅ /ha)	0	0	0	0	0
WD tierischer Herkunft (kg P ₂ O ₅ /ha)	69	69	69	69	0
Summe P-Zufuhr (kg P₂O₅/ha)	69	69	69	69	0
P-Abfuhr					
Haupternteerzeugnisse (kg P ₂ O ₅ /dt FM)	0,8	0,8	1,8	0,68	
Erntemenge (dt/ha)	70	65	43	90	
Abfuhr Haupternteerzeugnis (kg P ₂ O ₅ /ha)	56	52	77	61	
Summe P-Abfuhr (kg P₂O₅/ha)	56	52	77	61	0
P-Saldo/ha (kg N/ha)	13	17	-9	8	0
P-Saldo/Bew.einheit (kg N/Bew.einheit)	257	1.506	-86	153	0

P-Saldo/Betrieb (kg P₂O₅/Betrieb) 830

P-Saldo/ha und Jahr (kg P₂O₅/ha) 10

n.b. = nicht benannt

betrieblichen Werten findet eine Anpassung des Düngedarfs statt. Da regelmäßig und auf allen Flächen Wirtschaftsdünger eingesetzt wird, ist für alle Flächen eine N-Nachlieferung zu berücksichtigen, ebenso die N-Wirkung der Raps-Vorkultur. Eine N-Nachwirkung der nicht winterharten Zwischenfrucht wird nicht berücksichtigt, da eine im Winter abfrierende Pflanzenart gewählt wurde.

Düngung

Im Beispielbetrieb begrenzt der P-Gehalt der Gülle die Aufbringungsmenge: Damit der Kontrollwert für Phosphor eingehalten werden kann, muss die Betriebsleitung die maximal nach Düngeverordnung derzeit aufbringbare Güllemenge, die durch die N-Obergrenze mit 170 kg N/ha und Jahr definiert ist, um ca. 20 % vermindern. Insgesamt können so auf den Betriebsflächen Wirtschaftsdünger mit 13.738 kg N und 5.508 kg P₂O₅ verwertet werden. Der verbleibende Pflanzenbedarf an Stickstoff wird mit Mineraldünger nach Ergebnis der Düngeplanung ergänzt. Anrechenbarkeiten und Verfügbarkeiten werden nach dem aktuellen Stand der Düngeverordnung angesetzt.

Nährstoffvergleich

Stickstoff: Bezogen auf die einzelnen Kulturen werden der neue N-Kontrollwert von 50 kg N/ha beim Getreide und Winterraps unterschritten, im Maisanbau überschritten. Diese Werte gleichen sich aus, sodass der N-Saldo auf Betriebsebene bei 45 kg N/ha und Jahr liegt.

Mit den mit der Gülle laut Tabelle 5.14 aufgebrauchten N-Frachten werden die in Tabelle 5.15 gelisteten Frachten an Phosphor mit der Schweinegülle auf den Betriebsflächen appliziert. Mit dem Nährstoffvergleich kann nachgewiesen werden, dass der P-Saldo auf Betriebsebene den Kontrollwert von 10 kg P₂O₅/ha unterschreitet.

Allerdings verbleibt im Betrieb eine Restmenge an Gülle, die nicht auf den eigenen Flächen verwertet werden kann und aus dem Betrieb an Dritte abgegeben werden muss. Dabei fällt umso weniger Überschussgülle an, desto stärker NP-reduziert das im Betrieb eingesetzte Futter ist. Die Kalkulation der Frachten in Tabelle 5.16 basiert auf Standardwerten (DLG, 2014). Eine Begüllung der Zwischenfrucht – nach Düngeverordnung bis maximal 60 kg Gesamt-N zulässig, sofern überhaupt ein Düngbedarf vorhanden ist – scheidet aus, wenn nicht gleichzeitig weniger Gülle zu den Hauptfrüchten gegeben wird, da ansonsten der P-Kontrollwert von 10 kg P₂O₅/ha und Jahr überschritten wird.

Ab dem 1. Januar 2020 werden die zulässigen „unvermeidlichen Aufbringungsverluste“ für Stickstoff bei Rinder- und Schweinegülle um 5 Prozentpunkte reduziert (Düngeverordnung, Anlage 2). Somit muss im Nährstoffvergleich ab diesem Zeitpunkt der N-Gehalt in der eingesetzten Gülle höher angerechnet werden. Im Beispiel errechnet sich dadurch unter sonst gleichen Bedingungen ein betrieblicher N-Saldo von 53 kg N/ha und Jahr. Somit wird der dann geltende Kontrollwert von 50 kg N/ha und Jahr überschritten, die N-Düngung muss auf Betriebsebene entsprechend weiter angepasst und reduziert werden.

Tabelle 5.16: Zusammenhang zwischen Fütterungsregime und betrieblichem Gülleüberschuss in einem Veredelungsbetrieb bei betrieblichen Verwertungskapazitäten von 13.738 kg N und 5.508 kg P₂O₅ pro Jahr

Fütterungsregime ¹⁾	Jährliches N- und P-Aufkommen in der Gülle		P-Überschuss/Jahr	Gülleüberschuss/Jahr
	kg N/Jahr	kg P ₂ O ₅ /Jahr	kg P ₂ O ₅ /Jahr	m ³ /Jahr ²⁾
Universalfutter	21.021	9.114	3.606	508
NP reduziert	18.816	8.183	2.675	377
stark NP reduziert	17.934	7.399	1.891	266

¹⁾ Futtermittelzusammensetzung nach DLG (2014)
²⁾ P-Konzentration in der Schweinegülle: 7 kg P₂O₅/m³ Gülle (KTBL, 2015)

Schlussfolgerungen Veredelungsbetrieb

Die zu verfolgenden Strategien im Veredelungsbetrieb sollten zunächst darin bestehen, die Fütterung der Nutztiere dahingehend zu optimieren, dass Zukauffutter mit hoher N- und P-Effizienz eingesetzt werden. Eigenfuttermittel sollten realistisch auf der Basis von Futtermittelanalysen eingeschätzt werden (Kapitel 4.2). Auf diese Weise können die auf dem Betrieb anfallenden Nährstofffrachten im Wirtschaftsdünger reduziert werden, und somit auch die Wirtschaftsdüngermenge, die aus dem Betrieb exportiert werden muss.

Außerdem stehen natürlich auch Veredelungsbetriebe vor der Herausforderung, die Wirtschaftsdünger so effizient wie möglich einzusetzen und die Anwendung von Mineraldüngern auf ein Mindestmaß zu beschränken. Dies kann z. B. durch die emissionsarme Ausbringung von Wirtschaftsdüngern oder durch die Substitution von Mineraldünger durch Wirtschaftsdünger bei bestimmten Düngungsmaßnahmen (z. B. Gülle-Unterfußdüngung) erreicht werden (Kapitel 3.11). Mit zunehmender Intensität der organischen Düngung muss zudem die standortabhängige N-Mineralisierung verstärkt berücksichtigt werden (Kapitel 3.1 bis 3.5). Dies kann gegebenenfalls über ein Monitoring der N-Versorgung des Bestandes geschehen (Kapitel 3.8). Wesentliche Voraussetzung für eine effiziente Düngung mit Wirtschaftsdüngern ist jedoch auch eine genaue Kenntnis der Nährstoffgehalte. Nur so kann die Düngung gezielter an den Pflanzenbedarf angepasst werden. Für eine schnelle Nährstoffanalyse stehen auch Neuentwicklungen wie die NIRS-Technik zur Verfügung (Kapitel 3.9).

5.4 Futterbaubetrieb

Für den Futterbau wurde mit der Novellierung der Düngeverordnung eine neue Form des Nährstoffvergleichs obligatorisch eingeführt (§ 8 Absatz 3). In Abbildung 5.2 sind exemplarisch für 2018 die nun relevanten Schritte für Futterbauflächen (Grünland, Feldfutterbau) dargestellt. Ein neues Element ist die sogenannte Plausibilisierung über den Tierbestand: Über das Grobfutter aufgenommene N- und P-Frachten wer-

den anhand von Tierbestandsdaten ebenso betriebsübergreifend kalkuliert wie die Nährstoffausscheidungen des Tierbestandes. Die errechnete Zufuhr in den Betrieb über Düngungsmaßnahmen (organisch und mineralisch) und die Nährstoffabfuhr über die Futteraufnahme werden gegenübergestellt. Dabei müssen Zukäufe und Verkäufe von Grobfuttermitteln in den Betrieb berücksichtigt werden.

