

Intelligente Landwirtschaft im Blick ...



*Direkt Aufnehmbarer Stickstoff

Die Herausforderung

Mineraldünger spielen eine zentrale Rolle bei der Bewältigung der Herausforderung, die wachsende Weltbevölkerung zu ernähren und den Klimawandel in Grenzen zu halten. Als Vorreiter der grünen Revolution tragen sie zu rund der Hälfte der aktuellen Nahrungsproduktion und Proteinversorgung der Erde bei.

Fertilizers Europe ist davon überzeugt, dass die zukünftige europäische Agrarpolitik vor allem die Produktivität des Agrarsektors stärken sollte. Dadurch würden die europäischen Landwirte unterstützt, die Selbstversorgung Europas und den Beitrag zur globalen Ernährungssicherung zu steigern. Gleichzeitig würde die Nachhaltigkeit der landwirtschaftlichen Produktion gestärkt. Eine nachhaltige Intensivierung der europäischen Landwirtschaft durch den effizienten Einsatz von Mineraldüngern kann dem Sektor helfen, die zentralen Ziele der Europapolitik zu erreichen.

„Direkt Aufnehmbare Stickstoffdünger“ (Directly Available Nitrogen bzw. DAN-Dünger) bieten Agronomen ein präzises und zuverlässiges Mittel, um die Nahrungs- und Energieerzeugung auf umweltverträgliche Art und Weise zu steigern. DAN-Dünger, die auf Nitrat und Ammonium basieren, verbinden die Vorteile der zwei einfachsten Formen reaktiven Stickstoffs, die Pflanzen direkt zur Verfügung stehen: Nitrat und Ammonium.

Diese Broschüre beschreibt wichtige Aspekte der Agronomie und Umweltwirkung der unterschiedlichen Stickstoff-Formen, die in Europa aktuell verwendet werden.

Die DAN-Familie

„Die Wahl des richtigen Stickstoffdüngers ist wichtig, da verschiedene Stickstoff-Formen unterschiedliche Auswirkungen auf die Umwelt haben,“

Daniella.

„Die Kombination aus guter landwirtschaftlicher Praxis und DAN-Düngern erhöht die Stickstoff-Effizienz. So minimiere ich ungewollte Auswirkungen auf die Umwelt,“ *Danny.*

„Mit DAN-Düngern habe ich immer genug zu essen. Auch wenn ich einmal erwachsen bin,“ *Dani.*

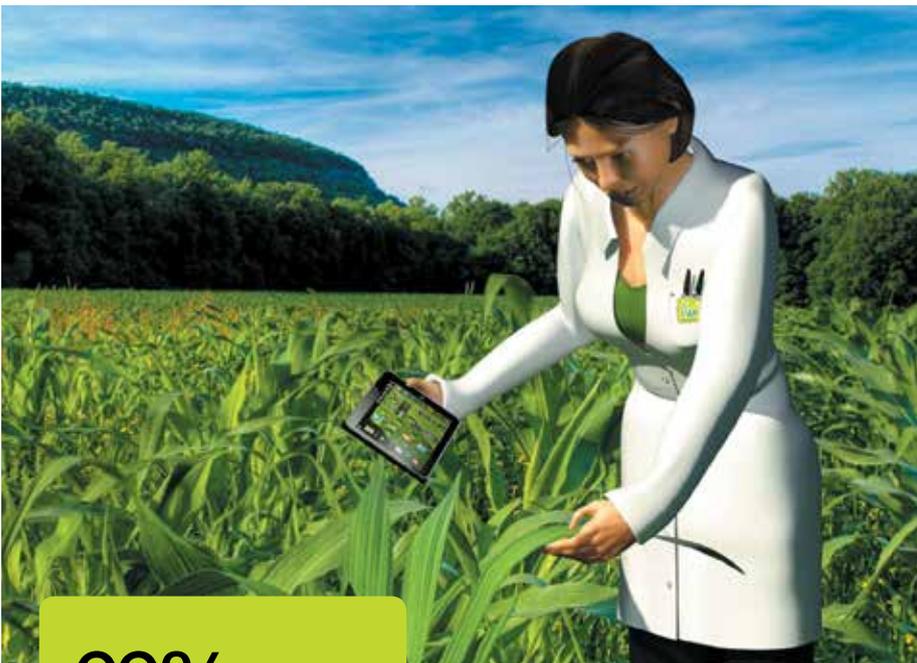
DAN
Directly Available Nitrogen

Inhalt

| | |
|---|----|
| Stickstoff ist lebensnotwendig | 5 |
| Stickstoff in der Natur | |
| Versorgung mit Mineralstoffen | |
| Den Stickstoffkreislauf verstehen | 6 |
| Stickstoff aus Nitrat | |
| Stickstoff aus Ammonium | |
| Stickstoff aus Harnstoff | |
| Welternährung sichern | 9 |
| Den Nahrungsmittelbedarf Europas decken | |
| Ertrag und Qualität optimieren | |
| Unsere Umwelt bewahren | 12 |
| Ammoniakemissionen reduzieren | |
| Nitratverlagerung kontrollieren | |
| Düngemittelproduktion optimieren | |
| Dem Klimawandel entgegenwirken | 15 |
| In Richtung guter fachlicher Praxis | 16 |
| Düngeneffizienz steigern | |
| Am aktuellen Pflanzenbedarf orientiert | |
| Exakte Streuarbeit sicherstellen | |
| Stickstoffdüngung optimieren | |
| Problemfeld Bodenversauerung | |
| Literatur | 18 |

Stickstoff ist lebensnotwendig

IN DEN LETZTEN JAHREN HABEN DIE MEISTEN EUROPÄISCHEN LANDWIRTE ERKANNT, DASS DIREKT AUFNEHMBARE N-DÜNGER (DAN-DÜNGER) EINE EFFEKTIVE UND EFFIZIENTE STICKSTOFFQUELLE FÜR PFLANZEN DARSTELLEN. ES WERDEN JEDOCH AUCH ANDERE MINERALISCHE STICKSTOFFQUELLEN EINGESETZT, DIE DEN BODEN UNTERSCHIEDLICH BEEINFLUSSEN. DIESE UNTERSCHIEDE MÜSSEN BEI DER BEWERTUNG IHRER AGRONOMISCHEN UND IHRER UMWELTPERFORMANCE BERÜCKSICHTIGT WERDEN.



Stickstoffmangel reduziert die Bodenfruchtbarkeit, die Ernteerträge und die Qualität der Ernteprodukte. Stickstoffüberschuss hingegen kann das Grundwasser beeinträchtigen und zur Eutrophierung des Oberflächenwassers führen oder in die Atmosphäre entweichen.

VERSORGUNG MIT MINERALSTOFFEN

Die wichtigsten Mineraldünger stammen von natürlich vorkommenden Rohstoffen, die mittels industrieller Verarbeitung in eine besser pflanzenverfügbare Form gebracht werden:

- ▶ Stickstoff (N), gewonnen aus der Luft, ist wichtiger Bestandteil von Pflanzeneiweiß.
- ▶ Phosphor (P), das aus abgebauten Erzen gewonnen wird, ist Bestandteil von Nukleinsäuren und Lipiden und spielt eine wichtige Rolle beim Energietransfer.
- ▶ Kalium (K), das ebenfalls aus abgebauten Erzen extrahiert wird, spielt eine zentrale Rolle im Pflanzenstoffwechsel, in der Photosynthese, der Aktivierung von Enzymen und der Regulierung des Wasserhaushalt.

