

Gewässer schützen, Auswaschung kontrollieren

STICKSTOFFVERLUSTE REDUZIEREN

Böden unterliegen grundsätzlich einem gewissen Grad an Auswaschung. Auswaschung ist daher weder ein neues Phänomen, noch völlig vermeidbar. Allerdings kann die Nitratauswaschung sehr wohl begrenzt werden. In diesem Infobrief möchten wir Ihnen die Ursachen der Nitratauswaschung darlegen und aufzeigen, wie sie durch geeignete Maßnahmen eingedämmt werden kann.



Auswaschung verstehen

Bodenfruchtbarkeit ist auch eine Frage des Stickstoffs, ob er nun natürlichen Ursprungs ist oder aus Mineraldünger stammt. Der Stickstoffzyklus ist jedoch von Natur aus nicht vollständig geschlossen, sodass immer etwas Stickstoff verloren geht. Verluste kommen aber nicht nur Landwirten teuer zu stehen, sie sind auch umweltschädlich. Daher sollten Landwirte alles daran setzen, die Auswaschung einzudämmen.

Die europäische Landwirtschaft ist im Allgemeinen höchst effizient. Was können wir tun, um Stickstoffverluste und insbesondere die Auswaschung weiter zu reduzieren? Welche Faktoren tragen zur Auswaschung bei und wie können sie beeinflusst werden?

BODENSTICKSTOFF

Die Verlagerung von überschüssigem mineralischen Stickstoff, d. h. hauptsächlich Nitrat, aus dem Wurzelsystem in das Grundwasser wird als Auswaschung bezeichnet. Woher kommt das überschüssige Nitrat? Durch die Markierung von Stickstoff mit Isotopen können wir sowohl den Verbleib von ausgebrachtem Düngestickstoff wie auch den Stickstoffkreislauf im Boden nachvollziehen [1] [2] [3]. Der Stickstoffkreislauf wird in Abbildung 1 gezeigt.

Im Boden kommt Stickstoff hauptsächlich in zwei Formen vor:

- Organische Bodensubstanz weist einen hohen Anteil von organischen Stickstoffverbindungen auf, die Pflanzen nicht unmittelbar aufnehmen können.
- Mineralischer Stickstoff (Ammonium, Nitrat) entsteht durch die Mineralisierung von organischer Bodensubstanz oder wird direkt als Mineraldünger oder als Bestandteil von organischen Düngern ausgebracht. In dieser Form kann Stickstoff sofort von Pflanzen aufgenommen werden.

Ausgebrachter mineralischer Stickstoff wird zum größten Teil von Pflanzen aufgenommen, ein Teil wird jedoch von Mikroorganismen im Boden gebunden und in organische Bodensubstanz umgewandelt. In der Regel verbleibt nur ein kleiner Teil mineralischen Stickstoffs im Boden.

Wirtschaftsdünger enthält größere Mengen Stickstoff als organische Stickstoffverbindungen. Daher erhöhen Wirtschaftsdünger den Anteil an organischer Bodensubstanz. Um von Pflanzen aufgenommen werden zu können, muss der organisch gebundene Stickstoff zuerst mineralisiert werden.

Zur Auswaschung kommt es, wenn Nitrat mit dem Sickerwasser aus dem Wurzelbereich verlagert wird. Das Risiko ist bei leichten, sandigen Böden größer als bei schweren Tonböden.

STICKSTOFF UND LANDWIRTSCHAFT

Der erste europäische Stickstoff-Bericht (European Nitrogen Assessment [7]) hat gezeigt, dass die Stickstoffüberschüsse in der Landwirtschaft in den meisten europäischen Ländern konstant oder sogar rückläufig sind. Weitere Anstrengungen zur Reduzierung der Überschüsse sind insbesondere in Gebieten mit weiterhin hohen Nitratgehalten im Grundwasser erforderlich.

In Wasserläufen sowie im Grundwasser ist Nitrat unerwünscht, da erhöhte Konzentrationen zur Eutrophierung von Oberflächen- und Küstengewässern beitragen.

