

Nitratauswaschung

Ursachen und Maßnahmen
zur Minimierung



Ap

Ai

Bt

Bv

Cv

INHALT

Einleitung	4
Stickstoff – lebenswichtiger Nährstoff	5
Stickstoff im Boden	5
Nitrat in Trinkwasser und Nahrung	6
Entwicklung der Nitratbelastung des Grundwassers	7
Faktoren der Nitratauswaschung aus Böden	8
Ursachen für hohe Nitratgehalte zu Beginn von Auswaschungsperioden	8
Sickerwassermenge in Abhängigkeit von Bodenart und Niederschlag	11
Maßnahmen zur Verringerung der Nitratauswaschung	14
Bedarfsgerechte Stickstoffdüngung	14
<i>Düngungshöhe</i>	15
<i>Zeitpunkt und Aufteilung der Düngung</i>	17
<i>Düngerform</i>	18
Kulturartenwahl und Gestaltung der Fruchtfolge	19
Ergänzende Bewirtschaftungsmaßnahmen	19
Wesentliches zur Nitratauswaschung aus Böden	20
Zusammenfassung	21
Literatur	22
Weitere aid-Medien	23

EINLEITUNG

Die Landwirtschaft steht vor großen Herausforderungen. Sie muss nicht nur unsere Ernährung sichern, sondern auch den zunehmenden Bedarf an nachwachsenden Rohstoffen und Energien decken. Dabei sollen unsere Lebensgrundlagen Boden, Wasser und Luft durch die Bewirtschaftung jedoch so gering wie möglich belastet werden.

Unter den von der Landbewirtschaftung ausgehenden Umweltbelastungen ist das Problem der Nitratauswaschung aus dem Boden nach wie vor aktuell, auch wenn durch viele Maßnahmen in der Vergangenheit bereits positive Tendenzen bei der Nitratbelastung unserer Gewässer zu beobachten sind.

Nitratausträge sind – selbst bei naturnahen Flächen und nicht landwirtschaftlich genutzten Flächen – nie ganz vermeidbar. Als Landwirt können Sie die Nitratausträge durch geeignete Maßnahmen aber auf ein Minimum reduzieren.

Die vorliegende Kompaktinfo gibt Ihnen in kurzer Form eine Übersicht über die Ursachen für Nitratausträge in Grund- und Oberflächenwasser und zeigt Möglichkeiten auf, wie Sie diese minimieren können.

STICKSTOFF – LEBENSWICHTIGER NÄHRSTOFF

Stickstoff ist ein lebenswichtiges Element für Pflanzen, Tiere und den Menschen und wird u. a. für die Synthese von Eiweiß, Enzymen und Vitaminen benötigt. Von den Pflanzen wird Stickstoff während des Wachstums in großen Mengen aufgenommen und dann mit den Ernteprodukten von den Feldern abgefahren. Er muss deshalb dem Boden durch Düngung in organischer oder mineralischer Form wieder zugeführt werden, um so eine in Menge und Qualität nachhaltige Pflanzenproduktion zu sichern.

Bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts begrenzte Stickstoffmangel die im Pflanzenbau erzielbaren Erträge und Qualitäten und damit die Ernährung einer wachsenden Bevölkerung. Mit der Entwicklung des Haber-Bosch-Verfahrens zur Bindung von Luftstickstoff für die industrielle Synthese von Ammoniak zur Herstellung mineralischer Stickstoffdünger hat sich dies geändert. Der Stickstoffeinsatz in der Landwirtschaft hat einen großen Anteil daran, dass die globale Nahrungsmittelproduktion in den vergangenen 50 Jahren in etwa verdoppelt werden konnte. Heute wird etwa die Hälfte des Stickstoffbedarfs für die Nahrungsmittelerzeugung weltweit über Mineraldünger bereitgestellt.

STICKSTOFF IM BODEN

Stickstoff ist im Boden zahlreichen Umwandlungsprozessen ausgesetzt und liegt sowohl in organisch gebundener als auch mineralischer Form vor (Abb. 1). Ein bedeutsames Glied im Stickstoffkreislauf ist das Nitrat (NO₃⁻). Pflanzen nehmen zur Deckung ihres Stickstoffbedarfs unter hiesigen Anbaubedingungen in erster Linie Nitrat auf. Andere mineralische N-Formen werden durch Mikroorganismen im Boden – ausreichende Temperatur und Bodenfeuchte vorausgesetzt – relativ schnell zu Nitrat umgewandelt. Dies sind beispielsweise Ammonium-N [NH₄⁺] aus der Mineralisation organischer Substanz oder ammoniumhaltigen Düngern und Amid-N aus Harnstoff.

Da Nitrat kaum an Bodenbestandteile gebunden wird, ist es im Boden sehr mobil. Es ist daher einerseits für die Pflanzen leicht aufnehmbar, kann aber andererseits mit dem Sickerwasser ausgewaschen und im Grundwasser und in Oberflächengewässern angerei-