Im vorliegenden Beispiel umfasst der Futterbaubetrieb die Milcherzeugung mit 135 Tierplätzen und die Jungrinderaufzucht mit 95 Tierplätzen (Tierkategorien nach DLG 2014, Ausscheidungen der Kälber sind in der Kategorie Milcherzeugung miteingefasst). Es handelt sich um einen Ackerfutterbaubetrieb ohne Weidegang. Die Tiere weisen eine durchschnittliche Milchleistung von 8.000 ECM (auf Energiegehalt korrigierte Milch) auf. Auf 100 ha landwirtschaftlich genutzter Fläche werden die folgenden Kulturen angebaut:

- 30 ha Silomais
- 40 ha Ackergras
- 30 ha Grünland

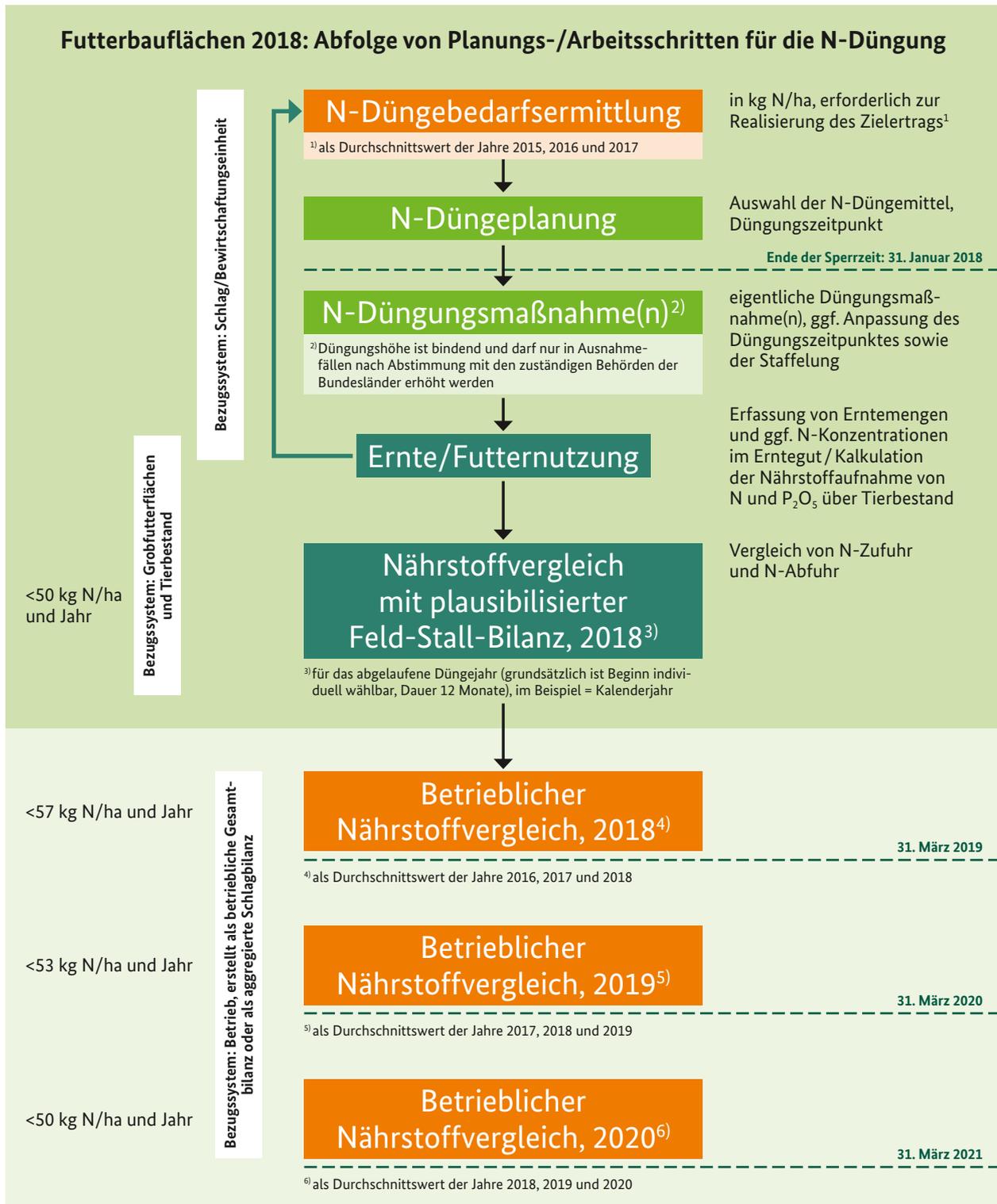
Die Tabelle 5.17 (Seite 53) listet die für die Düngebedarfsermittlung und die plausibilisierte Feld-Stall-Bilanz relevanten Aufnahme- und Ausscheidungsdaten des Tierbestands für Stickstoff und Phosphor auf. Die Ausscheidungen mit ca. 20.000 kg N sowie ca. 7.000 kg P₂O₅ soll – abzüglich der Stall- und Lagerungsverluste für Stickstoff – im Betrieb verwertet werden. Auch die Grobfutteraufnahme des Tierbestands wird den Tabellen im Anhang der Düngeverordnung entnommen. Für diese sieht der Gesetzgeber (nach § 8 Absatz 3 Düngeverordnung) für Futterverluste noch einen Zuschlag von 15 % für Ackerfutter und von 25 % für Grünland und Weide vor. Da die Plausibilisierung keine Zuordnung von erzeugten Futtermitteln zu den Aufwuchsflächen der verschiedenen Kulturen beinhaltet, wird der Zuschlag entsprechend der Größe der jeweiligen Aufwuchsfläche gemittelt (Fußnote Tabelle 5.17).

N-Düngebedarfsermittlung

Die Düngebedarfsermittlung für Stickstoff wird in Tabelle 5.18 (Seite 54) aufgeführt. Für Ackerkulturen bzw. Grünland und Ackerfutterbau fließen dabei unterschiedliche Kriterien ein. Neben der individuellen Ertrags erwartung kann im Futterbau auch der betriebliche Rohproteingehalt in der Düngebedarfsermittlung berücksichtigt werden. Beide Kriterien müssen jedoch nach Düngeverordnung nicht in die Bedarfsermittlung einfließen, da sie auf dem landwirtschaftlichen Betrieb nicht regelmäßig erhoben werden. Da die Düngungshöhe aber künftig den ermittelten Düngebedarf nicht übersteigen darf, ist die N-Düngung in diesem Fall auf ein moderates Niveau fixiert (Kapitel 3). Für Grünland und Ackerfutterbau ist eine N_{min}-Bestimmung zu Vegetationsbeginn nicht vorgesehen, jedoch höhere und differenziertere Abschläge auf den Düngebedarf in Abhängigkeit von der Bodenart (Kapitel 3.3).

Im Beispielbetrieb fallen jedes Jahr hohe Wirtschaftsdüngermengen an, die auf dem Betrieb selbst verwertet werden. Aus diesem Grund wird die N-Verfügbarkeit im Anwendungsjahr von der N-Mindestverfügbarkeit nach Düngeverordnung von

Abbildung 5.2: Die Abfolge von Düngebedarfsermittlung, Düngungsmaßnahmen und Nährstoffvergleich am Beispiel von Futterbauflächen 2018 (nicht dargestellt ist der mehrjährige, betriebliche Nährstoffvergleich, vgl. Abbildung 5.1) (Klages, 2018b)



50 % auf 60 % erhöht, was gängigen Ammonium-Konzentrationen in der Gülle entspricht, wie auch den Empfehlungen einiger Bundesländer und der Gewässerschutzberatung (Kapitel 3.4).

Die Erträge im Maisanbau entsprechen im Beispielbetrieb den Kalkulationsdaten der Düngeverordnung (Anlage 4

Tabelle 2). Der ermittelte Frühjahrs-N_{min}, der aufgrund des hohen Düngungsniveaus mit organischen Düngern bei 40 kg N/ha liegt, wird, ebenso wie die N-Nachlieferung aus der organischen Düngung des Vorjahres in Höhe von 17 kg N/ha bei der Düngebedarfsermittlung berücksichtigt. Werden 168 kg N/ha über Rindergülle appliziert, müssen so noch 42 kg N/ha aus Mineraldüngern zu Silomais gedüngt werden.