Im Allgemeinen gehen hohe Stickstoffüberschüsse mit intensiver Viehhaltung einher, während sie in reinen Ackerbau-Regionen meist niedriger ausfallen [6]. In der Praxis hängt die Höhe der Nitratauswaschung weitestgehend von der Menge des Restnitrats im Boden zu Beginn der Sickerperiode im Herbst sowie von der Sickerwassermenge ab. Je mehr Regen in Herbst und Winter fällt, umso mehr Stickstoff kann ausgewaschen werden, aber umso mehr wird er auch verdünnt.

Die Verdünnung durch Regen ist ein wichtiger Aspekt, da der von der Europäischen Union festgelegte Grenzwert von 50 mg NO_3/l für die Konzentration des ausgewaschenen Stickstoffs und nicht für dessen Menge gilt. In regenreichen Regionen könnten somit theoretisch höhere Nitratmengen ausgewaschen werden, ohne dass der Grenzwert überschritten wird. In trockeneren Regionen könnte der zulässige Grenzwert hingegen sogar durch natürliche Auswaschungsverluste überschritten werden.

JAHRESZEITLICHE ASPEKTE

Im Frühling ausgebrachte mineralische Stickstoffdünger werden zum größten Teil während der Vegetationsperiode von den Pflanzen aufgenommen. Zudem verhindert der durch hohe Verdunstung bedingte kapillare Aufstieg im Frühling und Sommer, dass es zur Auswaschung kommt.

Bodenmikroorganismen wandeln jedoch auch nach der Vegetationsperiode noch organische Substanz in Mineralstickstoff um, der nun nicht mehr von Pflanzen aufgenommen wird und sich als Restnitrat im Boden ansammelt. Vor allem langjährig mit hohen Gaben Wirtschaftsdünger versehene Böden haben ein hohes Mineralisierungspotenzial. Das Restnitrat kann im Winter ins Grundwasser ausgewaschen werden. Eine Auswaschung während der Vegetationsphase bildet die Ausnahme [8]. Der Sachverhalt wird in Abbildung 2 dargestellt.

Das Risiko der Nitratauswaschung steigt bei:

- Hohen Nitratgehalten im Boden nach der Ernte infolge von Überdüngung oder anschließender hoher Mineralisierung
- Geringer Wasserhaltefähigkeit des Bodens (leichte, sandige Böden)
- Hohen Niederschlagsmengen
- Langen Bracheperioden

- ① Nitrat ist im Boden frei beweglich und wird schnell von den Pflanzen aufgenommen. Ammonium ist begrenzt beweglich und nicht auswaschungsgefährdet.
- ② Bodenmikroorganismen konkurrieren mit den Pflanzen um Stickstoff und binden ihn teilweise in der organischen Bodensubstanz (Immobilisierung). Dieser Stickstoff ist nicht verloren, muss jedoch erst mineralisiert werden, bevor er wieder von Pflanzen aufgenommen werden kann. Ein Teil des gebundenen Stickstoffs wird während der Vegetationsperiode mineralisiert, der Rest allerdings erst in darauf folgenden Jahren. Düngung in mehreren Teilgaben garantiert eine rasche Aufnahme des gedüngten Stickstoffs durch die Pflanzen und reduziert somit die Bindung. Nitrat wird weniger stark immobilisiert als Ammonium.
- ③ Bei Bewirtschaftung nach guter fachlicher Praxis befindet sich nach der Ernte nur wenig Restnitrat im Boden.
- ④ Wirtschaftsdünger enthalten Stickstoff zu einem großen Teil in Form von organischen Verbindungen, die zum Aufbau organischer Bodensubstanz beitragen. Dieser Stickstoff ist nicht sofort verfügbar.
- ⑤ Wirtschaftsdünger, insbesondere Gülle, enthält zudem mineralischen Stickstoff, hauptsächlich in Form von Ammonium. Der Mineralstickstoffanteil in Wirtschaftsdüngern schwankt je nach Herkunft und Tierart.
- ⑥ Die Mineralisierung organischer Bodensubstanz durch Mikroorganismen erhöht den Nitratgehalt im Boden. Die Mineralisierung ist mengenmäßig sehr variabel und zeitlich nicht immer an den Bedarf der Kulturpflanzen angepasst. Nach der Ernte herrschen in den herbstlich warmen und feuchten Böden oft optimale Bedingungen für Mikroorganismen. Falls keine Folgefrucht angebaut wird, die das freigesetzte Nitrat binden könnte, ist es von Auswaschung bedroht.
- ⑦ Während der Vegetationsphase trägt mineralisierter Stickstoff zur Versorgung der Pflanzen bei. Durch die Bestimmung des pflanzenverfügbaren Stickstoffs zum Zeitpunkt der 1. N-Gabe anhand von Bodenproben und über Einsatz von N-Tester und N-Sensor® zur Abschätzung der Mineralisierung zu späteren Düngungsterminen wird Überdüngung vermieden und die Nitratauswaschung reduziert.
- ⑧ Die Grundwasservorkommen werden durch Niederschläge im Herbst und Winter wieder aufgefüllt. Das ist die Zeit, in der das verbleibende Nitrat ausgewaschen werden kann. Im Frühling und Sommer dagegen wirkt die Verdunstung von Pflanzen und Boden der Auswaschung entgegen. Die beste Strategie gegen Auswaschung besteht folglich darin, den verbleibenden Nitratrest im Herbst so niedrig wie möglich zu halten.