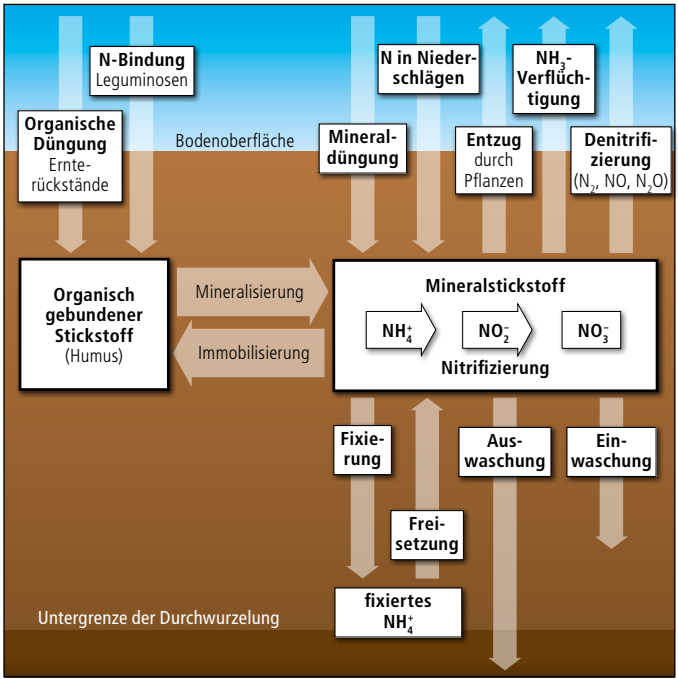


Abb. 1: Stickstoffhaushalt des Bodens

chert werden. Neben einer Belastung des Trinkwassers kann es so auch zu unerwünschten Stickstoffeinträgen in sensible, nährstoffarme Ökosysteme kommen. Eine Auswaschung von Nitrat ist daher aus Gründen eines vorsorgenden Gesundheitsschutzes und mit Blick auf den Ökosystemschutz so weit wie möglich zu vermeiden.

NITRAT IN TRINKWASSER UND NAHRUNG

Um eine mögliche Gefährdung des Menschen durch zu hohe Nitrataufnahme auszuschließen, wurden für Trinkwasser und Gemüse vorsorglich Grenzwerte für den Nitratgehalt festgelegt. Der EU-Höchstwert für Nitrat im Trinkwasser liegt derzeit bei 50 mg NO₃⁻/l.

Bereits 1991 wurde mit der EU-Nitratrichtlinie der rechtliche Rahmen für den Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus der Landwirtschaft gelegt. Mit der Düngeverordnung von 1996 wurden die wesentlichen Bestimmungen der EU-Nitratrichtlinie in deutsches Recht umgesetzt mit dem Ziel, die gute fachliche Praxis beim Düngen zu definieren und das Grundwasser vor Nitratreinträgen aus landwirtschaftlichen Quellen zu schützen. Die EU-Wasser-

rahmenrichtlinie aus dem Jahr 2000 regelt zudem, dass der ökologische und chemische Zustand von Oberflächengewässern und Grundwasser zu erhalten und ggf. zu verbessern ist, sich jedoch keinesfalls verschlechtern darf.

ENTWICKLUNG DER NITRATBELASTUNG DES GRUNDWASSERS

Dass die in diesen Vorschriften getroffenen Maßnahmen zur Reduzierung der Nitratbelastung des Grundwassers Wirkung zeigen, wird aus der gemessenen Veränderung der Nitratgehalte im bundesweit errichteten Grundwasserbelastungsmessnetz (Abb. 2) deutlich.

Der hohe Anteil an Messstellen mit stark und leicht abnehmenden Nitratgehalten belegt eine positive Entwicklung. Die Aufmerksamkeit muss weiterhin auf den nicht unwesentlichen Anteil mit leicht bzw. stark zunehmenden Nitratgehalten gelenkt werden.

Daher und da es sich bei den landwirtschaftlichen Stickstoffeinträgen in Gewässer und Umwelt in der Regel um sogenannte „diffuse“ (also flächenbezogene) Eintragspfade handelt, sind insbesondere Pflanzenbauer gefordert, ihren Beitrag zur Minimierung von Stickstoffausträgen zu leisten. Hierzu müssen dem Praktiker die Ursachen für die Anreicherung von Nitrat im Sickerwasser und die pflanzenbaulichen Möglichkeiten zur Begrenzung der Nitratauswaschung bekannt sein.

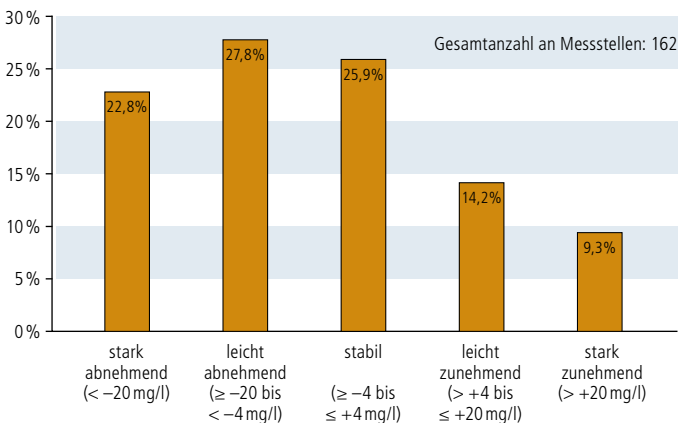


Abb. 2: Häufigkeitsverteilung der Veränderungen der Mittelwerte der Nitratgehalte im Grundwasser zwischen den Überwachungszeiträumen 1992 bis 1994 und 2008 bis 2010 (BMU und BMELV, 2012)

FAKTOREN DER NITRATAUSWASCHUNG AUS BÖDEN

Der zu Vegetationsbeginn in der von den Wurzeln erreichbaren Bodenschicht vorhandene Mineralstickstoff (= N_{\min}) und der während der Vegetationszeit aus der organischen Substanz (Humus, organische Dünger, Reste der Vorfrucht oder Zwischenfrucht, Mikroorganismenbiomasse) mineralisierte Stickstoff werden unter normalen Witterungsbedingungen und bei speicherfähigen Böden von den Pflanzen aufgenommen. Dies gilt ebenfalls für mineralischen Stickstoffdünger, sofern die Düngermenge dem N-Bedarf der Pflanze und dem N-Angebot des Bodens angepasst wird. Lediglich bei Pflanzenarten mit langsamer Jugendentwicklung, die erst sehr spät Stickstoff aufnehmen (z. B. Mais, Zuckerrüben, Möhren), besteht vor allem auf Böden mit geringer Wasserspeicherfähigkeit die Gefahr, dass auch ein Teil des im Frühjahr vorhandenen N_{\min} -Vorrates ausgewaschen wird.