Tabelle 5.17: Kalkulationsgrundlagen für die Erstellung des plausibilisierten Nährstoffvergleichs am Beispiel eines reinen Futterbaubetriebs ohne Weidehaltung

Tierkategorie nach DüV, Anlage 1	Milcherzeugung; mittelschwere und schwere Rassen; Ackerfutterbaubetrieb 8.000 ECM		Jungrinderaufzucht; Ackerfutterbau; Stall- haltung; Erstkalbealter 27 Monate; 605 kg Zuwachs je aufgezogenes Tier		Summe Nährstoffanfall bzw. -aufnahme (kg/Betrieb und Jahr)	
Tiere/Betrieb und Jahr	135		95			
	N	P₂O₅	N	P₂O₅	N	P₂O₅
Nährstoffanfall (kg/Tier bzw. Stallplatz und Jahr) nach Anlage 1, Tabelle 1	115	42	45	15		
Nährstoffanfall (kg/Jahr je Tierkategorie)	15.525	5.670	4.275	1.425		
Nährstoffanfall im Betrieb (kg/Jahr)					19.800	7.095
Nährstoffanfall abzüglich N-Stall- und Lagerungsverlusten nach Anlage 2, Spalte 2 und 3					16.830	7.095
Nährstoffanfall abzüglich N-Stall- und Lagerung- und Ausbringungsverluste nach Anlage 2, Spalte 4 bis 6					13.860	7.095
Grobfutteraufnahme im Betrieb (kg/Jahr) nach Anlage 1, Tabelle 2					15.425	5.245
zuzüglich Zuschlag für Grobfutterverluste nach § 8 Absatz 3 DüV^{*)}					18.202	6.189
*) unvermeidbare Grobfutterverluste: Zuschläge zur Grobfutteraufnahme						
Hektar	Zuschlag		Kultur			
70	15 %		Ackerfutter			
30	25 %		Grünland und Dauergrünland			
0	25 %		Weide			
	18 %		(Faktor gewichtet; in einigen Bundesländern wird von diesem Rechenschema abgewichen)			

Auf dem Grünland sind vier Schnitte möglich. Da in der Regel keine Daten erhoben werden, wird vom Standardniveau nach Anlage 4 Tabelle 9 der Düngeverordnung ausgegangen, d. h. von 90 dt TM/ha Grassilage mit einem durchschnittlichen Rohproteingehalt von 17 %. Somit ist keine Anpassung des Düngebedarfs vorzunehmen. Außerdem wird die N-Nachlieferung aus dem Bodenvorrat mit 30 kg N/ha berücksichtigt. Dies ist ein Wert für stark bis sehr stark humose Grünlandböden (Tabelle 11, Düngeverordnung). Die weitere Düngebedarfsermittlung wird analog dem Beispiel Mais durchgeführt und ergibt einen N-Mineraldüngerbedarf von 97 kg N/ha und Jahr.

Für das Ackergras wird bei einer 4-Schnittnutzung von einer Erntemenge von 95 dt TM/ha ausgegangen. Nach Düngeverordnung beträgt der N-Bedarfswert 310 kg N/ha und Jahr, allerdings bei einem Ertrag von 120 dt TM/ha. Da der erzielte Ertrag um 25 dt/ha TM niedriger ausfällt, muss nach Anlage 4, Tabelle 10 der Düngebedarf um 68 kg N/ha reduziert werden. Im Frühjahr pflanzenverfügbarer, mineralischer Stickstoff (N_{\min}) muss für Ackergras, wie für Grünland, nicht berücksichtigt werden. Wegen der intensiven organischen Düngung wird davon ausgegangen, dass die Leguminosen im Grünland einen Ertragsanteil von unter 5 % beisteuern und im Feldfutterbau von unter 10 % (Anlage 4, Tabelle 12). Unter diesen Bedingungen entfällt die Berücksichtigung der N-Nachlieferung aus der legumen N-Bindung. Die Höhe der mineralischen N-Ergänzung errechnet sich aus diesen Daten auf 125 kg N/ha und Jahr.

Düngung

Der Betrieb bewegt sich mit seinem Wirtschaftsdüngereinsatz mit 168 kg N/ha knapp unter der N-Obergrenze für organische Düngemittel von 170 kg N/ha und Jahr und düngt mit Mineraldünger nach dem Ergebnis der Düngebedarfsermittlung zu. Anrechenbarkeiten und Verfügbarkeiten werden nach dem aktuellen Stand der Düngeverordnung bemessen. Insgesamt werden von den Tieren auf dem Betrieb 19.800 kg N/Jahr ausgeschieden. Nach Abzug der Stall- und Lagerungsverluste gelangen 16.830 kg N und 7.095 kg P₂O₅ auf die betrieblichen Flächen.

Nährstoffvergleich

Den Nährstoffvergleich für den Beispielbetrieb zeigt die Tabelle 5.19. Es werden Zufuhren an Stickstoff und Phosphor über Wirtschafts- und Mineraldünger, außerdem Nährstoffabfuhr über die Futtermittelverwertung inklusive Futtermittelverlusten berücksichtigt.

Das Ergebnis des Nährstoffvergleichs zeigt, dass für den Beispielbetrieb die N- und P-Kontrollwerte mit Salden von 48 kg N/ha und Jahr und 9 kg P₂O₅/ha und Jahr eingehalten werden. Der Betrieb bleibt mit 168 kg N/ha aus organischen Düngern unter der N-Obergrenze von 170 kg N/ha und Jahr. Der Betrieb setzt durchschnittlich 92 kg/ha an Mineraldünger ein.

Variante 5.4.1 Futterbaubetrieb mit Weidehaltung

Ausgehend von dem oben dargestellten Futterbaubetrieb soll nun der Effekt einer sechsmonatigen, ganztägigen Weidehaltung dargestellt werden. Es wird bewusst eine einfache Wei-

Tabelle 5.18: Düngebedarfsermittlung sowie N- und P-Düngung am Beispiel eines Futterbaubetriebes ohne Weidegang

Kultur	Silomais	Ackergras (Grassilage, 4-Schnittnutzung)	Grünland	kg N/Betrieb
Anbauumfang (ha)	30	40	30	
Ertragsniveau grunds. im Durchschnitt der letzten 3 Jahre (dt TM/ha)	150	95	90	
Ertragsniveau grunds. im Durchschnitt der letzten 3 Jahre (dt FM/ha)	450			
Rohproteingehalt (% RP i. d. TM)		nicht ermittelt	nicht ermittelt	

N-Düngebedarfsermittlung

N-Bedarf (kg N/ha)	200	310	245	
Ertragsniveau (dt/ha)	450	120	90	
Rohproteingehalt (% RP i. d. TM)		16,2	17	
Ertragsdifferenz (dt/ha)	0	-25	0	
Rohproteindifferenz (% RP i. d. TM)		nicht ermittelt	nicht ermittelt	

Zu- und Abschläge für

im Boden verfügbare N-Menge (N _{min} , in kg N/ha)	-40	nicht vorgesehen	nicht vorgesehen	
Ertragsdifferenz (kg N/ha)	0	-68	nicht ermittelbar	
Rohproteindifferenz (% RP i. d. TM)		nicht ermittelbar	nicht ermittelbar	
N-Nachlieferung aus dem Bodenvorrat (kg N/ha)	0	0	-30	
N-Nachlieferung aus der N-Bindung von Leguminosen	0	0	0	
N-Nachlieferung aus der organischen Düngung der Vorjahre (10 % d. im Vorjahr aufgebrauchten N-Fracht, kg N/ha)	-17	-17	-17	
N-Düngebedarf während der Vegetation (kg N/ha)	143	226	198	

N-Düngung

Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft (N ausgeschieden in kg N/ha)	198	198	198	19.800
minus Stall- und Lagerungsverluste (15 %) (kg N/ha)	168	168	168	16.830
im Anwendungsjahr verfügbar (60 %) (kg N/ha)	101	101	101	
N-Mineraldünger (kg N/ha)	42	125	97	
N-Mineraldünger gesamt (kg N)		4.998		9.196

P-Düngung

P-Aufbringung mit Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft (kg P₂O₅)	2.129	2.828	2.129	7.095
--	--------------	--------------	--------------	--------------

Tabelle 5.19: Jährlicher betrieblicher Nährstoffvergleich für einen Futterbaubetrieb (Düngeverordnung, Anlage 5)

N-Zufuhr	kg N/Jahr	kg P ₂ O ₅ /Jahr
WD-Verwertung aus Tierhaltung	13.860	7.095
Zukauf Mineraldünger	9.169	0
Summe Nährstoffzufuhr	23.029	7.095
Abfuhr		
Summe Grobfutteraufnahme inklusive Zuschläge	18.202	6.189
Nährstoffabfuhr Ackerbau (keine Ackerbauflächen vorhanden)	0	0
Summe Nährstoffabfuhr	18.202	6.169
Saldo	4.828	906
Saldo je ha	48	9

Tabelle 5.20: Kalkulationsgrundlagen für die Erstellung des plausibilisierten Nährstoffvergleichs am Beispiel eines reinen Futterbaubetriebs mit Weidehaltung