99%

des Stickstoffs der Erde ist in der Atmosphäre gespeichert.

Dieser Stickstoff ist für die Pflanzen nicht direkt verfügbar.

STICKSTOFF IN DER NATUR

Stickstoff (N) ist ein lebensnotwendiges Element für Pflanzen. Er stimuliert das Wurzelwachstum und die Photosynthese sowie die Aufnahme anderer Pflanzennährstoffe wie Phosphor (P) und Kalium (K). Allerdings sind 99 % der Stickstoffvorkommen der Erde in der Atmosphäre gespeichert. Weniger als 1 % befindet sich in der Erdkruste. Die Stickstoffmoleküle (N_2) in der Atmosphäre sind chemisch inaktiv und können von den Pflanzen kaum aufgenommen werden.

Darüber hinaus verringert die Landwirtschaft den reaktiven Stickstoff im Boden. Stickstoff wird während des Pflanzenwachstums absorbiert und mit der Ernte, zumeist als Eiweiß, vom Feld abtransportiert. Daher muss Stickstoff über organische und mineralische Quellen neu zugeführt werden. Düngemittel werden in Form von Mist, Gülle, Jauche oder als mineralischer Stickstoff ausgebracht und stellen ein Schlüsselement nachhaltiger Landwirtschaft dar.

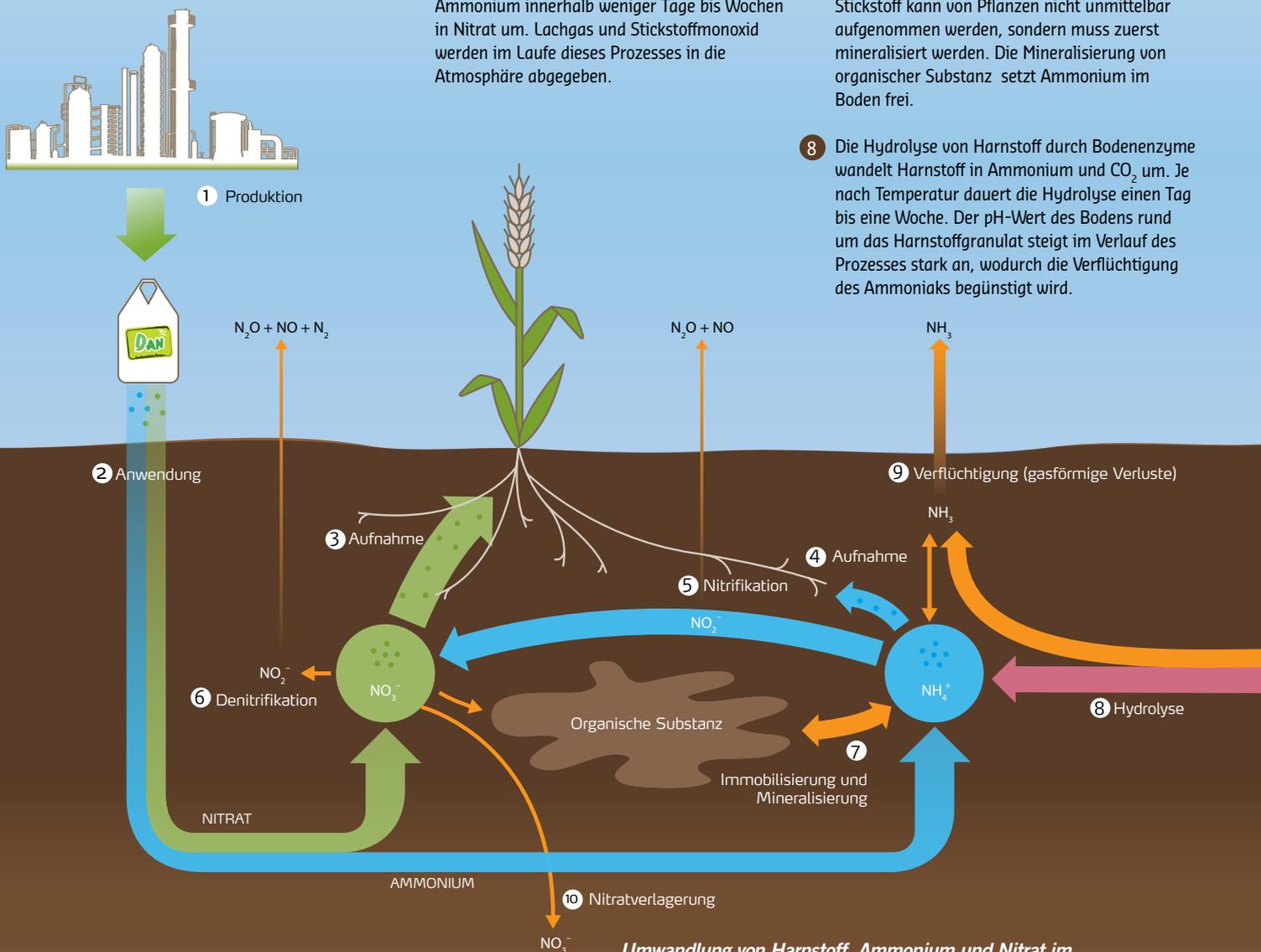
Die wichtigsten mineralischen Stickstoffdünger in Europa sind:

-  ▶ Ammoniumnitrat (AN), enthält Stickstoff als NH_4^+ (Ammonium) und als NO_3^- (Nitrat) zu gleichen Teilen.
-  ▶ Kalkammonsalpeter (KAS), enthält zusätzlich dolomitischen oder kohlensauren Kalk.
- ▶ Ammonnitrat-Harnstofflösung (AHL) ist eine wässrige Lösung aus Harnstoff und Ammoniumnitrat.
- ▶ Harnstoff enthält Stickstoff in Amidform (NH_2).

Den Stickstoffkreislauf verstehen

STICKSTOFF WIRD IM BODEN UMGEWANDELT, WOBEI DIESE TRANSFORMATION VON DER ZUSAMMENSETZUNG DES VERWENDETEN STICKSTOFFS ABHÄNGT. WÄHREND NITRAT VON PFLANZEN DIREKT AUFGENOMMEN WIRD, KANN ES ZU VERLUSTEN KOMMEN, WENN AMMONIUM UND HARNSTOFF ZUERST IN NITRAT UMGEWANDELT WERDEN MÜSSEN.

