

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)

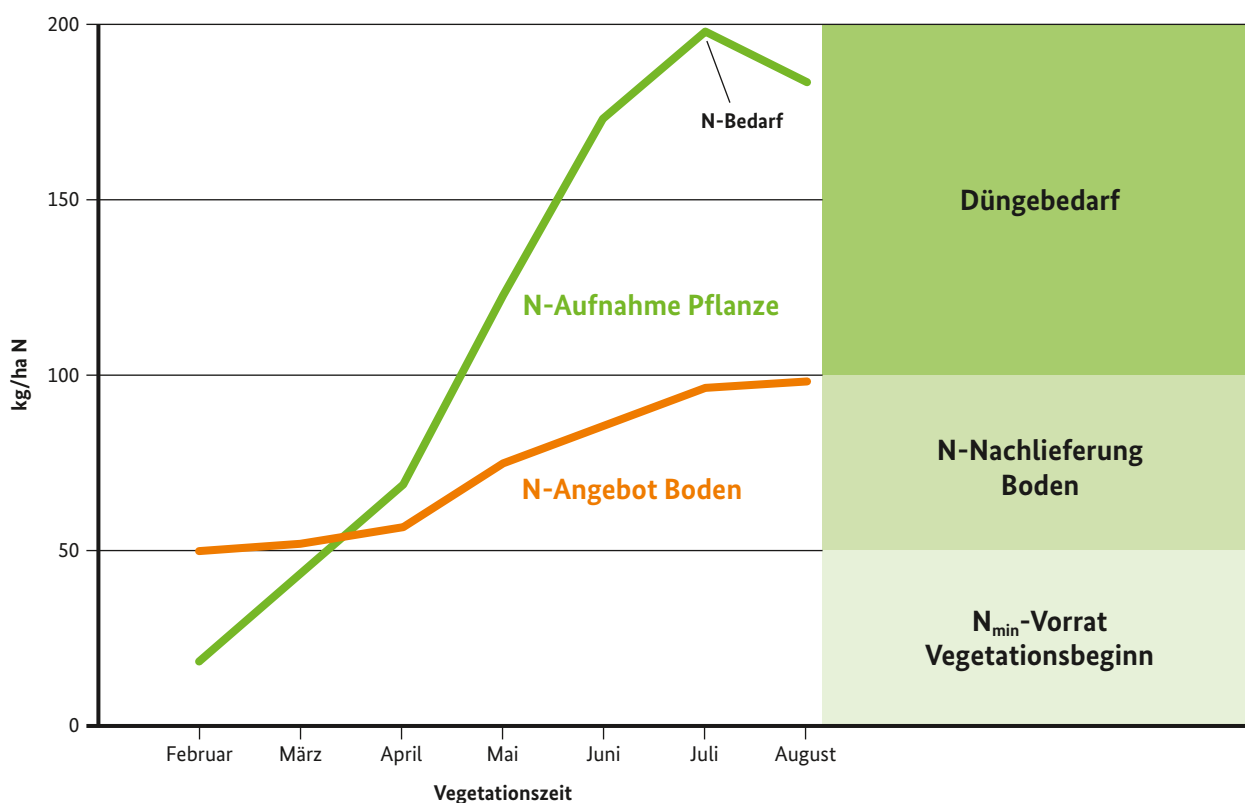
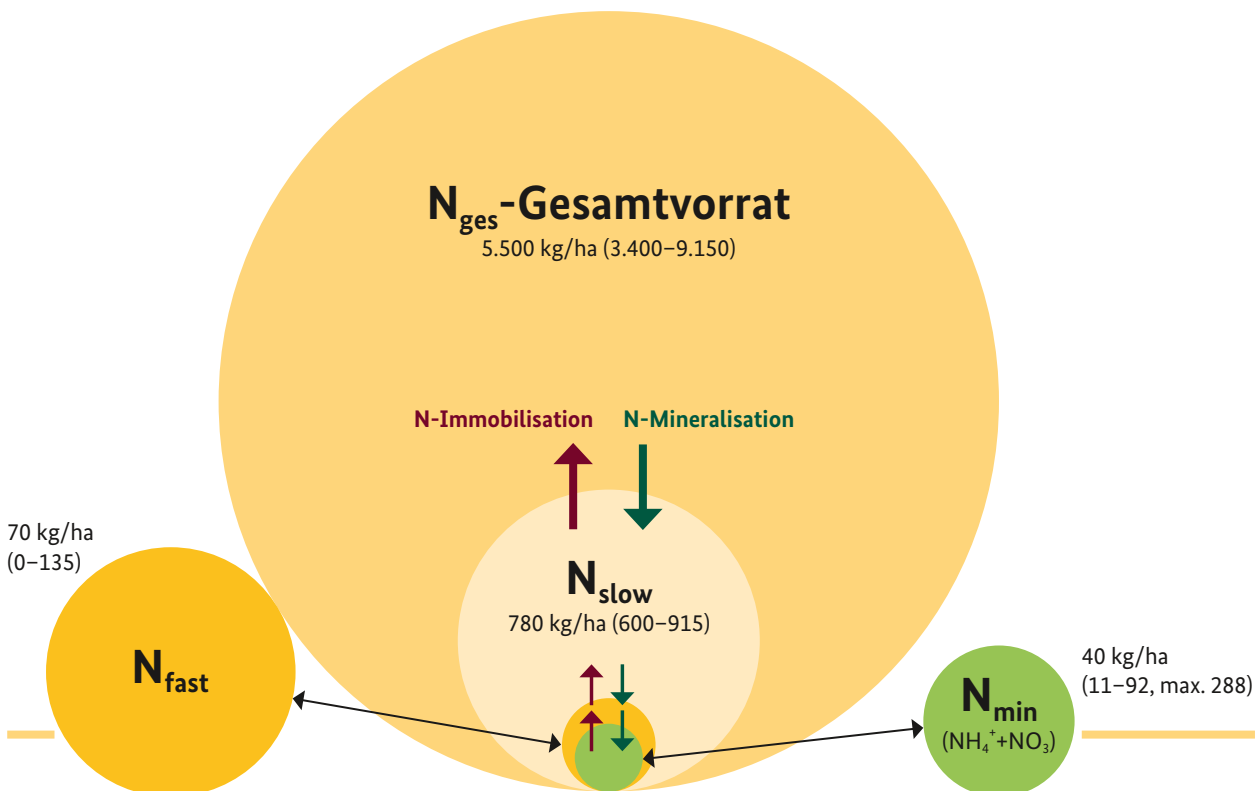