Bei bedarfsorientierter Düngung hinterlassen die meisten Ackerkulturen bei der Ernte im Spätsommer/Herbst nur geringe Nitratmengen im Boden. Diese können sich bis zum Vegetationsende jedoch noch verändern, z. B. durch

- N-Mineralisierung aus Ernteresten,
- verstärkte N-Mineralisierung der organischen Substanz des Bodens aufgrund von Bodenbearbeitung,
- N-Entzug der Folgekultur (Haupt-, Zweit- oder Zwischenfrucht),
- N-Immobilisierung (z. B. nach Strohdüngung).

Die sich ergebende Reststickstoffmenge zu Vegetationsende ist von besonderer Bedeutung für die Bewertung einer umweltverträglichen Bewirtschaftung, da diese während der Hauptsickerwasserperiode im Winter verlagert und ausgewaschen werden kann.

URSACHEN FÜR HOHE NITRATGEHALTE ZU BEGINN VON AUSWASCHUNGSPERIODEN

Es gibt zahlreiche Gründe für hohe Nitratgehalte zu Beginn von Auswaschungsperioden.

1. Zu hohe oder nicht termingerechte N-Düngung

Eine zu hohe, das heißt nicht am Pflanzenbedarf orientierte N-Düngung kann zu hohen N_{\min} -Restwerten nach der Ernte füh-

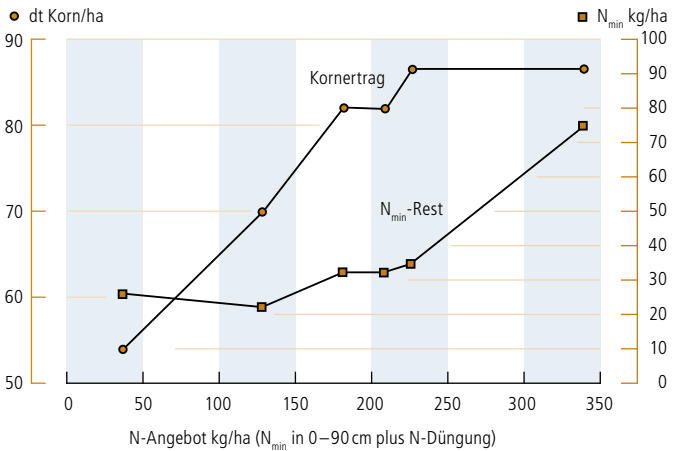


Abb. 3: Kornerträge von Winterweizen und N_{min}-Gehalte (0–90 cm) zur Ernte bei unterschiedlichem N-Angebot

ren, die den Bedarf der Folgekultur bis zum Vegetationsende deutlich übersteigen. Dabei führt z. B. bei Getreide eine steigende N-Düngung so lange nicht zu einer Anhebung der N_{min}-Restwerte, wie die Erträge steigen. Erst wenn mehr N-Dünger verabreicht wird, als von den Pflanzen verwertet werden kann, nehmen die N_{min}-Restwerte zur Ernte stark zu (Abb. 3).

Zu späte N-Gaben können zu einer unerwünschten Erhöhung der Mineralstickstoffmengen vor Winter und damit des Risikos von Nitratauswaschung führen. Dies gilt insbesondere für überhöhte, nicht bedarfsgerechte Gülle- und Gärrestanwendung im Herbst nach der Ernte der Hauptfrucht.

Aber auch späte mineralische N-Gaben zur Erhöhung des Proteingehaltes von Getreide im Sinne einer Qualitätsdüngung können bei der Ernte zu deutlich erhöhten Reststickstoffmengen im Boden führen.

Bei langjähriger Düngung mit Wirtschaftsdünger (Festmist, Gülle) oder Gärresten reichert sich im Laufe der Jahre der N-Pool im Boden an, da die Langzeitwirkung des organischen Düngers bei der Düngebedarfsermittlung oft nicht ausreichend berücksichtigt wird. In der Folge steigt die Mineralisierungsleistung der Böden stark an und damit auch die Auswaschungsverluste.

2. Rasche Mineralisierung großer Mengen stickstoffreicher Ernterückstände

Je nach Pflanzenart werden dem Boden mit den Ernterückständen bis zu 180 kg N/ha zugeführt. Ein Teil dieser N-Menge steht nach Mineralisierung den Folgekulturen wieder zur Verfügung, und zwar umso schneller, je enger das C/N-Verhältnis der Ernterückstände ist. C/N-Verhältnisse um 10:1 (z. B. Blumenkohl und Salat) begünstigen eine rasche Mineralisierung, die durch sorgfältige Zerkleinerung und Einarbeitung in den Boden noch beschleunigt wird.

Ein weiteres C/N-Verhältnis und eine späte Einarbeitung, wie z. B. bei Zuckerrüben (C/N-Verhältnis ca. 25:1), vermindert die Mineralisationsrate bis zum Vegetationsbeginn im Folgejahr deutlich.

3. Beeinträchtigung der Stickstoffaufnahme der Pflanzen

Wird der Ertrag und damit die N-Aufnahme eines Pflanzenbestandes z. B. durch Trockenheit, Krankheiten und Schädlingsbefall begrenzt, kann dies zu hohen N_{\min} -Resten nach der Ernte führen. Dies gilt insbesondere dann, wenn vergleichsweise früh in der Vegetationsperiode, d. h. zu einem Zeitpunkt, wo Ertragsdepressionen und dadurch verminderte Stickstoffaufnahmen noch nicht erkennbar sind, N-Teilgaben zusammengefasst und hohe N-Düngermengen appliziert werden.

4. Anbau von Pflanzen, die zum Erntetermin und nach der Ernte einen hohen N_{\min} -Rest im Boden hinterlassen

Beim Anbau von Gemüse, das in der Hauptwachstumsphase geerntet wird, sind vergleichsweise hohe N_{\min} -Reste nach der Ernte kaum zu vermeiden. Wegen des bis kurz vor dem Erntetermin hohen täglichen Stickstoffbedarfs werden ein optimaler Ertrag und eine gute Produktqualität nur erreicht, wenn bis zum Schluss genügend Nitrat im Wurzelbereich vorhanden ist. Das bedeutet, dass bei Spinat, wie auch bei einigen anderen Pflanzenarten, selbst bei bedarfsgerechter N-Düngung zum Erntetermin hohe N_{\min} -Reste im Boden verbleiben, die z. B. durch angepasste Fruchtfolgegestaltung vor Auswaschung geschützt werden müssen. Ein höherer N_{\min} -Rest kann auch nach der Kartoffelernte auftreten, da die dabei auftretende Belüftung des Bodens die N-Mineralisation fördert.