- 1 Energie in Form von Erdgas wird mit Stickstoff aus der Luft zu Ammoniak synthetisiert, dem primären Baustein von Stickstoffdüngern (AN, Harnstoff).
- 2 Stickstoff kann als mineralischer Stickstoff (Ammonium, Nitrat, Harnstoff) oder in Form organischer Dünger (Mist, Gülle, Jauche, Kompost) gedüngt werden. Organische Dünger enthalten komplexe organische Stickstoffverbindungen und Ammonium.
- 3 Die Nitrataufnahme erfolgt sehr schnell. Die meisten Pflanzen ernähren sich großteils von Nitrat.
- 4 Ammonium ist an Tonpartikel im Boden adsorbiert und wird nur dann von Pflanzen aufgenommen, wenn es von Wurzeln erschlossen wird. Bevor das passiert wird der Großteil des Ammoniums nitrifiziert und als Nitrat von den Pflanzen aufgenommen.
- 5 Die Nitrifikation durch Bodenbakterien wandelt Ammonium innerhalb weniger Tage bis Wochen in Nitrat um. Lachgas und Stickstoffmonoxid werden im Laufe dieses Prozesses in die Atmosphäre abgegeben.
- 6 Denitrifikation tritt auf, wenn Mikroorganismen zu wenig Sauerstoff zur Verfügung haben (z.B.: in wassergesättigten Böden oder bei Bodenverdichtungen). In diesem Prozess wandeln Bodenbakterien Nitrat und Nitrit in Lachgas, Stickstoffmonoxid und elementaren Stickstoff um. Diese werden in die Atmosphäre abgegeben.
- 7 Immobilisierung baut mineralischen Stickstoff in organische Substanz ein. Die Aktivität von Bodenmikroben wird hauptsächlich von Ammonium stimuliert. Immobilisierter Stickstoff kann von Pflanzen nicht unmittelbar aufgenommen werden, sondern muss zuerst mineralisiert werden. Die Mineralisierung von organischer Substanz setzt Ammonium im Boden frei.
- 8 Die Hydrolyse von Harnstoff durch Bodenenzyme wandelt Harnstoff in Ammonium und CO_2 um. Je nach Temperatur dauert die Hydrolyse einen Tag bis eine Woche. Der pH-Wert des Bodens rund um das Harnstoffgranulat steigt im Verlauf des Prozesses stark an, wodurch die Verflüchtigung des Ammoniaks begünstigt wird.



Umwandlung von Harnstoff, Ammonium und Nitrat im Boden. In Verbindung mit Harnstoff treten die höchsten Umwandlungsverluste auf, bei Nitraten die niedrigsten.

| PRODUKT | STICKSTOFFGEHALT | | | | | |
|-----------------------------|--|-----------|------------------------------|---------------|----------------------------|----------|
| | Harnstoff-N $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ | Hydrolyse | Ammonium-N (NH_4^+) | Nitrifikation | Nitrat-N (NO_3^-) | Aufnahme |
| Ammoniumnitrat | | | 50% | | 50% | |
| Kalkammonsalpeter | | | 50% | | 50% | |
| Ammonnitrat-Harnstofflösung | 50% | | 25% | | 25% | |
| Harnstoff | 100% | | | | | |

Die praxisüblichen Stickstoffdünger enthalten Stickstoff als Nitrat, Ammonium oder Amid in unterschiedlichen Zusammensetzungen. Von Pflanzen kann nur Nitrat leicht aufgenommen werden. Amid und Ammonium werden durch Hydrolyse und Nitrifikation zu Nitrat umgewandelt.

9 Zur Ammoniakverflüchtigung kommt es, wenn Ammonium zu Ammoniak umgewandelt und in die Atmosphäre abgegeben wird. Hohe pH-Werte im Boden begünstigen diese Transformation. Wenn die Reaktion an der Bodenoberfläche erfolgt, entstehen die größten gasförmigen Verluste - speziell, wenn Harnstoff ausgebracht und nicht unmittelbar in den Boden eingearbeitet wird.

10 Nitratverlagerung tritt hauptsächlich im Winter auf, wenn Niederschläge den nach der Ernte zurückgebliebenen, mineralisierten Reststickstoff (Rest-Nmin) aus der Wurzelzone verlagern. Gezielte Düngung vermindert Rest-Nmin-Mengen und deren Verlagerung und Auswaschung.

Nitrat-Stickstoff

Nitrat (NO_3^-) wird von Pflanzen leicht und schnell aufgenommen. Im Gegensatz zu Harnstoff oder Ammonium ist es unmittelbar und vollständig als Pflanzennährstoff verfügbar. Nitrat ist im Boden sehr mobil und gelangt schnell zu den Pflanzenwurzeln. Stickstoff als Ammoniumnitrat oder Kalkammonsalpeter stellt daher eine direkt aufnehmbare Nährstoffquelle dar.

Die Aufnahme von negativ geladenem Nitrat steht in Verbindung mit der Aufnahme positiv geladener Nährstoffe wie Magnesium, Kalzium und Kalium.

In diesem Zusammenhang ist zu beachten, dass grundsätzlich der gesamte im Boden enthaltene Stickstoff, unabhängig davon, ob dieser als Harnstoff, Ammonium oder Nitrat zugeführt wurde, vor der Aufnahme durch Pflanzen zu Nitrat umgewandelt wird. Wenn Nitrat direkt zugeführt wird, werden Verluste vermieden, die bei der Umwandlung von Harnstoff zu Ammonium und von Ammonium zu Nitrat auftreten.

Ammonium-Stickstoff

Ammonium (NH_4^+) wird von Pflanzen nur langsam aufgenommen. Das positiv geladene Ion ist an Tonminerale gebunden und im Boden kaum mobil. Die Wurzeln der Pflanzen müssen daher in Richtung des Ammoniums wachsen. Der Großteil des Ammoniums wird von Bodenmikroben zu Nitrat umgewandelt. Dieser Nitrifikationsprozess ist von der Temperatur abhängig und dauert eine bis mehrere Wochen.

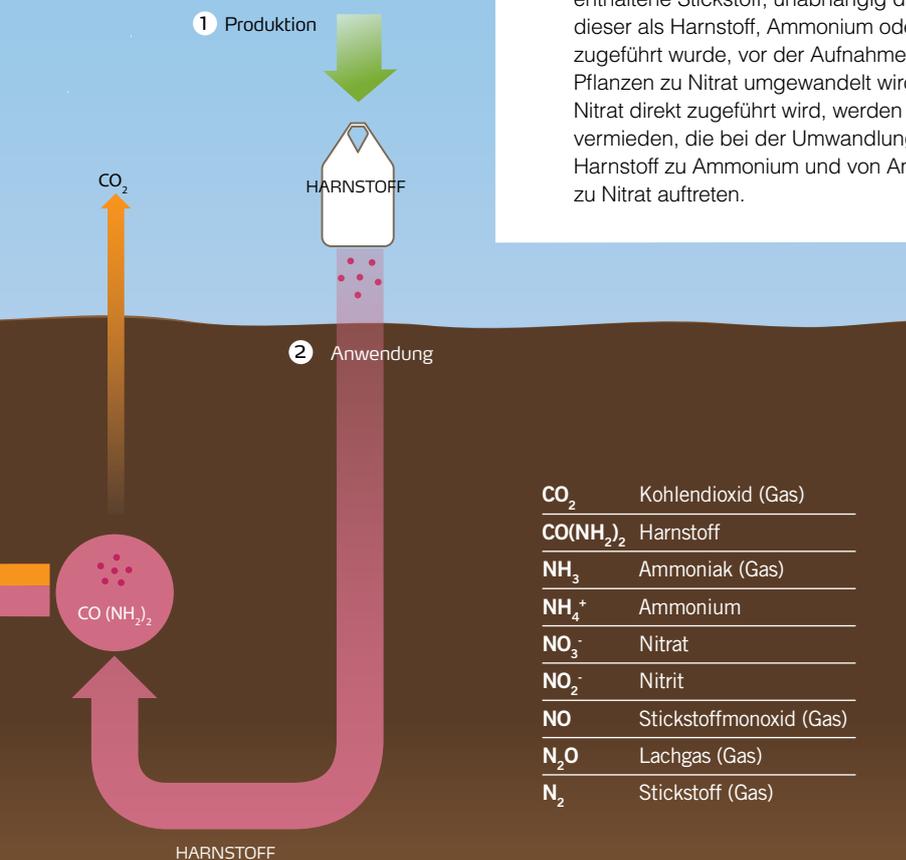
Ein Teil des Ammoniums wird von Bodenmikroben immobilisiert und erst über eine längere Zeitspanne hinweg freigesetzt oder in organische Substanz eingebaut.