Abbildung 2.2: Größenordnung der verschiedenen N-Fractionen im Oberboden von Ackerschlägen; jeweils als Mittelwert, Minimum und Maximum (Beisecker et al., 2015)



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

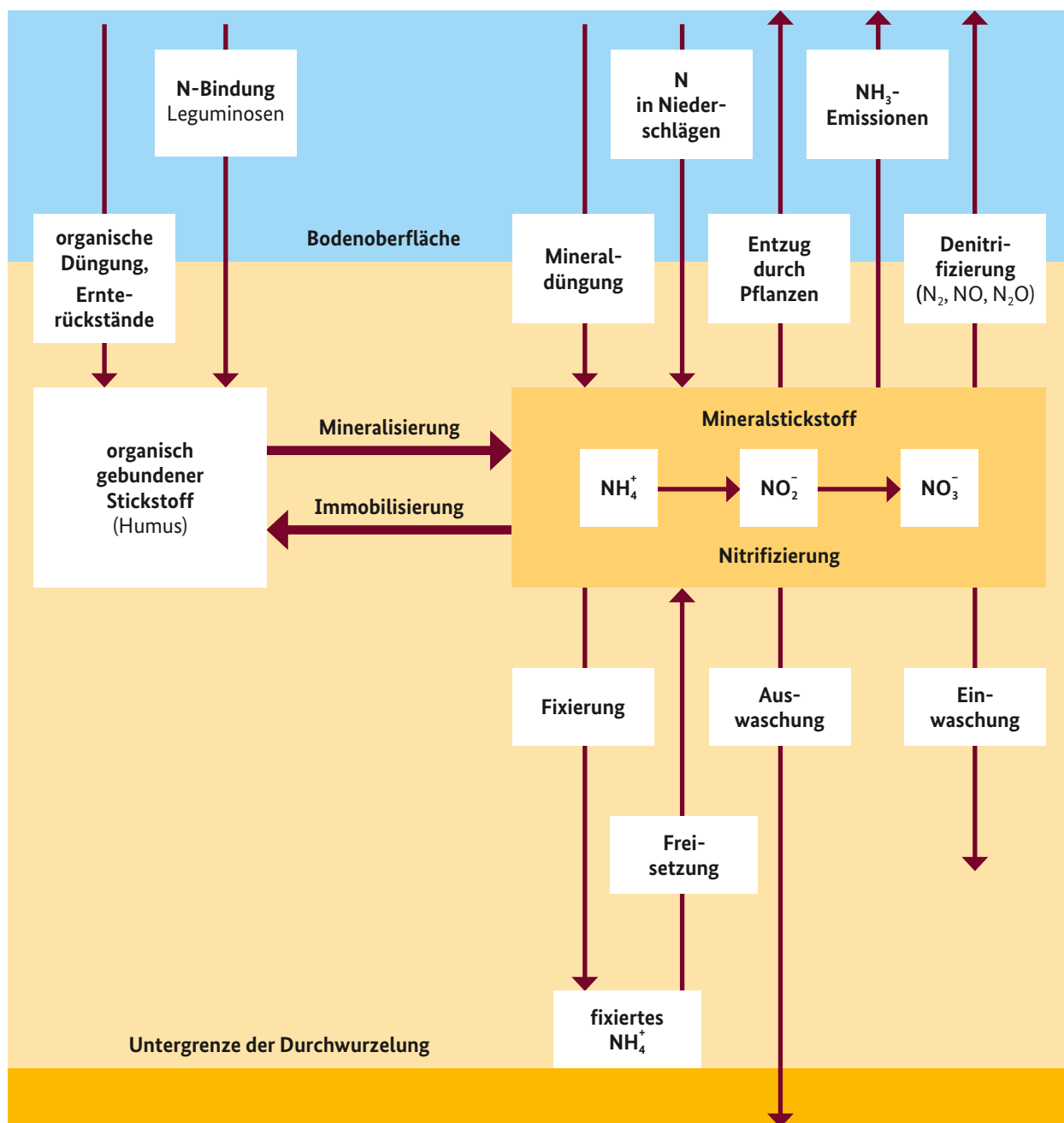
die mineralisierbare und damit potenziell pflanzenverfügbare N-Menge. Dabei haben neuere Untersuchungen gezeigt, dass durch die organische N-Düngung auf vielen Flächen bei gleichbleibender Humuskonzentration das C/N-Verhältnis enger wird. Diese Flächen besitzen trotz des relativ niedrigen Humusgehalts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