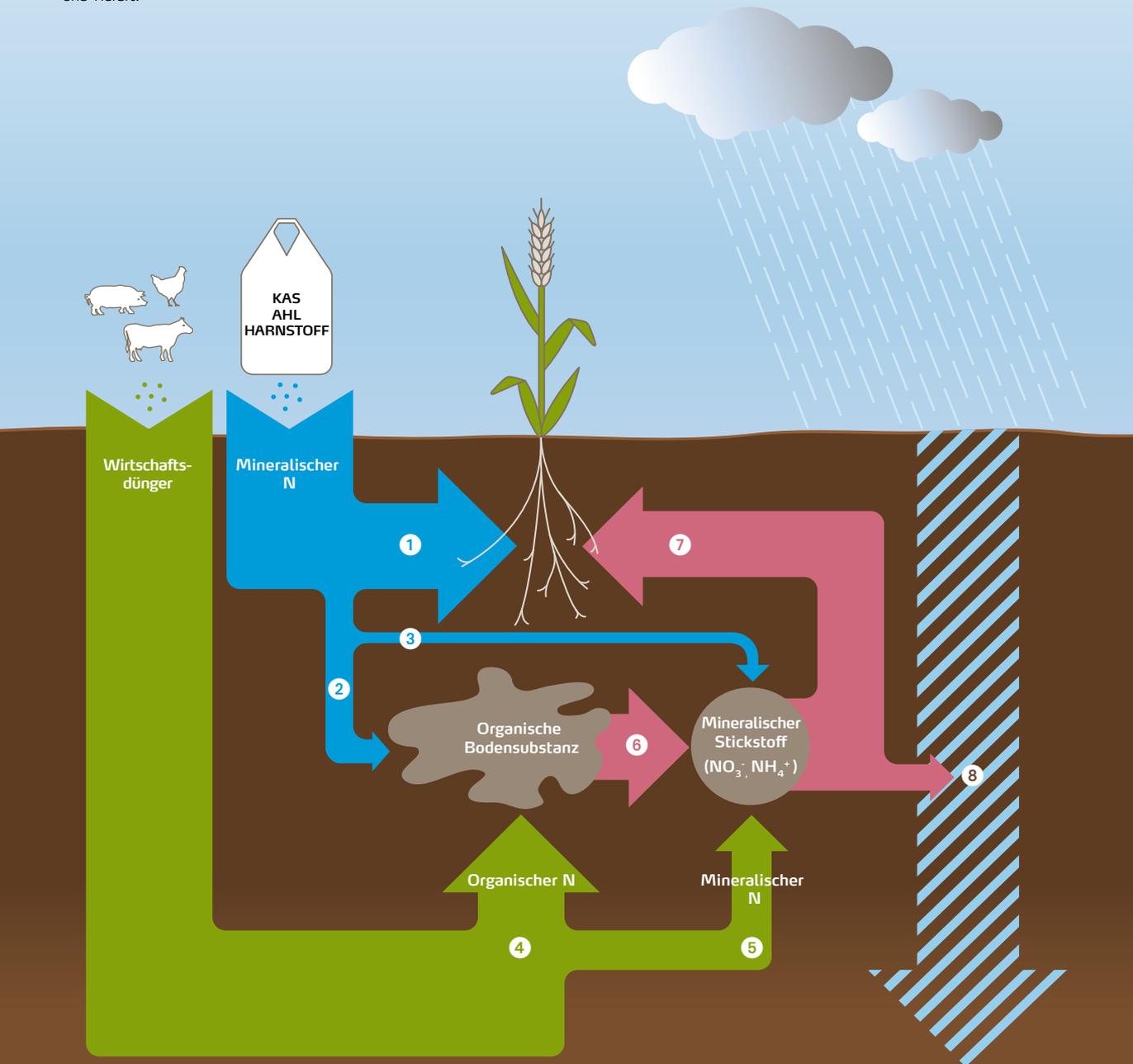


Abbildung 1: Stickstoffflüsse im Boden.
Adaptiert von [1] [3] [8].