Stickstoff aus Harnstoff (Amidstickstoff)

Pflanzenwurzeln nehmen Amidstickstoff nicht in größeren Mengen direkt auf. Harnstoff muss zuerst durch Bodenenzyme zu Ammonium hydrolysiert werden, was je nach Temperatur einen Tag bis eine Woche dauert. Für die Hydrolyse ist Feuchtigkeit notwendig.

Das durch die Harnstoffhydrolyse erzeugte Ammonium weist jedoch nicht das gleiche Verhalten wie Ammonium aus Ammoniumnitrat auf. Die Hydrolyse von Harnstoff bewirkt eine kurzfristige, intensive pH-Wert Erhöhung in der unmittelbaren Umgebung des applizierten Harnstoffgranulats. Dadurch verschiebt sich das natürliche Verhältnis zwischen Ammonium (NH_4^+) und Ammoniak (NH_3) zu letzterem, was gasförmige Verluste bewirkt. Durch einen Urease-Inhibitor können diese abgeschwächt werden.

Diese Verluste sind der wichtigste Grund für die geringere N-Effizienz von Harnstoff. Dies ist auch der Grund dafür, warum Harnstoff unmittelbar nach der Ausbringung in den Boden eingearbeitet werden soll.



Die Ernährungs- und
Landwirtschaftsorganisation
der Vereinten Nationen (FAO)
prognostiziert ein
Weltbevölkerungswachstum

auf **9,1 Milliarden**

Menschen bis zum Jahr 2050.
Die Nahrungsmittelproduktion
muss folglich um weitere

70 % ansteigen.

Welternährung sichern

DIE WACHSENDE WELTBEVÖLKERUNG SOWIE DIE STEIGENDE SORGE UM DIE UMWELT LASSEN DIE LANDWIRTSCHAFT IN NEUEM LICHT ERSCHEINEN. WIE KANN DIE AGRARPOLITIK ERNÄHRUNGSSICHERUNG UND UMWELTSCHUTZ IN EINKLANG BRINGEN? WIE KANN EIN AUSGEWOGENES VERHÄLTNISS VON AGRONOMISCHER PERFORMANCE UND UMWELTVERTRÄGLICHKEIT ERZIELT WERDEN? WELCHE ROLLE SPIELEN MINERALDÜNGER, UND WAS SIND DIE BESTEN LÖSUNGEN?

DEN NAHRUNGSMITTEL-BEDARF EUROPAS DECKEN

Laufend hat sich die Nahrungsmittelproduktion im Verlauf der „Grünen Revolution“ der letzten 50 Jahre verdreifacht, was hauptsächlich auf den Einsatz von Mineraldüngern zurückzuführen ist. Gleichzeitig stieg die Weltbevölkerung von drei auf sieben Milliarden Menschen an.

Während die Weltbevölkerung zunimmt, ist die Verfügbarkeit landwirtschaftlicher Nutzflächen begrenzt (Abb. 1). Die FAO prognostiziert ein Weltbevölkerungswachstum bis zum Jahr 2050 auf 9,1 Milliarden Menschen, die Nahrungsmittelproduktion muss folglich um weitere 70 % ansteigen. Wenn zukünftig immer weniger zusätzliche Flächen für den Pflanzenbau zur Verfügung stehen, muss zwangsläufig die Produktion auf den bestehenden Flächen optimiert werden. [ref. 1]

Die europäische Landwirtschaft ist eine der effizientesten und produktivsten der Welt. Trotzdem ist die Europäische Union einer der weltweit größten Importeure landwirtschaftlicher Erzeugnisse. Die europäischen Importe übertrafen 2011 die Exporte um 65 Millionen Tonnen, wobei diese Zahl im letzten Jahrzehnt um 40 % anstieg. Die außerhalb der Europäischen Union befindliche Fläche, die für die Produktion dieser Importe nötig ist, umfasst 35 Millionen Hektar, was ungefähr der Größe Deutschlands entspricht [ref.2].

Um den Herausforderungen des 21. Jahrhunderts zu begegnen, müssen Ernteertrag und Produktivität weiter steigen. Mineraldünger spielen eine zentrale Rolle, um die Agrarflächen effizient zu nützen. Sie können einen wesentlichen Beitrag zur globalen Ernährungssicherung leisten und dabei helfen, naturnahe Wälder und Weiden vor der Umwandlung in intensive Ackerflächen zu bewahren. Damit können Landnutzungsänderungen und die damit in Verbindung stehende Kohlenstofffreisetzung vermieden werden.

Wie bereits zuvor erwähnt, ist die Wahl der richtigen Stickstoff-Form, wie sie beispielsweise von DAN-Düngern zur Verfügung gestellt wird, von wesentlicher Bedeutung.

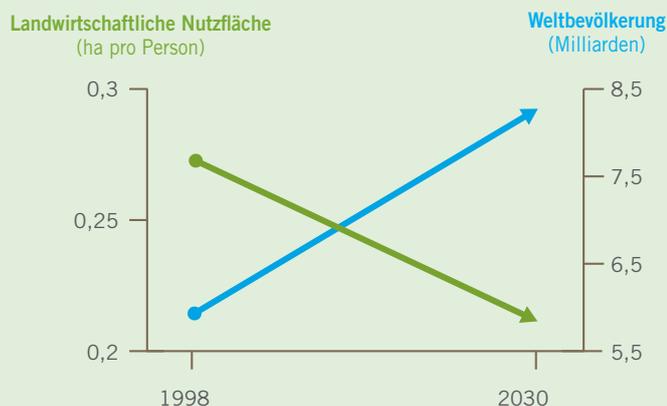
Die Verwendung der richtigen Stickstoff-Form, ist von wesentlicher Bedeutung.

DAN-Dünger liefern einen wertvollen Beitrag, zur Ernährung der Weltbevölkerung und zum Umweltschutz.



Abb. 1

WELTBEVÖLKERUNG VS. VERFÜGBARER LANDWIRTSCHAFTLICHER NUTZFLÄCHE 1995 - 2030



Während die Weltbevölkerung zunimmt, ist die verfügbare landwirtschaftliche Nutzfläche begrenzt [ref. 1].