5. Anbau schwach zehrender Pflanzenarten

Langsam wachsende Pflanzenarten nutzen wegen ihres geringen N-Bedarfs oft nicht einmal die aus der Mineralisierung laufend freigesetzten N-Mengen vollständig. Hierzu zählen z. B. Feldsalat und manche Obstgehölze.

6. Anbau flach wurzelnder Kulturen

Nitrat, das zu Kulturbeginn bereits in tiefere Bodenschichten verlagert ist, kann von flach wurzelnden Kulturen nicht erreicht und somit nicht aufgenommen werden. Der Anbau von „Flachwurzlern“ (Tab. 1) führt daher häufig zu erhöhten Nitratmengen im Unterboden und damit erhöhter Gefahr von Nitratauswaschung.

Tab. 1: Anhaltswerte für die Durchwurzelungstiefe verschiedener Pflanzenarten bei tiefgründigen Böden

Durchwurzelungstiefe		
bis 30 cm (Flachwurzler)	bis 60 cm	bis 90 cm (Tiefwurzler)
Kopfsalat Erbsen Feldsalat	Kartoffeln Spinat Porree Sellerie Eissalat Erdbeeren	Getreide Mais Zuckerrüben Raps Luzerne Spätkohlarten Rosenkohl

SICKERWASSERMENGE IN ABHÄNGIGKEIT VON BODENART UND NIEDERSCHLAG

Ob und wie viel Nitrat während der Sickerwasserperiode tatsächlich ausgewaschen wird, hängt neben der zu Beginn der Sickerwasserperiode im Boden vorhandenen Nitratmenge und deren Verteilung im Bodenprofil vor allem von der Sickerwassermenge, und damit von Bodenart und Niederschlagsmenge, ab.

1. Wasserspeicherfähigkeit des Bodens

Die Speicherfähigkeit des Bodens für Wasser wird durch die Feldkapazität (FK) gekennzeichnet. Feldkapazität ist die Wassermenge, die ein wassergesättigter, natürlich gelagerter Boden gegen die Schwerkraft festzuhalten vermag. Wie in Tabelle 2 ersichtlich, hängt sie stark von der Bodenart ab.

Tab. 2: Wassergehalt bei Feldkapazität in verschiedenen Böden (nach Renger et al., 2008)

Bodenart	Wassergehalt bei Feldkapazität (je 1 m Bodentiefe bei einer Trockenrohdichte des Bodens von 1,5 g/cm ³)
Sand	130 mm
lehmiger Sand	260 mm
sandiger Lehm	310 mm
schluffiger Lehm	360 mm
sandig-toniger Lehm	350 mm
Ton	430 mm

2. Niederschläge, Wasserverbrauch der Pflanzen und Verdunstung

Zwischen der Höhe der Niederschläge und der Sickerwassermenge besteht im Jahresdurchschnitt ein enger Zusammenhang. Die Differenz zwischen Niederschlag und Sickerwasser ist das Ergebnis des Wasserverbrauchs der Pflanzen (Transpiration) und der Wasserverdunstung (Evaporation). Da der Wasserverbrauch der Vegetation und die Verdunstung im Sommer deutlich höher sind als im Winter, fällt Sickerwasser vornehmlich im Winterhalbjahr an.

3. Sickerwassermenge

Da das Nitrat gelöst im Bodenwasser vorliegt, wird es mit dem Sickerwasser verlagert und ins Grundwasser ausgewaschen oder in hängigem Gelände in mehr oder weniger großem Umfang mit dem Hangabfluss direkt in die Oberflächengewässer eingetragen. Hohe Sickerwassermengen führen daher zu einer Erhöhung der Auswaschung aus der Bodenzone und einem erhöhten Eintrag ins Grundwasser und ggf. auch in die Oberflächengewässer. Wie Lysimeterergebnisse zeigen, fließen bei einem mittleren Jahresniederschlag von 600 mm und bei bewachsenem Boden

- in Sandböden etwa 240 mm,
 - in Lehm Böden etwa 150 mm
- als Sickerwasser in den Untergrund.

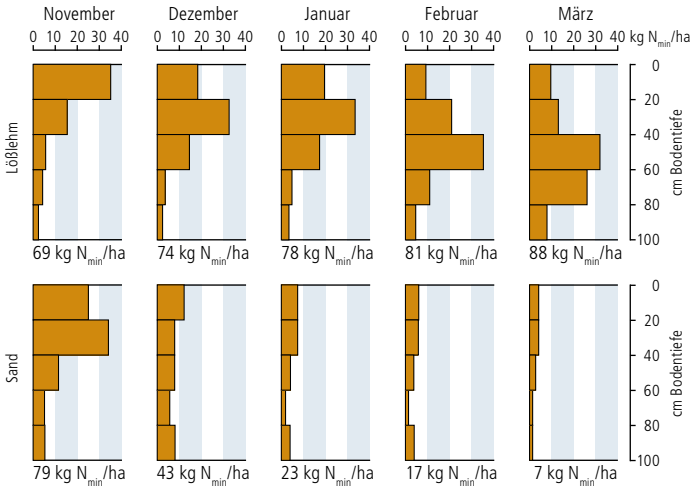


Abb. 4: Veränderung der N_{\min} -Gehalte in Bodenprofilen von Lößlehm und Sand über Winter (kg N_{\min} /ha; 0–100 cm Bodentiefe)

Eine Nitratverlagerung um 30 cm erfordert

- bei Lößböden (33 % FK) **100 mm,**
- bei lehmigen Sanden (20 % FK) **60 mm,**
- bei Sandböden (10 % FK) **30 mm**

Niederschlag.