Tierkategorie nach DüV, Anlage 1	Milcherzeugung; mittelschwere und schwere Rassen; Ackerfutterbaubetrieb (mit Weidegang) 8.000 ECM		Jungrinderaufzucht; Ackerfutterbau; Stallhaltung; Erstkalbealter 27 Monate; 605 kg Zuwachs je aufgezogenes Tier (mit Weidegang)		Summe Nährstoffanfall bzw. -aufnahme (kg/Betrieb und Jahr)	
Tiere/Betrieb und Jahr	135		94			
	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
Nährstoffanfall (kg/Tier bzw. Stallplatz und Jahr) nach Anlage 1, Tabelle 1	117	42	48	15,5		
Nährstoffanfall (kg/Jahr je Tierkategorie)	15.795	5.670	4.560	1.473		
Nährstoffanfall im Betrieb (kg/Jahr)					20.355	7.143
Stalltage/N-Stall- und Lagerungsverluste	182,5	15 %	182,5	15 %		
Weidetage (24 h Weide in den Sommermonaten)/N-Verluste	182,5	30 %	182,5	30 %		
Nährstoffanfall abzüglich Stall- und Lage- ungsverlusten nach Anlage 2, Spalte 2 und 3 (kg/ha und Jahr)	6.713	2.835	1.938	736	0	0
Nährstoffanfall abzüglich Verlusten nach Anlage 2, Spalte 2 und 3 bei Weidehaltung (kg/Jahr)	5.528	2.835	1.596	736	0	0
Summe Nährstoffanfall (kg/Jahr) nach Abzug der N-Verluste nach Anlage 2, Spalte 2 und 3	12.241	5.670	3.534	1.473	15.775	7.143
Stalltage/Stall, Lagerungs- und Aufbringungsverluste	182,5	30 %	182,5	30 %		
Weidetage/Weideverluste	182,5	75 %	182,5	75 %		
Nährstoffanfall abzüglich Ausbringungs- verlusten nach Anlage 2, Spalte 4 und 5 (kg/ha und Jahr)	5.528	2.835	1.596	736		
Nährstoffanfall abzüglich Weideverlusten nach Anlage 2, Spalte 6 (kg/ha und Jahr)	1.974	2.835	570	736		
Summe Nährstoffanfall (kg/Jahr) nach Abzug der N-Verluste nach Anlage 2, Spalte 4 bis 6	7.503	5.670	2.166	1.473	9.669	7.143
Grobfutteraufnahme im Betrieb (kg/Jahr) nach Anlage 1, Tabelle 2	93	31	48	15	17.115	5.610
zuzüglich Zuschlag für Grobfutterverluste nach § 8 Absatz 3 DüV* (kg/Jahr)					20.196	6.620

* Unvermeidbare Grobfutterverluste bedingen Zuschläge zur Grobfutteraufnahme; es erfolgt eine Gewichtung in Abhängigkeit von der jeweiligen Anbaufläche:

Hektar	Zuschlag	Kultur
70	15 %	Ackerfutter
0	25 %	Grünland und Dauergrünland
30	25 %	Weide
	18 %	(Faktor gewichtet)

dekonstellation gewählt, um auftretende Effekte so besser erläutern zu können. Nach Anlage 1 der Düngeverordnung gelten bei Weidegang leicht höhere Ausscheidungsrate (d. h. Nährstoffanfall) als bei Stallhaltung, sodass sich die diesbe-

züglichen Kalkulationsdaten etwas verändern (Tabelle 5.20 im Vergleich zu 5.17). Insgesamt beträgt der betriebliche Nährstoffanfall aufgrund der kalkulierten tierischen Ausscheidungen so 20.355 kg N und 7.143 kg P₂O₅ jährlich.

Von diesem Nährstoffanfall werden für Stickstoff die Stall- und Lagerungsverluste von 15 % bei Stallhaltung und von 30 % bei Weidegang berücksichtigt, und zwar anteilig für die jeweilige Dauer (Düngeverordnung, Anlage 2 Spalte 2 und 3). Der Nährstoffanfall nach Abzug dieser Verluste beträgt 15.775 kg N und 7.143 kg P₂O₅ und bildet die Grundlage der Düngebedarfsermittlung. Für den Nährstoffvergleich werden von den Ausscheidungen bei Stallhaltung Stall-, Lagerungs- und Ausbringungsverluste von insgesamt 30 % abgezogen, bei der Weidehaltung die Weideverluste von insgesamt 75 %. Daraus resultieren für den Nährstoffvergleich relevante Frachten von 9.669 kg N und 7.143 kg P₂O₅ pro Jahr.

Für die Kalkulation der Grobfutteraufnahme werden die Nährstoffaufnahmewerte aus der Düngeverordnung (An-

lage 1 Tabelle 2) bei Weidehaltung entnommen. Zusätzlich der Zuschläge für Grobfutterverluste (gewichtet 18 %) errechnen sich 20.196 kg N sowie 6.173 kg P₂O₅ als Nährstoffaufnahme. Diese kalkulierten Daten gehen als plausibilisiert entsprechend § 8 Absatz 3 der Düngeverordnung in den Nährstoffvergleich ein.

N-Düngebedarfsermittlung

Zur besseren Vergleichbarkeit werden die N-Bedarfsdaten aus der Tabelle 5.18 (ohne Weidegang) in die Tabelle 5.21 (mit Weidegang) weitgehend übernommen. Anstelle der Kategorie „Grünland“ werden die Bedarfsdaten für die Kategorie „Weide intensiv“ in die Tabelle eingesetzt. Die N-Verfügbarkeit wird auch in diesem Fallbeispiel mit 60 %, und damit über dem Mindestwert der Düngeverordnung, angenommen.

Tabelle 5.21: Düngebedarfsermittlung sowie N- und P-Düngung am Beispiel eines Futterbaubetriebes mit Weidegang

Kultur	Silomais	Ackergras (Grassilage, 4-Schmitznutzung)	Grünland	kg N/Betrieb
Anbauumfang (ha)	30	40	30	
Ertragsniveau grunds. im Durchschnitt der letzten 3 Jahre (dt TM/ha)	150	95	90	
Ertragsniveau grunds. im Durchschnitt der letzten 3 Jahre (dt/ha FM)	450			
Rohproteingehalt (% RP i. d. TM)		nicht ermittelt	nicht ermittelt	

N-Düngebedarfsermittlung

N-Bedarf (kg N/ha)	200	310	130	
Ertragsniveau (dt/ha)	450	120	90	
Rohproteingehalt (% RP i. d. TM)		16,2	17	
Ertragsdifferenz (dt/ha)	0	-25	0	
Rohproteindifferenz (% RP i. d. TM)		nicht ermittelt	nicht ermittelt	

Zu- und Abschläge für

im Boden verfügbare N-Menge (N _{min} , in kg N/ha)	-40	nicht vorgesehen	nicht vorgesehen	
Ertragsdifferenz (kg N/ha)	0	-68	nicht ermittelbar	
Rohproteindifferenz (% RP i. d. TM)		nicht ermittelbar	nicht ermittelbar	
N-Nachlieferung aus dem Bodenvorrat (kg N/ha)	0	0	-30	
N-Nachlieferung aus der organischen Düngung der Vorjahre (10 % d. im Vorjahr aufgebrauchten N-Fracht, kg N/ha)	-17	-17	-15	
N-Düngebedarf während der Vegetation (kg N/ha)	143	226	85	

N-Düngung

Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft (N ausgeschieden in kg N/ha)	200	200	212	20.355
minus Stall- und Lagerungsverluste (15 %) (kg N/ha)	170	170	148	15.775
im Anwendungsjahr verfügbar (60 %) (kg N/ha)	102	102	89	
N-Mineraldünger (kg N/ha)	41	124	-4	
N-Mineraldünger gesamt (kg N)	1.230	4.940	0	6.170

P-Düngung

P-Aufbringung mit Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft (kg P₂O₅)	2.105	2.807	2.232	7.144
--	--------------	--------------	--------------	--------------

Tabelle 5.22: Jährlicher betrieblicher Nährstoffvergleich für einen Futterbaubetrieb mit sechsmonatiger Weidehaltung (Düngeverordnung, Anlage 5)

Zufuhr	kg N/Jahr	kg P ₂ O ₅ /Jahr
WD-Verwertung aus Tierhaltung	9.669	7.143
Zukauf Mineraldünger	6.170	0
Summe Nährstoffzufuhr	15.839	7.143
Abfuhr		
Summe Grobfutteraufnahme inklusive Zuschläge	20.196	6.620
Nährstoffabfuhr Ackerbau (keine Ackerbauflächen vorhanden)	0	0
Summe Nährstoffabfuhr	20.196	6.620
Saldo	4.357	523
Saldo je ha	-44	5

Aufgrund der Weidehaltung errechnet sich nach den Vorgaben der Düngeverordnung (Anlage 1 Tabelle 1) ein höherer Nährstoffanfall. Für Silomais und Ackergras wird eine Gülle-Aufbringungsmenge von 170 kg N/ha und Jahr angenommen, für Grünland wird abweichend davon mit einer Aufbringungsmenge von 148 kg N/ha und Jahr kalkuliert (diese ergibt sich durch Multiplikation der Nährstoffausscheidung mit einer zulässigen Verlustquote von 30 % (Anlage 2 Spalte 3 Zeile 5). Die N-Obergrenze von 170 kg N/ha wird somit eingehalten. Es errechnen sich mineralische Ergänzungsdüngungen von 41 kg N/ha für Mais und 124 kg N/ha für Ackergras. Die Weide erhält keine zusätzliche N-Mineraldüngung.