Ertrag und Qualität optimieren

Die Verwendung der richtigen Nährstoffquelle ist essenziell. Verschiedene mineralische Stickstoffquellen haben unterschiedliche Auswirkungen auf Ernteertrag und -qualität, dessen sind sich die europäischen Landwirte seit Jahrzehnten bewusst.

Die unterschiedliche Leistungsfähigkeit mineralischer Stickstoffquellen beruht auf unterschiedlich hohen Nährstoffverlusten, die insbesondere gasförmig aber auch durch Auswaschung und Nährstoff-Immobilisierung entstehen. Durch ein Missverhältnis zwischen Stickstoffversorgung und -aufnahme werden diese Verluste noch verstärkt.

In Frankreich, Deutschland und dem Vereinigten Königreich durchgeführte Feldversuche zeigen, dass DAN-Dünger durchwegs höhere Ernteerträge und bessere Qualität bewirkten als Harnstoff. Meistens kann die schwächere Performance von AHL und Harnstoff, mit höheren Stickstoff-Aufwandmengen kompensiert werden, allerdings zu Lasten der Umwelt.

95%
der europäischen
Landwirte
verwenden
Mineraldünger.

Gute landwirtschaftliche Praxis und Methoden der Präzisionslandwirtschaft können die Düngeeffizienz verbessern und Stickstoffverluste minimieren.



Frankreich (Abb. 2)

Bei optimaler Stickstoff-Menge, die im Durchschnitt bei 182 kg N/ha lag, bewirkte Ammoniumnitrat einen um 260 Kilogramm höheren Ertrag und einen um - absolut - 0,75 % höheren Proteingehalt als AHL. Um das wirtschaftliche Optimum zu erreichen, wurde bei AHL eine zusätzliche Menge von 27 kg N/ha (15 %) benötigt [ref. 3].

Deutschland (Abb. 3)

In Deutschland wurden zwischen 2004 und 2010 55 Feldversuche mit Wintergetreide auf unterschiedlichen Bodenarten und -typen durchgeführt. Bei einer optimalen N-Menge von durchschnittlich 210 kg/ha erwirtschaftete Kalkammonsalpeter (KAS) einen 2 % höheren Ertrag und 0,23 % höheren Proteingehalt als Harnstoff. Um das wirtschaftliche Optimum bei Harnstoff zu erreichen, war eine zusätzliche Düngermenge von 15 kg N/ha (7,1 %) nötig [ref. 4].

Vereinigtes Königreich (Abb. 4,5,6)

Die umfangreichste Studie zum Vergleich unterschiedlicher N-Dünger wurde im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Ernährung und Angelegenheiten des ländlichen Raums (DEFRA) der britischen Regierung im Zeitraum von 2003 bis 2005 durchgeführt [ref. 5]. Neben Ertragsdifferenzen zeigte die Studie bei Harnstoff und AHL zudem eine erhöhte Streuung der Erträge von Jahr zu Jahr und von Standort zu Standort. Aus diesem Grund kann der höhere, optimale Stickstoffbedarf von Harnstoff und AHL, nicht mit gleicher Sicherheit vorausberechnet werden wie jener bei Ammoniumnitrat.

Frankreich (Abb. 7)

Die Ergebnisse des ADA-Experiments in Frankreich (AN vs. Harnstoff) zeigen, dass AN im stationären Langzeitversuch, 4 bis 6 % höhere Erträge erzielte als Harnstoff. Entsprechend besser ist die Stickstoffeffizienz. Um den gleichen Ernteertrag mit Harnstoff zu erzielen, war eine zusätzliche Menge von 40 kg N nötig [ref. 6].

Abb. 2

ERTRAGSKURVEN FÜR AN UND AHL IN FRANKREICH



Die N-Ertragskurven der Feldversuche zeigen, dass mit AHL eine zusätzliche Menge von 27 kg Stickstoff pro Hektar benötigt worden wäre, um Ertragsgleichheit zu erreichen [ref. 3].

Abb. 4

MEHR N FÜR GLEICHEN ERNTEERTRAG



Um den gleichen Kornertrag zu erzielen wurde bei Harnstoff und AHL bedeutend mehr Stickstoff benötigt als bei Ammoniumnitrat [ref. 5].

Abb. 6

ERNTEERTRAG BEI GLEICHER N-MENGE



Auch der Ertrag war mit Harnstoff und AHL niedriger als mit Ammoniumnitrat [ref. 5].

Abb. 3

ERTRAGSVERGLEICH AN VS. HARNSTOFF AN 55 STANDORTEN IN DEUTSCHLAND ZU WINTERGETREIDE



Von 55 bis zum N-Optimum aufgedüngten Versuchsvarianten in Deutschland erzielten 75 % aller Standorte mit Kalkammonsalpeter (KAS) einen höheren Ertrag. Auf 25 % der Standorte war Harnstoff im Vorteil [ref. 4].

Abb. 5

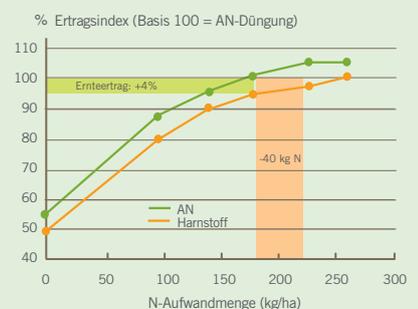
PROTEINGEHALT BEI GLEICHER N-MENGE



Der Proteingehalt war auf Feldern, die mit Harnstoff oder AHL gedüngt wurden, niedriger als auf Feldern, die mit Ammoniumnitrat gedüngt wurden [ref. 5].

Abb. 7

STICKSTOFFEFFIZIENZ



Effekt von unterschiedlichen N-Formen im Zeitverlauf (Réseau ADA 2008-2011, 30 Testergebnisse) auf Raps, Weizen, Gerste [ref 6].

Unsere Umwelt **bewahren**

DIREKT AUFNEHMBARE STICKSTOFFDÜNGER (DAN-DÜNGER: AMMONIUMNITRAT UND KALKAMMONSALPETER) WEISEN KLARE ÖKOLOGISCHE VORTEILE GEGENÜBER ANDEREN STICKSTOFFFORMEN AUF. SIE HABEN EINEN KLEINEREN CO₂-FUSSABDRUCK IM VERLAUF IHRES LEBENSZYKLUS. AUFGRUND IHRER MODERNEN PRODUKTION UND DER OPTIMISIERTEN ANDWENDUNGSMÖGLICHKEITEN BIETEN DAN-DÜNGER DEUTLICHE VORTEILE BEI EMISSIONEN UND GASFÖRMIGEN N-VERLUSTEN, AUCH WENN SIE NICHT IN DEN BODEN EINGEARBEITET WERDEN.



Ammoniakemissionen reduzieren

Das Europäische Emissionsverzeichnis (EMEP) schätzt, dass 94 % aller Ammoniakemissionen in der Landwirtschaft auftreten, wobei rund 80% dieser Emissionen aus organischen Quellen stammen.