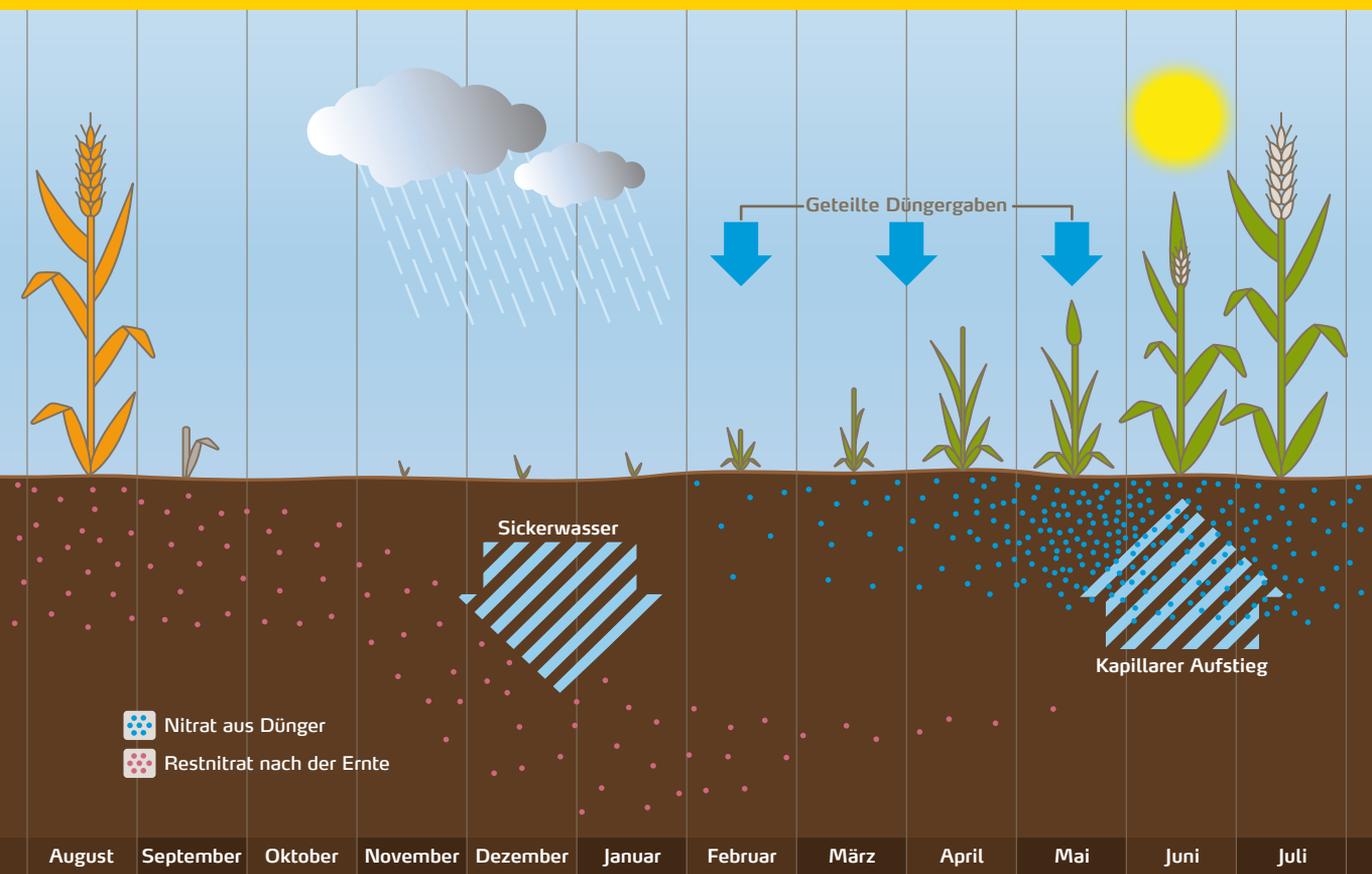


Abbildung 2: Stickstoff aus Mineraldünger wird während der Vegetationsperiode schnell von Pflanzen aufgenommen. Zudem verhindern Verdunstung und kapillarer Aufstieg im Frühling und Sommer, dass Stickstoff ins Grundwasser gelangt. Zur Auswaschung kommt es daher ganz überwiegend im Herbst und Winter, wenn Sickerwasser Restnitrat aus Düngung und herbstlicher Mineralisation aus der Wurzelzone ausschwemmt.

Die Auswirkungen von Mineraldünger

In Regionen mit intensiver Viehhaltung kann es zu erheblichen Nitratüberschüssen kommen und damit die Auswaschung zu einem großen Problem werden, das nur schwer zu kontrollieren ist. Mineralischer Stickstoffdünger spielt hingegen kaum eine Rolle bei der Auswaschung, wenn er genau auf den Pflanzenbedarf abgestimmt wird. Die Anpassung der Aufwandmengen an das wirtschaftliche Optimum ist die beste Strategie - sowohl in ökologischer als auch in ökonomischer Hinsicht.

DAS WIRTSCHAFTLICHE OPTIMUM

Da in der Regel das nach der Ernte im Boden verbleibende Restnitrat ausgewaschen wird und nicht der im Frühjahr eingebrachte Dünger, ist es wichtig, diesen Restnitratgehalt zu reduzieren.