Düngung

Der Betrieb bewegt sich mit seinem Wirtschaftsdüngereinsatz mit 168 kg N/ha knapp unter der N-Obergrenze für organische Düngemittel von 170 kg N/ha und Jahr und düngt mit Mineraldünger nach dem Ergebnis der Düngebedarfsermittlung zu. Anrechenbarkeiten und Verfügbarkeiten werden nach dem aktuellen Stand der Düngeverordnung bemessen. Insgesamt werden von den Tieren auf dem Betrieb 19.755 kg N/Jahr ausgeschieden. Nach Abzug der Stall- und Lagerungsverluste gelangen 16.792 kg N und 7.080 kg P₂O₅ auf die betrieblichen Flächen.

Nährstoffvergleich

Den Nährstoffvergleich für den Beispielbetrieb zeigt die Tabelle 5.22. Es werden Zufuhren an Stickstoff und Phosphor über Wirtschafts- und Mineraldünger, außerdem Nährstoffabfuhr über die Futtermittelverwertung, inklusive Futtermittelverluste, berücksichtigt.

Das Ergebnis des Nährstoffvergleichs zeigt, dass sich bei Weidehaltung aufgrund der zulässigen Verlustabzüge (Verlustabzüge für die Ermittlung des N-Düngewertes bei der Düngebedarfsermittlung, Weideverluste für die Düngebedarfsermittlung, Grobfutterverluste) und der Kalkulationsdaten niedrigere Salden errechnen als bei der Stallhaltung. Im Beispielbetrieb werden so Salden von - 44 kg N/ha und Jahr und 5 kg P₂O₅/ha und Jahr kalkuliert. Der Betrieb bleibt mit 164 kg N/ha aus organischen Düngern unter der N-Ober-

grenze der Düngeverordnung von 170 kg N/ha und Jahr und setzt im Durchschnitt 62 kg/ha an Mineraldünger ein.

Schlussfolgerungen für Futterbaubetriebe

Da die Nährstoffaufnahme der auf dem Betrieb gehaltenen Rinder mit der nach Düngeverordnung vorgeschriebenen „Plausibilisierung“ indirekt und betriebsübergreifend durchgeführt werden muss, ist eine direkte Rückkopplung zu den Erntemengen einzelner Grobfutterarten bzw. -flächen in Futterbaubetrieben schwierig (Abbildung 5.2). Bezogen auf die einzelnen Flächen müssen keine Grobfuttererträge oder -qualitäten erhoben werden. Diese Daten wiederum sind erforderlich, um die Düngebedarfsermittlung für die Futterbauflächen präziser zu gestalten. Für Futterbaubetriebe ist es demnach empfehlenswert, die Planungsgrößen für die Düngebedarfsermittlung zu verifizieren: über abgefahrenere Futtermengen, die Anzahl erzeugter Heu- oder Siloballen oder das Silovolumen und entsprechende Analysen des erzeugten Grobfutters. Forschungs- und Entwicklungsbedarf besteht hier in der Bereitstellung von praxistauglichen Schnellmethoden und Informationsangeboten, z. B. der Schätzung von Erntemengen über die Fernerkundung.

Auch für eine betriebsindividuelle Optimierung der Futterzusammensetzung (Kapitel 4.2), bei der die Mineralfuttermittel an die Nährstoffkonzentrationen im Grobfutter angepasst werden, sind betriebliche Daten zur Grobfutterqualität erforderlich. Ebenso für die vom Futtermittelnutzung abhängige, für das betriebliche Düngungsmanagement relevante Nährstoffkonzentrationen im Wirtschaftsdünger (Kapitel 3.9).

Allerdings können bei der nun eingeführten Plausibilisierung des Nährstoffvergleichs (§ 8 Absatz 3) nach Düngeverordnung die Ergebnisse solcher Optimierungsmaßnahmen nicht in den Nährstoffvergleich – und damit in die Bewertung der Düngeeffizienz und der Umweltverträglichkeit eines Betriebes – einfließen, da für die Plausibilisierung ausschließlich die standardisierten Kennzahlen der Düngeverordnung verwendet werden dürfen.

Ökolandbau und die neue Düngeverordnung

Die neue Düngeverordnung gilt für alle Betriebe – auch für die ökologisch wirtschaftenden. Trotzdem haben diese Betriebe eine Sonderrolle, und so enthält die vorliegende Broschüre keine Beispiele zum Ökolandbau. Dies hat verschiedene Gründe:

Zunächst wird im Ökolandbau ein grundsätzlich anderes Dünge-Management verfolgt: betriebliche Kreislaufführung von Nährstoffen besitzt Priorität, Anwendung von mineralischen N-Düngern ist untersagt, mineralischer P-Dünger ist nur in Form von Rohphosphat akzeptiert. Als Folge besitzt der Einsatz von Leguminosen zur N-Bindung eine sehr große Bedeutung im Ökolandbau. Die Fruchtfolgen sind häufig weiter und komplexer.

In Kürze sind für den Ökolandbau eigene Betriebsbeispiele zu entwickeln, welche die Anwendung der neuen Düngeverordnung und die Besonderheiten für verschiedene Produktionsrichtungen aufzeigen.

Außerdem sind die für die Düngeverordnung anzuwendenden Faustzahlen zur Kalkulation des Düngebedarfs und des Nährstoffvergleichs aus Daten des konventionellen Landbaues abgeleitet. Es ist jedoch wahrscheinlich, dass sich die Nährstoffzusammensetzung der ökologisch

erzeugten Produkte von den konventionell erzeugten Produkten unterscheidet (unterschiedliche Düngeintensität, Sorten, etc.). Das Ertragsniveau im Ökolandbau ist häufig niedriger als im konventionellen Anbau. Auch die Nährstoffausscheidungen ökologisch gehaltener Tiere werden sich von denen konventionell gehaltener Tiere unterscheiden, da das Fütterungsmanagement (Menge und Zusammensetzung der Futtermitteln) ein anderes ist. Die vorgenannten Aspekte des Ökolandbaus können zu einer höheren Nährstoffeffizienz des betrieblichen Nährstoffmanagements beitragen, womit sich Nährstoffsalden vermindern und Kontrollwerte leichter einhalten lassen.

Bisher haben ausschließlich die Bundesländer Sachsen und Sachsen-Anhalt spezielle Daten zum Nährstoffgehalt von ökologisch erzeugten Kulturen und von Düngemitteln (Wirtschaftsdünger tierischen Ursprungs und andere organische Düngemittel) veröffentlicht. Eine bundesweite Anwendbarkeit dieser Daten wurde bislang nicht geprüft. Auch vorhandene Daten zur legumen N-Bindung im Ökolandbau (Kolbe et al. 2015) wurden bislang nicht bundesweit abgestimmt.

Deshalb soll mit Vertretern des Ökolandbaus und der Politik die Anwendbarkeit der vorliegenden Datenkataloge geprüft werden, bevor diese zur Kalkulation von Beispielbetrieben verwendet werden.





6 Zusammenfassung

In der neuen Düngeverordnung wird erstmals zwingend vorgeschrieben, dass der nach einheitlichen Vorgaben kalkulierte Düngebedarf nur noch in absoluten Ausnahmefällen überschritten werden darf. Außerdem gelten niedrigere Kontrollwerte, d. h. die zulässigen Bilanzüberschüsse werden für Stickstoff von 60 auf 50 kg N/ha und Jahr im dreijährigen Mittel und für Phosphor von 20 auf 10 kg P₂O₅/ha und Jahr im sechsjährigen Mittel gesenkt. Diese Kontrollwerte gelten im Betriebsdurchschnitt. So kann ausgeschlossen werden, dass ausnahmsweise auftretende hohe N- und P-Salden auf einzelnen Flächen oder in einzelnen Jahren für die Betriebsleitung zum Problem werden. Auch kann bei unvorhersehbaren Ereignissen, z. B. bei Missernten aufgrund von Extremwetterereignissen, ein einmaliger Zuschlag zum Kontrollwert vorgenommen werden. Dazu ist Rücksprache mit der nach Landesrecht zuständigen Stelle zu halten.

Ansonsten gilt die Kontrollwertüberschreitung als Ordnungswidrigkeit; bei Wiederholung kann ein Bußgeld von bis zu 50.000 Euro verhängt werden. Daher ist der Praktiker gut beraten, seine Düngepraxis so anzupassen, dass sein betrieblicher Bilanzüberschuss sich sicher unter den gesetzten Grenzen bewegt. Viel stärker als bisher gilt es, bei der N- und P-Düngung nun dem fachlichen Grundsatz „der Pflanze ins Maul zu düngen“ zu folgen.