Die Ergebnisse in Abbildung 4 verdeutlichen, wie stark die Nitratverlagerung von der Speicherfähigkeit des Bodens bestimmt wird. Während aus dem Sandboden über Winter alles Nitrat ausgewaschen wird, kommt es in Lößlehm bei ungefähr gleichen Niederschlägen zu einer Verlagerung innerhalb der nutzbaren Bodenschicht (bis 100 cm), wobei die Mineralisierung sogar zu einer Erhöhung des N_{\min} -Gehaltes um ca. 20 kg N/ha führt ($88 - 69 = 19$).

Die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser zeigen im Jahresverlauf große Schwankungen. Die höchsten Konzentrationen werden in der Regel in den Monaten Dezember bis Februar gemessen.

MASSNAHMEN ZUR VERRINGERUNG DER NITRATAUSWASCHUNG

Da die Bodenart eines Standortes, die Niederschlagsmengen und deren Verteilung sowie die Höhe der Evapotranspiration durch Sie nicht oder nur unwesentlich beeinflusst werden können, kommt es darauf an, dass Sie die Nitratgehalte der Böden zu Beginn von Auswaschungsperioden möglichst niedrig halten.

Im Einzelnen sollen Sie folgende Ziele erreichen:

- niedrige Nitratgehalte im Boden zur Erntezeit, insbesondere im Herbst,
- niedrige Stickstoffmineralisierung in der vegetationsfreien Zeit,
- niedrige Bodennitratgehalte in der Vegetationsperiode bei flach wurzelnden Kulturen bzw. wenig speicherfähigen Böden.

Das gelingt Ihnen, wenn Sie wichtige pflanzenbauliche Maßnahmen zur Erreichung dieser Ziele beachten:

- bedarfsgerechte Stickstoffdüngung,
- Kulturarten und Fruchtfolgegestaltung,
- Bodenbearbeitung und Einarbeitung von Ernteresten und Zwischenfrüchten.

BEDARFSGERECHTE STICKSTOFFDÜNGUNG

Die auf hohe Erträge und hochwertige Produkte ausgerichtete Stickstoffdüngung hat nicht automatisch eine Belastung der Umwelt durch stärkere Auswaschung von Nitrat zur Folge. Verluste an Stickstoff sind zwar nicht immer unwirtschaftlich, aber aus ökologischen Gründen unerwünscht. Sie können vermieden oder aber zumindest auf einem niedrigen Niveau gehalten werden, wenn bei der Entscheidung über

- die Höhe der Düngergabe,
- den Zeitpunkt und die Verteilung der Düngung und
- die zu verwendende Düngerform

der tatsächliche Düngebedarf des Pflanzenbestandes zugrunde gelegt wird. Ziel ist dabei nicht die Erreichung des Maximalertrages, sondern des Düngeoptimums.

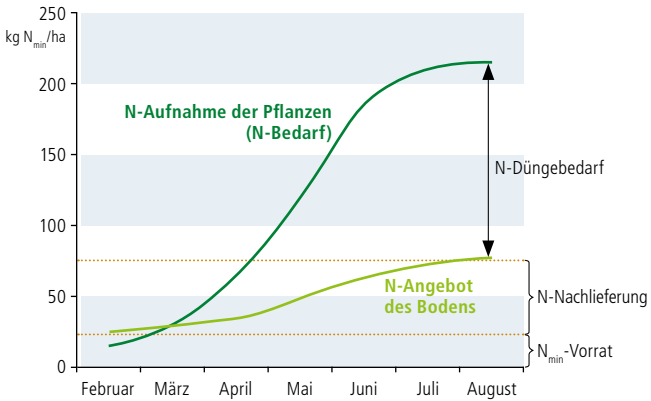


Abb. 5: Stickstoffdüngbedarf in Abhängigkeit von der N-Aufnahme der Pflanzen und des N-Angebots des Bodens

Düngungshöhe

Eine optimale Stickstoffdüngung mit geringer Nitratauswaschung ist nur möglich, wenn Sie bei der Entscheidung über die Höhe der Stickstoffdüngung neben dem Stickstoffbedarf der Pflanzen auch das Stickstoffangebot des Bodens berücksichtigen. Das Stickstoffangebot des Bodens setzt sich zusammen aus dem N_{\min} -Vorrat zu Vegetationsbeginn und der N-Nachlieferung während der Vegetation (Abb. 5).

Mit **N-Bedarf** wird die vom Pflanzenbestand bei optimaler Ernährung aufgenommene Stickstoffmenge bezeichnet. Im Gegensatz dazu bedeutet der **N-Entzug** die mit dem Erntegut vom Feld abgefahrene N-Menge. Bedarf und Entzug sind von Pflanzenart und Ertrag abhängig. **Aber Achtung:** Eine Düngung in Höhe des Bedarfs der Pflanzen ist zu hoch, da hierbei das **N-Angebot** des Bodens nicht angerechnet wird.

Zur Erfassung des N-Angebotes des Bodens müssen Sie zunächst den N_{\min} -Vorrat (das ist der Mineralstickstoffgehalt in der von den Pflanzen nutzbaren Bodenschicht zu Kulturbeginn) ermitteln. Dieser kann durch eine entsprechende Beprobung der eigenen Flächen gemessen oder aus regionalen Referenzwerten (Nitrat-Monitoring) abgeleitet werden.







Die N-Nachlieferung (N-Mineralisierung während der Vegetation) wird vor allem durch Faktoren wie Bodentemperatur und -feuchte


sowie Menge und N-Gehalte leicht zersetzbarer Ernterückstände der Vorfrucht oder organischer Dünger bestimmt. Sie ist zum Zeitpunkt der Düngung nicht direkt messbar und kann in Düngungssystemen mit Einmaldüngung zur Saat oder zu Vegetationsbeginn nur grob, z. B. auf der Basis von Informationen zu Bodeneigenschaften, Vorfrucht und organischer Düngung, abgeschätzt werden.