Die Abbildung 3 zeigt die Auswirkungen der gedüngten Stickstoffmenge auf die Reststickstoffgehalte im Boden. Bis zu einem gewissen Schwellenwert der Düngergabe, der im Bereich des ökonomischen Optimums liegt, bleibt der Reststickstoffgehalt stabil. Erst wenn dieser Schwellenwert überschritten wird, steigt der Restnitratgehalt im Boden steil an. Niedrigere Düngermengen reduzieren den Reststickstoff nicht, dafür aber deutlich den Ertrag [5].

Es überrascht nicht, dass dieser Schwellenwert mit dem wirtschaftlichen Optimum übereinstimmt: mehr Stickstoff auszubringen, als die Pflanze in Ertrag umsetzen kann, hat keinen Sinn, weder ökonomisch noch ökologisch. Die exakte Abstimmung der Stickstoffgabe auf den Pflanzenbedarf reduziert das Auswaschungsrisiko und optimiert gleichzeitig den Ertrag.

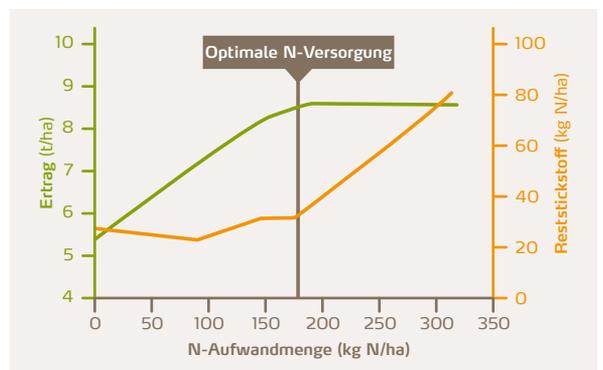


Abbildung 3: Unterhalb der optimalen N-Versorgung haben die Aufwandmengen keine Auswirkungen auf den nach der Ernte im Boden befindlichen Reststickstoff und somit das Auswaschungsrisiko [5].