Gasförmige Ammoniakemissionen stellen einen direkten Stickstoffverlust und eine erhebliche Umweltbelastung dar. Flüchtiger Ammoniak überschreitet Landesgrenzen und bewirkt eine Versauerung und Eutrophierung von Boden und Gewässern. Darüber hinaus trägt er wesentlich zur Bildung von Mikropartikeln (PM 2,5) bei, die schwerwiegende gesundheitliche Probleme verursachen können. Aus diesem Grund werden im UN/ECE-Göteborger Protokoll und in der EU-Richtlinie über nationale Emissionshöchstwerte Maßnahmen und Grenzwerte vorgeschlagen, um Ammoniakemissionen aus sämtlichen Quellen zu kontrollieren.

Es ist seit langem bekannt, dass bei Harnstoff und AHL größere Ammoniakverluste auftreten als bei Ammoniumnitrat oder Kalkammonsalpeter. Ammoniakverluste beim Einsatz von Harnstoff können reduziert werden, indem dieser nach der Ausbringung in den Boden eingearbeitet wird. Dies ist jedoch nur bei Frühjahrssaat möglich.

Verluste auf Weideland schätzt man deutlich höher ein als jene auf Acker, da auf Weiden keine Einarbeitung möglich ist und die Tiere ihre Exkremente nicht gleichmäßig auf der Fläche verteilen. (Abb. 8).

Harnstoffdünger können, in Abhängigkeit regionaler, Standortbedingungen, Verlustspitzen bis 58 % in Form von Ammoniak bewirken. Zu den verfügbaren Maßnahmen, die Ammoniakemissionen der Landwirtschaft zu reduzieren, zählen eine geringe Stickstoffzufuhr, die emissionsarme Tierhaltung, die Abluftreinigung, abgedeckte Güllelager, niedrigere Ammoniakgehalte in Gülle und Festmist, die Verbrennung von Geflügelmist und das Ersetzen von Harnstoffdünger durch verlustärmere N-Formen (UNECE, 2007).

Abb. 8

DURCHSCHNITTliche AMMONIAKEMISSIONEN PRO KG AUSGEBRACHTEM STICKSTOFF BEI UNTERSCHIEDLICHEN N-DÜNGERSORTEN

| VERLUSTE DURCH VERFLÜCHTIGUNG [% N] | ACKERLAND | | GRÜNLAND | |
|-------------------------------------|-----------|------------|----------|-------------|
| | EMEP | Defra | EMEP | Defra |
| KAS AN | 0,6% | 3 (-3-10)% | 1,6% | 2 (-4-13)% |
| AHL | 6% | 14 (8-17)% | 12% | N.A. |
| Harnstoff | 11,5% | 22 (2-43)% | 23% | 27 (10-58)% |

Die Tabelle enthält Daten des offiziellen Europäischen Emissionsverzeichnisses (EMEP) sowie einer im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Ernährung und Angelegenheiten des ländlichen Raums (DEFRA) der britischen Regierung durchgeführten Studie. In allen Fällen sind die Verluste durch Verflüchtigung im Zusammenhang mit Harnstoff und AHL höher als bei Kalkammonsalpeter bzw. Ammoniumnitrat [ref. 7,8,9].

Auswaschungseffekte kontrollieren

Hohe Nitratkonzentrationen im Grund- und Oberflächenwasser sind zu vermeiden, wobei der zulässige Höchstwert im Rahmen der EU-Nitratrichtlinie von 1991 mit 50 mg/l festgelegt wurde. Die Nitrat auswaschung ist grundsätzlich unabhängig von der Stickstoffquelle und kann durch unsachgemäße Anwendung von Wirtschaftsdüngern und/oder Mineraldüngern ebenso verursacht werden, wie durch erhöhte Mineralisation bodenbürtigen Stickstoffs nach der Ernte.

Nitrat auswaschung tritt nur in wassergesättigten Böden auf. Nitrat ist nicht an Bodenpartikel gebunden. Es befindet sich in der Bodenlösung und kann sich mit dem Bodenwasser frei bewegen. Ammonium ist zumeist an Tonpartikel im Boden gebunden und daher selten von Auswaschung betroffen.

Harnstoff wird durch Hydrolyse schnell zu Ammonium und später durch mikrobiologische Aktivität in Nitrat umgewandelt, wobei es zu klimarelevanten Emissionen auch außerhalb der Wachstumsphase kommt. Außerdem ist das Harnstoffmolekül im Boden äußerst mobil und kann nach der Ausbringung bei starkem Regen direkt in den Unterboden verlagert werden.

Während der Wachstumsperiode kommt Auswaschung nur selten vor. Der Großteil der Nitratverluste ins Wasser tritt außerhalb der Anbauperiode im Spätherbst und Winter auf. Das generelle Ziel besteht folglich darin, die Nitratkonzentration im Boden nach der Ernte (Rest-Nmin-Werte) zu minimieren.

Bei Wintergetreide bewirkt die Stickstoffdüngung bis zum wirtschaftlichen Optimum kein erhöhte Nitratkonzentration im Boden nach der Ernte. Somit bleibt auch das Auswaschungsrisiko gering (Abb. 9).

Nitrat auswaschung tritt unabhängig von der Stickstoffquelle auf.

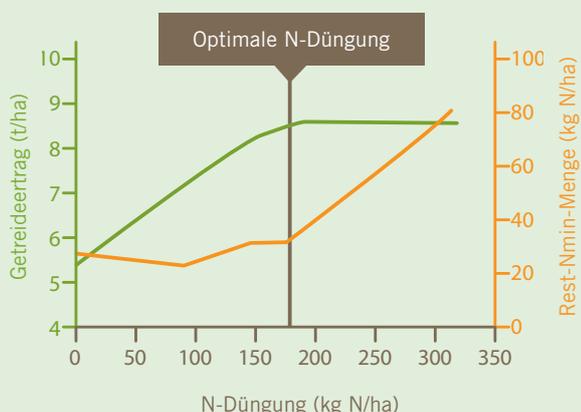
Durch Gute Landwirtschaftliche Praxis kann sie minimiert werden.

Auswaschung kann minimiert werden durch:

- ▶ Bedarfsgerechte Bemessung der N-Düngung, am besten durch Methoden der Präzisionslandwirtschaft.
- ▶ Nmin Bestimmung im Boden, vor wichtigen Düngungsterminen.
- ▶ Geteilte Stickstoffgaben, angepasst an die Wachstumsphasen der Pflanzen, um die effiziente N-Aufnahme sicherzustellen.
- ▶ Verwendung von DAN-Düngern mit schneller, vorhersehbarer Stickstofffreisetzung, z. B. Kalkammonsalpeter.
- ▶ Schonende Bodenbearbeitung zur Förderung eines ausgedehnten Wurzelsystem und der effizienten Nutzung bodenbürtigen Stickstoffs.
- ▶ Vermeiden von Verdichtungen, für optimale Bodenstruktur.
- ▶ Mit Zwischenfruchtbau Rest-Nmin-Mengen binden.

Abb. 9

GETREIDEERTRAG UND REST-NMIN-MENGEN VS. N-DÜNGUNG



Bei wirtschaftlich optimaler N-Düngung bleibt wenig Reststickstoff nach der Ernte im Boden zurück. Das Auswaschungsrisiko bleibt gering [ref. 10].





Unterschiedliche Düngemittel haben verschiedene agronomische Effekte und Umweltwirkungen. Um die Auswirkungen eines Stickstoffdüngers zu bestimmen, bedarf es einer Lebenszyklusanalyse.