Eine gute Möglichkeit, die N-Nachlieferung im Sinne einer Optimierung der N-Düngung genauer abzuschätzen, haben Sie, wenn Sie die Erfassung des aktuellen N-Status des Bestandes zu wichtigen Düngeterminen mit Methoden der Pflanzenanalyse durchführen. Der aktuelle N-Ernährungszustand der Pflanze spiegelt die verschiedenen Einflussgrößen auf die N-Versorgung des Pflanzenbestandes direkt wider. Hierzu gehören z. B. Höhe des N_{\min} -Vorrats sowie N-Nachlieferung während der Kulturzeit bis zum Zeitpunkt der Messung, schon ausgebrachte Düngung, Durchwurzelung des Bodens, Einfluss von Bodeneigenschaften und Witterungsverlauf auf das Pflanzenwachstum. Voraussetzung für die Anwendung von Pflanzenanalysen zur Düngebedarfsermittlung ist jedoch, dass die Düngung geteilt wird und zumindest Teilgaben der insgesamt auszubringenden Düngermenge während der Vegetation appliziert werden.

Da die traditionelle Pflanzenprobenahme mit anschließender Laboranalyse zeit- und arbeitsaufwändig sind, müssen praxistaugliche

Bestimmung der Nitrat-Konzentration im Pflanzensaft (Nitrat-Schnelltest, Nitracheck)

Testzeit	Färbung	Nitrat-Konz. im Pflanzensaft (mg/l)	empfohlene N-Düngung EC 31–36 (kg/ha)	empfohlene N-Düngung EC 37–55 (kg/ha)
15 s		> 2000	0	0
30 s		> 500	20–30	10–30
1 min		300–500	30–40	20–40
1 min		100–250	40–50	30–50
1 min		25–50	50–60	40–60
1 min		0–10	60–70	



Bestimmung der Chlorophyllkonzentration der Pflanze (links: N-Tester) und des Nitratgehaltes im Pflanzensaft (rechts: Nitratschnellmessgerät RQeasy)






Foto oben rechts: H.-W. Olf, Foto unten links: Agricon, Foto unten rechts: U. Schmidhalter

Abb. 6: Pflanzenanalytische Methoden zur Vor-Ort-Ermittlung des N-Düngebedarfs

Methoden der Pflanzenanalyse vor allem einfach, schnell und direkt auf dem Feld umzusetzen sein. Neben der Bestimmung der Nitrat-Konzentration im Stängelpresssaft von Pflanzen mittels einfacher Teststäbchen (klassischer Nitratschnelltest bzw. Nitracheck), werden in den letzten Jahren vor allem optische Verfahren mittels Chlorophyllmessung zur Erfassung des N-Ernährungszustandes von Pflanzen eingesetzt. Diese Verfahren liefern, teilweise berührungslos, eine Echtzeitanalyse des Pflanzenbestandes und sind auch für eine teilflächenspezifische Optimierung der Stickstoffdüngung, d. h. für die variable Ausbringung unterschiedlicher N-Düngermengen innerhalb eines Schlages, geeignet.

Eine suboptimale N-Düngung führt bei allen Pflanzen zu mehr oder weniger starken Ertragseinbußen und häufig auch zu Qualitätsminderungen (z. B. Proteingehalt im Korn). Die auswaschungsgefährdeten N_{\min} -Mengen im Boden nach der Ernte lassen sich durch diese Maßnahme bei den wichtigsten Feldfrüchten nicht oder nur unwesentlich absenken (Abb. 3, Seite 9).

Zeitpunkt und Aufteilung der Düngung

Mineraldüngung

- Bei speicherfähigen Böden (Lehm) und tief wurzelnden Kulturen führen selbst einmalige höhere Mineraldüngergaben zum Saat- bzw. Pflanztermin nur zu einer geringen Auswaschungsgefahr. Dies gilt jedoch nur, solange die verabreichte Düngermenge den tatsächlichen Bedarf nicht übersteigt. Da sich der tatsächliche Bedarf bei geteilter N-Düngung sehr viel sicherer abschätzen lässt, ist die Aufteilung der Düngermenge auch unter diesen Bedingungen zu empfehlen.
- Bei wenig speicherfähigen sandigen Böden sowie bei flach wurzelnden Kulturen (z. B. Kopfsalat) sollten Sie die Düngermenge aufteilen, um die Auswaschungsverluste zu vermindern.

Organische Düngung

Zur Verringerung der Nitratauswaschung im Herbst und Winter bietet sich Folgendes an:

- Ausbringung der organischen Dünger (auch Gärreste!) erst unmittelbar vor Kulturbeginn (d. h. ausreichend Lagerkapazität vorhalten),
- Langzeitwirkung (Nachlieferung) der organischen Dünger bei der Bedarfsermittlung angemessen berücksichtigen,
- Gülle wegen des hohen Gehaltes an Ammoniumstickstoff nach den Grundsätzen der Mineraldüngung verwenden.

Düngerform

Ein Ausweichen auf Stickstoffdünger, die kein Nitrat enthalten (wie Ammonium oder harnstoffbasierte Dünger, Kalkstickstoff oder stickstoffhaltige organische Düngemittel) und die Verwendung von Nitrifikationshemmern (z. B. Piadin) bzw. Düngern mit Nitrifikationshemmern werden häufig als Möglichkeit angesehen, Nitratauswaschung zu vermeiden oder zu verringern. Hiervon ist jedoch meist nur eine kurzfristige Wirkung im Verlauf der Vegetationsperiode zu erwarten. Die genannten Stickstoffformen werden bis zur Ernte, soweit sie nicht als Ammonium von den Pflanzen aufgenommen werden, im Boden zu Nitrat umgewandelt. Auch die Unterbindung der Nitrifikation bei Verwendung von Nitrifikationshemmern ist zeitlich begrenzt und kann nur dann zur Verringerung der Nitratauswaschung beitragen, wenn es während der Vegetationsperiode zu Auswaschung kommt (z. B. bei einer frühen Gülleausbringung in Kulturen mit langsamer Jugendentwicklung). Dies trifft auch auf das sogenannte CULTAN-(Controlled Uptake Long Term Ammonium Nutrition-) Verfahren zu, bei dem ein ammoniumhaltiger N-Dünger im Boden (Unterfuß) platziert wird. Aufgrund der Ausbringung des Ammoniums in einem konzentrierten Depot und der dadurch bedingten, zeitweiligen Toxizität für Mikroorganismen wird bei diesem Verfahren zwar die Umsetzung zu Nitrat verlangsamt, aber auch hier ist entscheidend, dass Sie die N-Düngermenge an den Bedarf der Pflanzen anpassen.