Hierzu gibt die vorliegende Broschüre mit den Maßnahmen zur Effizienzsteigerung bei der Düngung mit Stickstoff und Phosphor in den Kapiteln 3 und 4 Hinweise. Schöpft der Praktiker den Spielraum, der ihm durch die verschiedenen

Vorgaben der Düngeverordnung gemacht wird, vollständig aus, ist die Wahrscheinlichkeit einer Kontrollwertüberschreitung groß. Bei der N-Düngebedarfsermittlung werden z. B. Mindestwerte für die N-Lieferung aus dem Bodenvorrat, der organischen Düngung, der Vor- und Zwischenfrucht sowie der legumen N-Bindung genannt. Im Bestreben, möglichst viel wirtschaftseigenen Dünger verwerten zu können bzw. die betreffende Kultur möglichst gut mit mineralischem Stickstoff zu versorgen, ist von Seiten der Betriebsleitung die Versuchung hoch, jeweils nur diese Mindestwerte in Anrechnung zu bringen. Damit läuft der Landwirt oder die Landwirtin jedoch Gefahr, die Kontrollwerte zu überschreiten.

Mit den Betriebsbeispielen wird aufgezeigt, welche „Stellschrauben“ beim betrieblichen Düngemanagement im Rahmen der neuen Düngeverordnung nun zur Verfügung stehen. Mit dem Ackerbaubetrieb wird aufgezeigt, wie sich der betriebliche Saldo bei unterschiedlichen Düngemitteln verändert und dass auch die Höhe der Nährstoffabfuhr über Haupt- und Nebenprodukt eine Rolle spielen. Das Beispiel Gemüsebau zeigt den Einfluss der organischen Düngung auf und macht deutlich, wie stark nicht geerntete Flächen zu Buche schlagen. Das Beispiel des Veredelungsbetriebs verdeutlicht, welche Möglichkeiten bestehen, den anfallenden Wirtschaftsdünger unter Einhaltung der neuen Regelungen der Düngeverordnung möglichst weitgehend zu verwerten. Anhand des Futterbaubetriebs wird erläutert, wie die neuen Regeln der plausibilisierten Feld-Stall-Bilanz angewandt werden müssen und wie sich Stall- und Weidehaltung auf den betrieblichen Saldo auswirken.

7 Literatur

- Ad-hoc-AG Boden (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. Auflage (KA5). Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hrsg.) - Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung Stuttgart. S.110 ff, 165 f.
- AGGL (2017): Frischmasse-Ertrag und Stickstoffaufnahme verschiedener Zwischenfrüchte im langjährigen Mittel (AGGL 2011-2016; http://aggl-otzberg.de/wp-content/uploads/2017/07/2017_ZF-Ertr%C3%A4ge_Langj%C3%A4hrig.pdf)
- AGGL (2018): Arbeitsgemeinschaft Gewässerschutz und Landwirtschaft – Region Starkenburg. <http://aggl-otzberg.de/kategorie/allgemein/termine/>
- BAT (2017): Phosphor - Bedarf decken, Überschuss vermeiden. Buffler, M., Windisch, W. (Hrsg.): 55. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e. V. am 12. Oktober 2017, Freising (Tagungsband), 221 S.
- Baumgärtel, G. (2012): Stickstoffeffizienz im Ackerbau weiter steigern - Möglichkeiten und Grenzen. In: 21. Thüringer Düngungs- und Pflanzenschutztagung, Pfißfeld. Tagungsband, 55 S., S. 34-42. <http://www.tll.de/ainfo/pdf/dunt1112.pdf>
- BMEL (2018): Strengere Cross-Compliance-Regeln bei EU-Agrarförderung. https://www.bmel.de/DE/Landwirtschaft/Foerderung-Agrarsozialpolitik/_Texte/Fruehwarnsystem.html
- Bohnenkemper, O.; Steffens, G. (2006): Gülle - Mengen genau ermitteln, Proben richtig ziehen, Heft 61, KTBL Darmstadt, 28 S.
- Brauckmann (2014): Nährstoffgehalte und Biogaserträge separierter Gülle. Nährstoffmanagement von Wirtschaftsdüngern und Gärresten, Vortrag Hannover. https://www.3-n.info/media/4_Downloads/pdf_WssnSrv_Srv_Nds_Vrtrg_Brauckmann_Hans-Jrg.pdf
- Bull, I. (2016): Verminderung von Ammoniak-Emissionen durch pH-Wert-Regulierung – Die Dänen machen es uns vor. www.landwirtschaft-mv.de/serviceassistent/download?id=1579703
- Bundessortenamt (2016): Beschreibende Sortenliste Getreide, Mais, Öl- und Faserpflanzen, Leguminosen, Rüben, Zwischenfrüchte 2016, www.bundessortenamt.de/internet30/fileadmin/Files/PDF/bsl_getreide_2016.pdf, 130-131
- Beisecker, R.; Piegholdt, C.; Seith, T.; Helbing, F. (2015): Abschätzung der standortspezifischen Stickstoffnachlieferung zur Optimierung der gewässerschonenden Stickstoffdüngung (Abschlussbericht). Band 1: Kurzfassungen. DVGW e.V., Bonn (Hrsg.). 58 S.
- COOPERL (2018): <http://www.cooperl.com/en/trac-scraper>
- Dittert, K. (2014): Nährstoffbedarf und Nährstoffversorgung von Pflanzen – Kriterien und Herausforderungen. In: Nährstoffbedarf und Nährstoffversorgung von Pflanze und Tier. Kongressband Hohenheim, VDLUFA-Schriftenreihe Band 70/2014 VDLUFA-Verlag, Darmstadt, S. 32-39
- DLG (2014): Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere. 2. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt. 122 S.
- DüMV (2012): Düngemittelverordnung vom 5. Dezember 2012 (BGBl. I S. 2482), zuletzt geändert durch Artikel 3 der Verordnung vom 26. Mai 2017 (BGBl. I S. 1305)
- Federolf, C.-P.; Westerschulte, M.; Olfs H.-W.; Trautz, D. (2016): Gülleunterfußdüngung zu Silomais im Nordwesten Deutschlands: Die Nährstoffbilanz entlasten. Landwirtschaft ohne Pflug 05/2016, S. 23-27
- Federolf, C.-P.; Westerschulte, M.; Olfs, H.-W.; Broll, G.; Trautz, D. (2016a): Enhanced nutrient use efficiencies from liquid manure by positioned injection in maize cropping in northwest Germany. European Journal of Agronomy 75, S. 130-138
- Feuerstein, D. (2017): Entwicklungen zur Phytase. In: Phosphor - Bedarf decken, Überschuss vermeiden. Buffler, M.; Windisch, W. (Hrsg.): 55. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e. V. am 12. Oktober 2017, Freising (Tagungsband), S. 39-44
- Fricke, E. und Riedel, A. (2011): „Lohnt der Regen aus der Düse?“, DLG-Mitteilungen 7/2011
- Gebauer, W.-G.; Schaaf, H. (2017): Gesamt-Stickstoff im Boden verdient stärkere Beachtung. LW 41/2017, S. 20-23
- Gramm, M. (2014): Bewässerung in Sachsen Schriftenreihe, Heft 17/2014. Schriftenreihe des LfULG, Heft 17/2014 69 S., <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/22174>
- Grünewald, K.-H.; Danier, J.; Steuer, G. (2013): Phytasezusatz im Mischfutter, VDLUFA-Kongress 2013, Berlin, VDLUFA-Schriftenreihe Band 69, S. 528-533