DAN-Dünger - über Jahrzehnte in Europa bewährt.

Optimierte Düngemittelproduktion

Mineralische Stickstoffdünger werden mittels Luftstickstoffbindung (Haber-Bosch-Prozess) produziert. Dieser Prozess benötigt Energie und setzt CO₂ frei, ein Treibhausgas, das zum Klimawandel beiträgt. Aufgrund kontinuierlicher Verbesserungen betreiben die europäischen Düngemittelhersteller ihre Anlagen heute knapp am technischen Energieminimum. Die Ammoniakanlagen in Europa zählen aktuell zu den besten der Welt (Abb. 10 und 11).

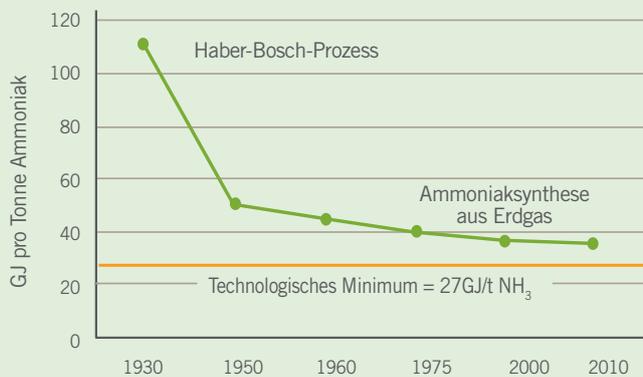
Bei der Düngemittelproduktion entsteht neben Kohlendioxid auch Lachgas, ein starkes Treibhausgas. Um die Emission dieses Lachgases zu verhindern, setzen die Mitglieder von Fertilizers Europe auf eine neue Katalysator-Technologie.

Die Auswirkungen von Düngemitteln auf den Klimawandel können anhand des CO₂-Fußabdrucks gemessen werden, welcher als kg CO₂-eq pro produziertem kg Stickstoff ausgedrückt wird. Um die tatsächlichen Auswirkungen eines Produkts auf das Klima zu verstehen, ist eine Lebenszyklusanalyse (LCA) durchzuführen, in der sämtliche Schritte von der Produktion bis zur Aufnahme durch die Pflanzen berücksichtigt werden. Ein detaillierter Vergleich der entsprechenden CO₂-Fußabdrücke der einzelnen Düngersorten ist im nächsten Abschnitt zu finden (Abb. 12).

Wenn künftig CSS-Technologien („Carbon Capture and Storage“) verfügbar werden, wird sich Nitratdünger noch mehr zur bevorzugten Düngewahl empfehlen. Im Allgemeinen bedarf es bei industriellen Prozessen eines kostspieligen Reinigungs- und Konzentrationsprozesses für CO₂, bevor CCS zum Einsatz kommen kann. Bei der Produktion von DAN-Düngern liegt das CO₂ bereits in reiner Form vor und könnte unmittelbar dem CCS zugeführt werden.

Abb. 10

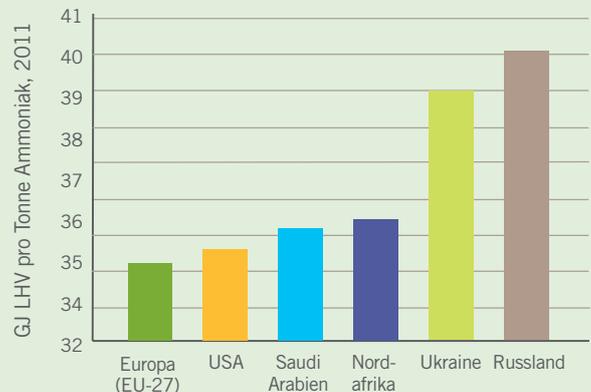
FORTSCHRITT IN DER ENERGIEEFFIZIENZ DER AMMONIAKPRODUKTION



Der Energieverbrauch europäischer Düngemittelanlagen hat im Laufe der Jahre abgenommen und befindet sich inzwischen nahe am theoretischen technischen Minimum [ref. 11].

Abb. 11

ENERGIEEFFIZIENZ VON AMMONIAKANLAGEN WELTWEIT (REGIONALER DURCHSCHNITT)



Die durchschnittliche Energieeffizienz der europäischen Ammoniakanlagen zählt zu den besten der Welt [ref. 12].

Dem Klimawandel entgegenwirken

PRODUKTION, TRANSPORT UND ANWENDUNG VON MINERALDÜNGERN TRAGEN DIREKT UND INDIREKT ZU TREIBHAUSGASEMISSIONEN (THG-EMISSIONEN), VOR ALLEM VON KOHLENDIOXID (CO₂) UND LACHGAS (N₂O), BEI.

Gleichzeitig verbessern N-Dünger die Produktivität der Landwirtschaft und stimulieren die CO₂-Aufnahme der Pflanzen sowie den Humusaufbau im Boden. Sie steigern den Ernteertrag und vermindern die Notwendigkeit, neue Ackerflächen zu kultivieren, wodurch THG-Emissionen durch Landnutzungsänderungen verhindert werden - Landnutzungsänderungen alleine sind für 12 % der globalen THG-Emissionen verantwortlich [ref 13].

Durch die Lebenszyklusanalyse können THG-Emissionen und -Absorption bei Produktion, Transport, Lagerung und Anwendung von Düngemitteln quantifiziert werden (d. h. in jeder Phase des „Lebens“ eines Düngemittels). Um unterschiedliche Treibhausgase vergleichen zu können, werden diese in CO₂-Äquivalente (CO₂-eq) umgerechnet.

Unterschiedliche Düngersorten haben verschieden große CO₂-Fußabdrücke. Harnstoff setzt während der Produktion weniger CO₂ frei als Ammoniumnitrat. Nach der Ausbringung kehrt sich dieses Bild um, da Harnstoff das in seinem Molekül enthaltene CO₂ abgibt. Im Durchschnitt wird bei der Anwendung von Harnstoff auch mehr Lachgas vom Boden freigesetzt [ref 14].

Harnstoff hat deshalb über den gesamten Lebenszyklus einen größeren CO₂-Fußabdruck als DAN-Dünger. Außerdem treten bei Harnstoff gasförmige N-Verluste von durchschnittlich 15 % auf, wodurch die Stickstoffeffizienz sinkt. Wird diese durch 15 % mehr Aufwandmenge kompensiert steigt der CO₂-Fußabdruck weiter an. Aus diesem Grund muss bei der Messung des CO₂-Fußabdrucks einer Düngersorte stets der gesamte Lebenszyklus des Produkts betrachtet werden (Abb. 12).