Zum Beginn der winterlichen Auswaschungsperiode ist sowohl die Umwandlung von gedüngtem Ammonium zu Nitrat als auch die Wirkung der Nitrifikationshemmer abgeschlossen bzw. aufgehoben.

Die Auswaschung von Stickstoffüberschüssen als Folge einer nicht bedarfsgerechten Düngung kann daher weder durch die Verwendung ammoniumhaltiger Dünger noch durch den Einsatz von Nitrifikationshemmern oder des CULTAN-Verfahrens effektiv unterbunden werden.

Eine detailliertere Darstellung der Grundlagen, Methoden und kulturartspezifischen Besonderheiten einer bedarfsgerechten Stickstoffdüngung gibt das aid-Heft 1017: Gute fachliche Praxis der Stickstoffdüngung (aid, 2014), (siehe auch Seite 23).

KULTURARTENWAHL UND GESTALTUNG DER FRUCHTFOLGE

Die Art der angebauten Pflanzen und die Fruchtfolgegestaltung beeinflussen die Stickstoffauswaschung durch Zeitpunkt und Höhe der Aufnahme von Wasser und Nitratstickstoff.

Von besonderer Bedeutung sind

- Ertrag und Wachstumsdauer (Stickstoffaufnahme auch noch im Herbst) und
- Durchwurzelungstiefe (Nutzung des Unterbodens).

Eine **Verringerung** der Stickstoffauswaschung erreichen Sie durch

- Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten zur Vermeidung von Schwarzbrachezeiten,
- Anbau von tief wurzelnden Pflanzenarten, z. B. im Gemüsebau als Herbstkultur,
- Förderung des Wachstums durch ausgewogene Ernährung mit allen notwendigen Nährstoffen,
- Vermeidung von Ertragsdepressionen durch Beregnung und angepassten Pflanzenschutz.

ERGÄNZENDE BEWIRTSCHAFTUNGSMASSNAHMEN

Bei den weiteren pflanzenbaulichen Maßnahmen zur Verminderung der Nitratauswaschung sollten Sie versuchen,

- Nitratverluste durch die mikrobielle Freisetzung von Nitrat zwischen Herbst und Frühjahr und
- die Sickerwassermenge zu verringern.

Es kommen in Frage:

- relativ späte Zerkleinerung und Einarbeitung von Ernterückständen und Gründüngung,
- Verringerung der organischen Düngung, z. B. durch Abgabe von Gülle an andere Betriebe,
- zeitweilige Immobilisierung des Stickstoffs durch Strohdüngung,
- konservierende Bodenbearbeitung,
- Vermeidung übermäßiger bzw. ungleichmäßiger Beregnung.

WESENTLICHES ZUR NITRAT-AUSWASCHUNG AUS BÖDEN

Grundsätzlich muss man davon ausgehen, dass Nitrat aus nahezu allen Böden ausgewaschen wird. Auswaschung können Sie nicht vollständig unterbinden, denn sie findet selbst auf ungenutzten, der Natur überlassenen Flächen statt. Ihre Größenordnung können Sie jedoch beeinflussen: Sie ist abhängig von der Wirtschaftsweise, den Bestands- und Standorteigenschaften.

Tab. 3: Die wichtigsten Einflussfaktoren noch einmal zusammengefasst

Wirtschaftsweise, Bestands- und Standorteigenschaften	Gefahr der NO_3^- -Auswaschung ist	
	gering, wenn	hoch, wenn
N-Bedarf des Bestandes	hoch	gering
geteilte N-Düngung	ja	keine
Düngebedarfsermittlung (N_{\min} und Pflanzenanalyse)	ja	keine
N-Bilanz (Düngung – Abfuhr)	ausgeglichen	hoch, positiv
organische Düngung	keine	hoch, langjährig
Restnitrat	gering	hoch
Kulturdauer	lang	kurz
Wurzeltiefgang	tief	flach
N-Menge der Ernterückstände	gering	hoch
Einarbeitungstermin der Ernterückstände	Winter/Frühjahr	Herbst
Zwischenfrüchte	kräftiger Bestand	keine
Brachezeiten	kurz	lang
Niederschläge/Beregnung	ausgeglichen	übermäßig
Feldkapazität der Wurzelzone	hoch	gering
Bodenart	Lehm	Sand

Die in den vorangegangenen Abschnitten genannten Maßnahmen sind geeignet, die Nitratauswaschung zu verringern. Eine kurzfristige Wirkung auf den Nitratgehalt des Trinkwassers ist zunächst nur bei flachen, nicht aber bei tiefen Brunnen zu erwarten, denn das Nitrat wandert im Grundwasserleiter nur verhältnismäßig langsam (oft nur 1 m/Jahr).

Einige der genannten Methoden sind für Sie ohne wirtschaftliche Nachteile bzw. sogar mit Gewinn (Optimierung der N-Düngung) durchführbar. Andere (z. B. Anbau von Zwischenfrüchten, Abfuhr

von Ernterückständen) bedeuten Mehraufwand und höhere Kosten für Sie. Aber auch diese Maßnahmen können langfristig sinnvoll sein, weil dadurch kostspieligere Eingriffe vermieden werden, wie

- Verlagerung des intensiven Pflanzenbaus aus Wasserschutzgebieten,
- Verlagerung von Wassergewinnungsanlagen aus Gebieten mit Intensivkulturen,
- Entfernung von Nitrat aus dem Trinkwasser oder
- Begrenzung der N-Düngung auf ein suboptimales Niveau.