Stickstoffverluste durch Auswaschung vermeiden

Nitratauswaschung ist ein komplexes Problem, für das es keine Patentlösung gibt. Nitratauswaschung findet insbesondere nach Überdüngung mit Stickstoff statt, wird aber auch von verschiedenen Standortfaktoren bestimmt. Diese sind teilweise nur langfristig oder gar nicht zu beeinflussen, wie z.B. der Humusgehalt und damit die Höhe der Stickstoffmineralisierung, oder der Sickerwassermenge, die von den Niederschlägen und der Körnung des Bodens abhängt. Trotzdem stehen erprobte Strategien zur Reduzierung der Auswaschung zur Verfügung.

GUTE FACHLICHE PRAXIS

Die Auswaschung hält sich im Rahmen, wenn bei der Düngung die Regeln der guten fachlichen Praxis beachtet werden. Empfohlen wird unter anderem [8]:

- Erstellung von zuverlässigen Düngungsplänen, um Überdüngung zu vermeiden
- Bestimmung des mineralischen Stickstoffvorrats im Boden im Frühjahr (N_{min}-Vorrat) zur Bemessung der 1. N-Gabe
- Ausbringung von Stickstoff in Teilgaben, um die Stickstoffversorgung dem tatsächlichen Bedarf der Pflanzen anzupassen und eine rasche Aufnahme sicherzustellen
- Sicherstellung einer ausgewogenen Zufuhr auch anderer Nährstoffe (P, K, S), um eine effiziente Stickstoffverwertung zu gewährleisten
- Anbau von Hochleistungssorten, die den verfügbaren Stickstoff effizient nutzen
- Möglichst lange Bodenbedeckung zur Bindung von überschüssigem Stickstoff (Zwischenfrüchte, frühzeitiges Drillen von Herbstsaaten)
- Förderung eines tiefen und ausgedehnten Wurzelsystems, damit Stickstoff effizienter aufgenommen werden kann
- Erhaltung einer guten Bodenstruktur, um Oberflächenabfluss zu vermeiden
- Ausbringung von Mineral- und Wirtschaftsdüngern in ausreichendem Abstand von Wasserläufen bzw. die Anlage von Randstreifen.
- Beschränkung von Düngergaben im Herbst auf das Notwendigste

ANPASSEN DER DÜNGERGABE

Die Düngergabe an den tatsächlichen Bedarf der Pflanzen anzupassen ist die beste Methode, um den Reststickstoff im Herbst und somit die Nitratauswaschung zu minimieren. Die Aufnahme von Stickstoff variiert von Jahr zu Jahr, von Feld zu Feld und von Kultur zu Kultur. Sie hängt vom Mineralstickstoffgehalt im Boden, der Mineralisierungsrate, dem Pflanzenwachstum bzw. dem Ertrag sowie den Wetterbedingungen ab. Da viele dieser Faktoren nicht zuverlässig prognostiziert werden können, sollte der tatsächliche Bedarf der Pflanzen möglichst genau ermittelt werden und die Düngung in mehreren angepassten Teilgaben flexibel erfolgen.

Die von Yara entwickelten Präzisionsinstrumente zur Optimierung der Stickstoffdüngung N-Tester und N-Sensor® ermöglichen die sofortige Ermittlung des Pflanzenbedarfs vor Ort zum jeweiligen Düngungstermin. Mit Hilfe des N-Sensor® kann mineralischer Stickstoffdünger während des Düngerstreuens sogar teilflächenspezifisch, d.h. entsprechend dem Bedarf der gerade überfahrenen Teilfläche, ausgebracht werden. Durch die Anwendung dieser Methoden wird das Risiko einer Stickstoffüberdüngung und folglich der Nitratauswaschung erheblich reduziert [9], während Ertrag und Gewinn optimiert werden.

Ihr lokaler Yara Ansprechpartner steht Ihnen bei der Ausarbeitung von Düngestrategien zur Minimierung der Auswaschung und Optimierung des Ertrags in Ihrem Betrieb gerne zur Seite.