- Henkelmann, G. (2017): Probenahme aus Gülle-, Fermenter- und Gärrestbehältern, Einsatzstofflagern und offenen Silos. Zusammengestellt von der Arbeitsgruppe III (Prozessbiologie, -bewertung und Analytik) im „Biogas Forum Bayern“. Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V. (Hrsg.), 22 S.; http://www.biogasforum-bayern.de/De/Fachinformationen/Aktuelles/nachhaltig-erneuerbar-energie_Probenahme.html
- Horlacher, D.; Rutzmoser, K.; Schultheiß, U. (2014): Festmist- und Jaucheanfall - Mengen und Nährstoffgehalte aus Bilanzierungsmodellen. KTBL-Schrift 502, 72 S.
- Industrieverband Agrar (2017): Wichtige Zahlen Düngemittel • Produktion • Markt • Landwirtschaft (Stand Dezember 2017), www.iva.de, 55 S.
- Janßen, A. (2018): Schriftliche Mitteilung. Modellbetriebe der WRRL in NRW. <https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/wasserschutz/wrrl/ansprechpartner/index.htm>
- Kerschberger, M.; Hege, U.; Jungk, A. (1997): Phosphordüngung nach Bodenuntersuchung und Pflanzenbedarf. VDLUFA-Standpunkt, 8 S., <http://www.vdlufa.de/joomla/Dokumente/Standpunkte/0-4-phosphor.pdf>
- Klages, S.; Osterburg, B.; Laggner, B.; Röder, N. (2016): Gegenwärtige und künftige Rechtsvorgaben für die P-Düngung und deren Auswirkung auf den Transportbedarf für Wirtschaftsdünger. VDLUFA-Schriftenreihe Bd. 72, Kongressband 2016, Rostock, VDLUFA-Verlag, Darmstadt, S. 342-351
- Klages (2018a): So berechnen Sie nun Ihre Düngegaben. Agrarheute PFLANZE + FELDFUTTER, Februar 2018, S. 36-42
- Klages (2018b): So düngen Sie nun Grünland und Feldfutter. Agrarheute PFLANZE + FELDFUTTER, März 2018, S. 40-45
- Klussmann, J.; Honermeier, B.; Linnemann, L. (2017): Backvolumen und indirekte Qualitätsparameter von Winterweizen bei reduzierter Stickstoff-Düngung. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss, 29, S. 168-169
- KTBL (2017): Klimaschutz in der Landwirtschaft - Emissionsminderung in der Praxis: KTBL-Heft 119, 60 S., KTBL, Darmstadt
- Kolbe, H.; Schmidt, E.; Klages, S. (2015): Bodenfruchtbarkeit und Düngung. In: Faustzahlen für den Ökologischen Landbau. KTBL (Hrsg.), Darmstadt, S. 103-151
- Kratz, S.; Schick, J.; Shwiekh, R.; Schnug, E. (2014): Abschätzung des Potentials erneuerbarer P-haltiger Rohstoffe in Deutschland zur Substitution rohphosphathaltiger Düngemittel. Journal für Kulturpflanzen 66: S. 261-275
- Lindhauer, M. (2009): Brotweizenqualität: Aktueller Status und Perspektiven. Norddeutsches Weizenforum. Schriftenreihe des Inst. für Pflanzenbau und -züchtung der CAU Kiel, 63. S. 139-145
- LLH (2017): Einflussfaktoren auf die N-Effizienz der Pflanze. Newsletter WRRL, WRRL_03_2017 vom 20.10.2017. Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen. <https://www.llh.hessen.de/umwelt/boden-und-gewaesserschutz/wasserrahmenrichtlinie/wrrl-newsletter-einflussfaktoren-auf-die-n-effizienz-der-pflanze/>
- Lossie, U. (2016): Die Düngerqualität bestimmt das Streuergebnis. praxisnah – Fachinformation für die Landwirtschaft. <https://www.praxisnah.de/index.cfm/article/9355.html> (Stand 27.12.2016)
- Lossie, U. (2017): Jedes Korn zählt. www.deula-nienburg.de
- LUFA Nord-West (2018): Hinweise zur Entnahme von Bodenproben auf Nmin, <https://www.lufa-nord-west.de/index.cfm/nav/3/article/498.html>
- Nitratrichtlinie (1991). Richtlinie des Rates vom 12. Dezember 1991 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen (91/676/EWG), zuletzt geändert am 21.11.2008
- NLWKN (Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz) (2015): Anwenderhandbuch für die Zusatzberatung Wasserschutz. https://www.nlwkn.niedersachsen.de/service/veroeffentlichungen_webshop/schriften_zum_downloaden/downloads_grundwasser_trinkwasser/veroeffentlichungen-zum-thema-grundwasser-trinkwasser-zum-downloaden-44047.html. 338 S.
- Obermeier, M.; Brandl, J.; Schuster, H.; Schuster, M. (2017): P-Untersuchungen – ein Muss! In: Phosphor - Bedarf decken, Überschuss vermeiden. Buffler, M., Windisch, W. (Hrsg.): 55. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e. V. am 12. Oktober 2017, Freising (Tagungsband), S. 74-79
- Olfs, H.-W.; Werner, W. (1993): Methodische Ansätze zur Erfassung des N-Nachlieferungsvermögens des Bodens. Bodennutzung und Bodenfruchtbarkeit, 5, S. 141-157

- Olfs, H.-W.; Trautz, D.; Pralle, H. (2008): Nährstoffgehalte schwanken stark. *Land & Forst* 48, S. 24-25
- Olfs, H.-W., (2009): Improved precision of arable nitrogen applications: Requirements, technologies and implementation. *IFS Proceedings* 662, S. 1-35
- Olfs, H.-W.; Federolf, C.-P.; Westerschulte, M.; Trautz, D. (2015): Nitratauswaschung stoppen. *dlz agrarmagazin*, S. 15-18
- Olfs, H.-W.; Federolf, C.-P.; Westerschulte, M.; Trautz, D. (2016): Gülle-Injektion im Maisanbau. *Mais* 2/2016, S. 64-67
- Olfs, H.-W.; Federolf, C.-P.; Westerschulte, M.; Trautz, D. (2017): Gülle-Injektion – Alternative zur mineralischen Unterfußdüngung? *Landwirt* 9/2017, S. 40-41
- Pachold, P.-J. (2010): Bewässerung im Gartenbau. *Ulmer*
- Ratjen, A. M.; Kage, H. (2017): Qualitätsgabe Weizen – Nitratvorräte im Unterboden erhöht. *BAUERNBLATT*, 27. Mai 2017, S. 27-28
- Reinsdorf, E.; Baumgärtel, G.; Ratjen, A. M.; Kage, H. (2016): Online optimieren. *DLG-Mitteilungen* 3/2016, S. 20-22
- Sandrock, V. (2012): Stickstoff – der Motor des Pflanzenwachstums. *Lohnunternehmen* 2/2012, S. 58-62
- Sauermann, W. (2015): Raps: Stickstoff düngen nach Frischmasse. *top agrar* 11/2015, S. 62-65
- Schnug, E.; de Kok, L. (2016): Phosphorus: 100 % Zero. *Springer Netherlands*. 349 S.
- Schnug, E.; Kratz, S.; Schick, J.; Haneklaus, S. (2015): Phosphor, alles nur eine Frage der Verfügbarkeit. https://www.bmel.de/DE/Landwirtschaft/Pflanzenbau/Boden/_Texte/Boden.html?docId=6871966
- Sieling, K.; Henke, J.; Sauermann, W.; Kage, H. (2009): N-Düngung Winterraps – Optimierung durch Berücksichtigung der N-Menge. *Landpost*, S. 30-32
- Sieling, K. J.; Sauermann, W.; Kage, H. (2010): Optimierung der N-Düngung von Raps durch Berücksichtigung der bereits aufgenommenen N-Menge. *VDLUFA-Schriftenreihe* 66, Kongressband 2010. S. 201-208
- Snauwaert, E.; Forrestal, P.; Bonmati, A.; Riiko, K.; Klages, S.; Brandsma, J.; Provololo, G.; Bernard, J.-P. (2017): On Farm Tools for accurate Fertilisation. Mini-paper, EIP-AGRI Focus Group Nutrient Recycling. https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/agri-eip/files/2_mp_on_farm_tools_final.pdf. 19 S.
- Spiekers, H. (2017): Nährstoffausscheidung und P-Effizienz. In: Phosphor - Bedarf decken, Überschuss vermeiden. *Buffler, M.; Windisch, W. (Hrsg.): 55. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e. V. am 12. Oktober 2017, Freising (Tagungsband)*, S. 59-66
- StoffBilV (2017): Verordnung über den Umgang mit Nährstoffen im Betrieb und betriebliche Stoffstrombilanzen (Stoffstrombilanzverordnung) vom 14. Dezember 2017 (BGBl. I S. 3942)
- Tendler, L.; Beisecker, R. (2015): Mit so viel Stickstoff können Sie rechnen. *dlz agrarmagazin*. November 2015. S. 106-110
- Wiesler, F.; Appel, T.; Dittert, K.; Ebertseder, T.; Müller, T.; Nätscher, L.; Olfs, H.-W.; Rex, M.; Schweitzer, K.; Steffens, D.; Taube, F.; Zorn, W. (2018): Phosphordüngung nach Bodenuntersuchung und Pflanzenbedarf“. *VDLUFA-Standpunkt*, 11 S., http://www.vdlufa.de/Dokumente/Veroeffentlichungen/Standpunkte/2018_Standpunkt_P-Duengung.pdf
- Yara (2013): <http://www.yara-n-tester.de/files/interpretation.html>
- Zorn, W.; Schröter, H.; Heß, H. (2012): Was bringen neue Verfahren der Unterfußdüngung bzw. der Einsatz von Design-N-Mischungen zum Winterraps? Vortrag: 16. Thüringer Raps-tag am 07. Juni 2012, Piffelbach. <http://www.tll.de/imperia/rapstag/rpt30612.pdf>
- Zorn, W.; Wagner, S.; Heubach, M.; Schröter, H. (2013): Zukunftskonzepte für die Bodenbearbeitung aus Sicht der Pflanzenernährung. *Weizentag Schleswig-Holstein Gut Helmstuf* 20.06.2013. https://www.lksh.de/fileadmin/dokumente/Landwirtschaft/Pflanze/Fachvortraege/Weizentag_2013/4_-_Zorn_Weizentag_SH_06-2013.pdf