ZUSAMMENFASSUNG

Stickstoff ist ein lebensnotwendiger Nährstoff, der von den Pflanzen in relativ großen Mengen benötigt wird, um hinreichende Erträge in guter Qualität bilden zu können. Im Boden kommt es in Abhängigkeit von Temperatur und Bodenfeuchte zur Umwandlung von Boden- und Düngerstickstoff zu Nitrat, welches von Pflanzen vornehmlich aufgenommen wird.

Da Nitrat allerdings kaum im Boden gebunden wird, ist es sehr mobil und kann leicht mit dem Sickerwasser aus der Wurzelzone der Pflanzen ausgewaschen werden. Hierdurch besteht die Gefahr einer unerwünschten Nitratanreicherung im Grundwasser und in Oberflächengewässern und damit des Nährstoffeintrags ins Trinkwasser und in nährstoffarme Ökosysteme.

Mit Blick auf die pflanzenbaulichen Maßnahmen ist eine Verringerung der Nitratauswaschung am ehesten durch eine Absenkung des Nitratgehaltes im Boden zu Beginn von Auswaschungsperioden zu erwarten. Dieses Ziel können Sie vor allem durch eine sachgerechte, am tatsächlichen Bedarf der Kulturen orientierte organische und mineralische Stickstoffdüngung sowie die Erhöhung der Dauer und Intensität der Nitrat- und Wasseraufnahme der Pflanzen erreichen.

Eine vollständige Unterbindung der Nitratauswaschung ist unter unseren Produktionsbedingungen auch bei Anwendung bester fachlicher Praxis nicht möglich. Sie, als Landwirte, Gärtner und Winzer, sind dennoch herausgefordert, Ihren Beitrag zur Lösung des Nitratproblems zu leisten.

LITERATUR

aid, 2014.

Gute fachliche Praxis der Stickstoffdüngung.

aid Infodienst e. V. (Hrsg.).

Link: www.aid-medienshop.de

BMU und **BMELV**. 2012.

Nitratbericht 2012.

Gemeinsamer Bericht der Bundesministerien für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit sowie für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.

Kurzlink: www.bmub.bund.de/N49277/

Rat der Europäischen Gemeinschaft. 1991.

Richtlinie des Rates zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen.

91/676/EWG vom 12.12.1991.

Kurzlink: www.bmub.bund.de/N39889/

Renger, M., Bohne, K., Facklam, M., Harrach, T., Riek, W., Schäfer, W., Wessolek, G. und Zacharias, S. 2008.

Ergebnisse und Vorschläge der DBG-Arbeitsgruppe

„Kennwerte des Bodengefüges“ zur Schätzung bodenphysikalischer Kennwerte.

Berlin, 3. Oktober 2008.

Link: www.boden.tu-berlin.de/fileadmin/fg77/_pdf/publikationen/bodenphysikalischeKennwerte.pdf

Albert, E., Kowalewsky, H.-H., Lorenz, F., Ortseifen, U., Schintling-Hrny, v. L.

N-Düngung effizient gestalten.

DLG-Merkblatt 350, DLG e. V., Frankfurt.

Link: www.dlg.org/fileadmin/downloads/merkblaetter/dlg-merkblatt_350.pdf

Eine gute Anleitung zum Nitratschnelltest Boden finden Sie auf der folgenden Internetseite: **www.nitratesoiltest.com**

WEITERE aid-MEDIEN



Gute fachliche Praxis Bodenbewirtschaftung und Bodenschutz

In dieser Broschüre hat ein Team von Wissenschaftlern und Experten die neuesten Erkenntnisse für die Bodenbearbeitung, den Schutz vor Verdichtung und Erosion und den Erhalt der organischen Substanz zusammengestellt.

Bestell-Nr.: 5-3614,
Broschüre: DIN A4, 116 Seiten
Preis: 7,00 €



Kompost in der Landwirtschaft

Nachhaltige Landwirtschaft ist nur auf gesunden Böden möglich. Kompost trägt als Nährstoff- und Humuslieferant zur Erhaltung und Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit bei. Das Heft stellt verschiedene Kompostarten und ihre unterschiedlichen Eigenschaften vor.

Bestell-Nr.: 5-1476,
Heft: DIN A5, 60 Seiten
Preis: 3,00 €



Gute fachliche Praxis der Stickstoffdüngung

Die Stickstoffdüngung beeinflusst maßgeblich den Ertrag und die Qualität der Produkte. Das Heft beschreibt die optimale Düngung bei den wichtigsten Ackerbaukulturen sowie Gemüse und Grünland.

Bestell-Nr.: 5-1017,
Heft: DIN A5, 92 Seiten
Preis: 4,50 €

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



aid

aid infodienst – Wissen in Bestform

Ihr Informationsanbieter rund um
Landwirtschaft, Lebensmittel und
Ernährung. Wir bereiten Fakten
verständlich auf und bieten für
jeden den passenden Service. Mit
mehr als 60 Jahren Erfahrung.

unabhängig – praxisorientiert –
wissenschaftlich fundiert

www.aid.de

Impressum 0347/2014

Herausgegeben vom aid infodienst
Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz e. V.
Heilsbachstraße 16, 53123 Bonn, www.aid.de

Text: Dr. Gerhard Baumgärtel, LWK Niedersachsen, Hannover, Prof. Dr. Hans-Werner Olf, Hochschule Osnabrück · **Redaktion:** Dipl.-Ing. agr. Wilfried Henke, aid

Fotos (U4 v. o. n. u.): © MartesiaBezuidenhout, © caldix, © Picture-Factory – alle Fotolia.com · **Titelfoto, U2:** Peter Meyer, aid · **Grafik:** Arnout van Son, Alfter

Druck: Druckerei Lokay e. K., Königsberger Str. 3, 64354 Reinheim

Nachdruck und Vervielfältigung – auch auszugsweise – sowie Weitergabe mit
Zusätzen, Aufdrucken oder Aufklebern nur mit Genehmigung des aid gestattet.