Erträge optimieren, die Umwelt schonen

Auf Nitrat basierende Düngemittel wie Kalkammonsalpeter und nitratbasierte NPK sind effiziente und zuverlässig wirkende Dünger, die die ökonomischen und ökologischen Erfordernisse einer nachhaltigen Landwirtschaft erfüllen. Nitratdünger und der Einsatz von N-Tester und N-Sensor® reduzieren die Auswaschung und sind die erste Wahl für Landwirte, denen die Umwelt am Herzen liegt.

HARNSTOFF ODER KAS?

Stickstoffdünger wird zum allergrößten Teil in Nitrat umgewandelt, bevor die Pflanzen ihn aufnehmen, unabhängig davon ob er als KAS, Harnstoff oder AHL ausgebracht wurde. Daher ist die Nitrat auswaschung ein von der Stickstoffform weitgehend unabhängiges Phänomen. Dennoch sind Unterschiede während oder gleich nach der Ausbringung zu beobachten:

- Feldversuche belegen eine höhere Effizienz von Nitraten, wodurch N-Überschüsse und Auswaschungsrisiken sinken.
- Gasförmige Verluste von Harnstoff werden häufig durch höhere N-Gaben ausgeglichen. Da die Verflüchtigung aber kaum abschätzbar ist, erhöht diese Vorgehensweise das Risiko einer Überdüngung und Auswaschung ganz erheblich.
- KAS kann aufgrund der höheren Schüttdichte und geringeren Konzentration gleichmäßiger und damit genauer ausgebracht werden. Die präzisere Anpassung an die Pflanzenbedürfnisse vermeidet lokale Über- oder Unterdüngung.



Weitere Informationen finden Sie in unserer Broschüre „Nitratdünger“, die Sie von unserer Website www.yara.de/nitratduenger herunterladen können.

ÜBER YARA

Yara International ASA ist ein internationales Unternehmen mit Hauptsitz in Oslo, Norwegen. Als weltgrößter Anbieter von Mineraldüngern tragen wir seit über 100 Jahren dazu bei, Nahrungsmittel und erneuerbare Energien für die wachsende Weltbevölkerung bereitzustellen.

Die YARA GmbH & Co KG versorgt Landwirte in ganz Deutschland mit Qualitätsprodukten, Know-how und Beratung. Für ausführlichere Informationen wenden Sie sich bitte an Ihren lokalen Yara Ansprechpartner.

LITERATURE

- [1] Macdonald A. J., Powlson D. S., Poulton P.R., Jenkinson D.S. (1989): Unused Fertiliser Nitrogen in Arable Soils – Its contribution to Nitrate Leaching. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.
- [2] Recous S., Fresneau C., Faurie G., Mary B. : The fate of labelled N-Urea and ammonium nitrate applied to a winter wheat crop (1988). *Plant and Soil* 112, 205-214.
- [3] Addiscott, T.M. : Fertilizers and Nitrate Leaching . *Agricultural Chemicals and the Environment*. [Editors: Hester R. E., Harrison R. M.]
- [4] Sherlock J. : DEFRA Research in Agriculture and Environmental Protection between 1990 and 2005 : Summary and Analysis (ES0127).
- [5] Baumgärtel G., Engels T., Kuhlmann H. (1989): Wie kann man die ordnungsgemäße N-Düngung überprüfen? *DLG-Mitteilungen* 9, 472-474.
- [6] Köhler K., Duynisveld W. H. M., Böttcher J. (2006): Nitrogen fertilization and nitrate leaching into groundwater on arable sandy soils. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 169, 185-195.
- [7] Grizzetti B. (2011): Nitrogen as a threat to European water quality. *The European Nitrogen Assessment* [Editors: Sutton M. A., Howard C. M., Erismann J. W., Billen G., Bleeker A., Grennfelt P., van Grinsven H., Grizzetti B.]. Cambridge University Press.
- [8] Baumgärtel G., Scharpf H. C. (2002): Gute fachliche Praxis der Stickstoffdüngung. *AID Infodienst Verbraucherschutz, Ernährung, Landwirtschaft*.
- [9] Mohaupt V., Rechenberg J., Richter S., Schulz D., Wolter R. (2010): Water Protection in Cooperation with Agriculture. *Umweltbundesamt Deutschland*.