Redaktionsgruppe der Broschüre

Birgit Apel

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen
Fachbereich Landbau, Nachwachsende Rohstoffe,
Köln-Auweiler

Dr. Carmen Feller

Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau
Programmbereich Funktionelle Pflanzenbiologie,
Großbeeren

Dr. Maximilian Hofmeier

Umweltbundesamt, Dessau

Dr. Angela Homm-Belzer

Arbeitsgemeinschaft Gewässerschutz und Landwirtschaft,
AGGL, Region Starkenburg

Dr. Jörg Hüther

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz
Referat VII 1 – Pflanzenproduktion, Pflanzenschutz,
Verfahrenstechnik, Umweltangelegenheiten der
Landwirtschaft, Wiesbaden

Dr. Susanne Klages

agri.kultur – Dienstleister im Bereich Landwirtschaft
und Kultur, Messel

Andreas Löloff

Niedersächsisches Ministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz
Referat 104 – Hannover

Prof. Dr. Werner Olfs

Hochschule Osnabrück
Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur,
Osnabrück

Bernhard Osterburg

Johann Heinrich von Thünen-Institut
Institut für Ländliche Räume, Stabsstelle Klimaschutz,
Braunschweig



KTBL-Veröffentlichungen



Düngung mit Gärresten

Eigenschaften – Ausbringung – Kosten

Gärreste aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen sind ein vielseitig einsetzbares Düngemittel. Die Autoren beschreiben, worauf Landwirte bei der Düngung mit Gärresten aus Sicht des Pflanzenbaus, des Umweltschutzes und der Kosten achten sollten.

Darmstadt, 2017, 64 S.

Printversion: Best.-Nr. 40117

Digitale Version: Best.-Nr. P_40117



Anpassungsstrategien für Biogasanlagen

Die EEG-Förderrichtlinien ändern sich, die Substrat- und Pachtpreise steigen und die Umweltauflagen werden verschärft. Betreiber von Biogasanlagen müssen auf diese neuen Rahmenbedingungen reagieren. Die Informationen im Heft helfen Handlungsspielraum zu erkennen und mit den richtigen Entscheidungen den wirtschaftlichen Betrieb der Anlage weiterhin zu sichern.

Darmstadt, 2017, 64 S.

Printversion: Best.-Nr. 40118

Digitale Version: Best.-Nr. P_40118



Klimaschutz in der Landwirtschaft

Emissionsminderung in der Praxis

Das Heft liefert einen Überblick über die wichtigsten Quellen von Treibhausgasen in landwirtschaftlichen Betrieben und zeigt auf, wie Landwirte die Emissionen in ihrem Betrieb mindern können.

Darmstadt, 2017, 60 S.

Printversion: Best.-Nr. 40119

Digitale Version: Best.-Nr. P_40119

Bestellung an:

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

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

BZL-Medien



Die neue Düngeverordnung

Die Düngeverordnung wurde 2017 grundlegend überarbeitet, mit dem Ziel, die Effizienz der Düngung zu erhöhen, die Gewässerbelastungen zu verringern und die Ammoniakemissionen zu reduzieren. Was das für die Praxis bedeutet, erläutert diese Broschüre. Sie stellt die aktuelle Rechtslage vor und zeigt wie bei der Düngebedarfsermittlung vorzugehen ist. Sie informiert über Aufbringungsbeschränkungen, Sperrzeiten und Lagerkapazitäten und gibt einen detaillierten Überblick über die verschiedenen Aufbringungstechniken. Die Autoren gehen darüber hinaus auf die betriebliche Obergrenze für Stickstoff ein, erläutern den Nährstoffvergleich und geben Hinweise zu den Aufzeichnungspflichten und Ordnungswidrigkeiten. Der Download dieser Veröffentlichung (3 MB) steht kostenlos zur Verfügung.

Broschüre, 56 Seiten, 2. Auflage 2018, Bestell-Nr. 1756



Agrarmeteorologie

Die Agrarmeteorologie beschäftigt sich mit dem Einfluss von Wetter und Klima auf die Kulturpflanzen und gibt Empfehlungen für die Arbeit auf dem Feld. Die vorliegende Broschüre zeigt, welche Bedeutung diese Empfehlungen für den Agrarbereich haben. Das gilt zum Beispiel für die Düngung oder für den Pflanzenschutz. Grundlagen sind die Entwicklungsprognosen der Pflanzen und der Schaderreger, zum anderen die Vorhersage von Witterung und Kleinklima. Die Agrarmeteorologie verbindet all diese Faktoren, so dass daraus konkrete Empfehlungen für den Landwirt abgeleitet werden können. Hier werden die theoretischen Grundlagen und die praktischen Anwendungen für Landwirtschaft und Gartenbau, Weinbau, Obstbau und Sonderkulturen vorgestellt. Der Download dieser Veröffentlichung (10 MB) steht kostenlos zur Verfügung.

Broschüre, 184 Seiten, Erstauflage 2017, Bestell-Nr. 1651



Integrierter Pflanzenschutz

Das Heft beschreibt das Konzept des integrierten Pflanzenschutzes. Neben acker- und pflanzenbaulichen Maßnahmen werden Schutz, Förderung und Einsatz von Nützlingen sowie der sachgerechte Einsatz von Pflanzenschutzmitteln nach dem Schadschwellenprinzip vorgestellt. Dabei flossen neueste Erkenntnisse des Modell- und Demonstrationsvorhabens „Demonstrationsbetriebe integrierter Pflanzenschutz“ der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung mit ein.

Heft, 48 Seiten, 7. Auflage 2018, Bestell-Nr. 1032



Ohne Bienen keine Früchte

Die kleinsten Nutztiere liefern nicht nur Wachs und Honig, sie bestäuben auch fast 80 Prozent der Nutzpflanzen. Ohne Bienen als Bestäuber wäre die Auswahl an Lebensmitteln stark eingeschränkt und auch die Pflanzenvielfalt deutlich geringer. Der wirtschaftliche Wert dieser Bestäubungsleistung liegt um ein Vielfaches über dem des erzeugten Honigs. Das Heft vermittelt einen Einblick in die faszinierende Welt der Honigbienen. Die Futterquellen für die Bienen haben in den vergangenen Jahren abgenommen. Jeder Garten- und Balkonbesitzer kann dazu beitragen, dass genügend Bienenfutter vorhanden ist, indem er Pflanzen sät, die nektar- und pollenreich sind. Je vielfältiger, umso besser. Bienenschutz geht alle an!

Heft, 44 Seiten, Erstauflage 2017, Bestell-Nr. 1567

Pockets – Maxi-Wissen im Mini-Format

Für Verbraucherinnen und Verbraucher gibt das BZL „Pockets“ heraus: Sie sind im Format 10,5 x 10,5 cm und beantworten zwölf Fragen zu einem bestimmten landwirtschaftlichen Thema.

Folgende Pockets sind bisher erschienen:

- » **Bauer sucht Wetter... Wetter, Klima, Landwirtschaft**
2017, Bestell-Nr. 0411
- » **Ein gutes Tröpfchen – Wasser in der Landwirtschaft**
2018, Bestell-Nr. 0433
- » **Schmetterlinge im Bauch? – Alles über Hülsenfrüchte**
2018, Bestell-Nr. 0421
- » **Der Schatz unter unseren Füßen**
2018, Bestell-Nr. 0401
- » **So leben Milchkühe**
2018, Bestell-Nr. 0457
- » **So leben Schweine**
2018, Bestell-Nr. 0458



Bestellungen an:

BLE-Medienservice
c/o IBRo Versandservice GmbH
Kastanienweg 1
18184 Roggentin
Telefon: +49 (0)38204 66544
Telefax: +49 (0)228 8499-200
bestellung@ble-medienservice.de

Alle Medien auch als Download: www.ble-medienservice.de



Impressum

1770/2018

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

Referat 421 – Redaktion Landwirtschaft

Text

Dr. Susanne Klages, agri.kultur, in Zusammenarbeit mit einem Redaktionsteam

Layout

grafik.schirmbeck, Meckenheim

Bilder

Beisecker: Seite 16
Blunk GmbH: Seite 26
Landpixel: Titel, Seite 2, 4, 12, 58, 59
Lossie: Seite 27
Olfs: Seite 28
Pralle: Seite 22
Schultheiß: Seite 63
Rückseite:
© Kletr – stock.adobe.com
© ThomBal – stock.adobe.com
© Countrypixel – stock.adobe.com
© iStock.com – tepic

Druck

WIRmachenDRUCK GmbH, Mühlbachstraße 7, 71522 Backnang

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

ISBN 978-3-8308-1334-7

© BLE 2018



Das Bundesinformationszentrum Landwirtschaft (BZL) ist der neutrale und wissenschaftsbasierte 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-agrar.de



Bestell-Nr. 1770
Preis: 5,00 €