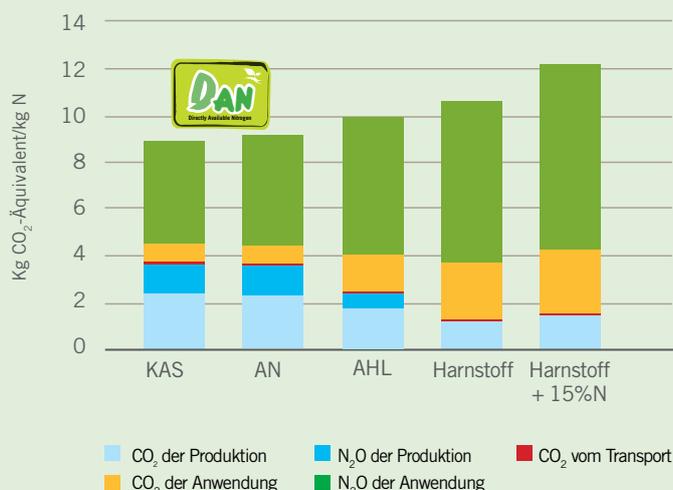
Mittels Lebenszyklus-analyse werden THG-Emissionen eines Düngemittels quantifiziert.

DAN-Dünger erzielen den gleichen Ernteertrag mit 25 % kleinerem CO₂-Fußabdruck.



Abb. 12

VERGLEICH DER CO₂-EMISSIONEN UNTERSCHIEDLICHER DÜNGERSORTEN



Der CO₂-Fußabdruck vom AN-Lebenszyklus ist geringer als bei Harnstoff und AHL. Wird die geringere Effizienz von Harnstoff und AHL durch eine höhere Aufwandmenge kompensiert, ist der Unterschied noch klarer zu erkennen [ref. 15].



In Richtung Guter fachlicher Praxis

DIE GOLDENE REGEL FÜR DIE STICKSTOFFDÜNGUNG BLEIBT EINFACH: VERWENDE DAS RICHTIGE PRODUKT, IN DER RICHTIGEN MENGE, AM RICHTIGEN ORT, ZUM RICHTIGEN ZEITPUNKT. N-DÜNGER MIT ZUVERLÄSSIGEM FREISETZUNGSPROFIL UND PRÄZISEN ANWENDUNGSEIGENSCHAFTEN MINIMIEREN VERLUSTE UND VERBESSERN DIE AUFNAHME DURCH DIE PFLANZE.

DÜNGEEFFIZIENZ STEIGERN

Am aktuellen Pflanzenbedarf orientiert

Ausreichend Stickstoff fördert Bodenleben und Pflanzenwachstum. Ein Zuviel an Stickstoff führt zu nachteiligem Luxuskonsum der Pflanze und belastet überdies die Umwelt. Das exakte Bemessen der Stickstoffzufuhr am aktuellen Bedarf der Pflanzen und des Bodens optimiert den Ernteertrag, minimiert die Umweltauswirkungen und maximiert den Gewinn (Abb. 13).

Geteilte Stickstoffgaben sind zumeist der beste Weg sich den wechselnden Bedürfnissen von Standort, Witterung und Pflanze anzupassen. Dünger mit verlässlich vorhersehbarer Wirkung sind eine Grundbedingung für eine erfolgreiche Gabenteilung.

Ammoniumnitrat und Kalkammonsalpeter erfüllen diese Bedingung, während Harnstoff weniger geeignet ist. Hydrolyse, Nitrifikation, sowie N-Verluste von Harnstoff sind stark von der Witterung nach der Ausbringung abhängig. Verlässliche Prognosen sind schwierig wodurch es bei Harnstoff eher zu einer Unter- oder Überversorgung kommen kann.

Die Defra-Studie fand bei Harnstoff gasförmige Stickstoffverluste im Bereich von 2 bis 58 % und unterstreicht damit dessen Unzuverlässigkeit.

Eine ausgeglichene Nährstoffversorgung ist ein weiteres wichtiges Element im nachhaltigen Pflanzenbau. Eine unzureichende Versorgung mit Phosphor, Kalium oder Schwefel kann die Stickstoffeffizienz maßgeblich verringern. Regelmäßige Bodenproben liefern wichtige Daten zum Nährstoffgehalt des Bodens und zum Düngebedarf.

Am Markt sind heute moderne und praktikable Prognose-Instrumente verfügbar, um den Stickstoffbedarf der Pflanzen zu messen und die Düngung entsprechend anzupassen.

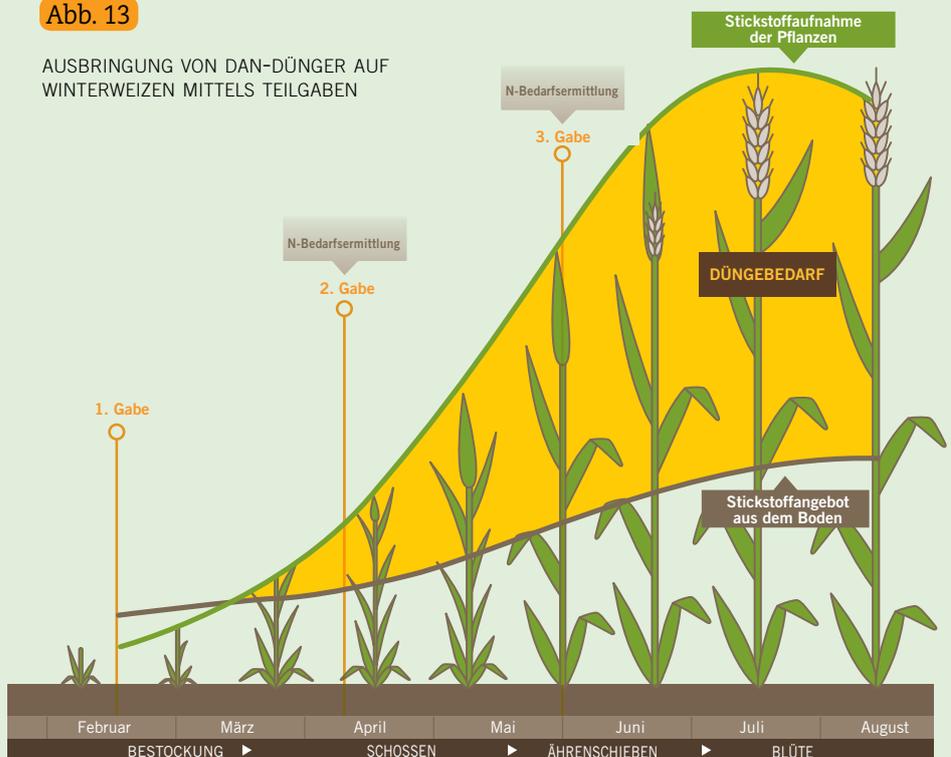
Exakte Streuarbeit sicherstellen

Ein ebenes, gleichmäßiges Streubild sorgt für optimale Stickstoffversorgung. Das höhere Schüttgewicht und die niedrigere Konzentration von DAN-Düngern führen zu deutlich homogeneren Streubildern im Vergleich zu Harnstoff. Dieser ist auch deutlich (Seiten)windanfälliger, was zu lokaler Über- oder Unterversorgung führt.

Eine in Deutschland durchgeführte Studie verglich die Streufehler von Harnstoff mit jenen von Ammoniumnitrat. Bei einer Streubreite von nur 21 Metern bewirkte ein leichter Wind von 4 m/s bei Harnstoff eine Schwankung der Ausbringmenge von 26 %. Bei KAS hingegen betrug diese nur 6 % [ref. 16].

Abb. 13

AUSBRINGUNG VON DAN-DÜNGER AUF WINTERWEIZEN MITTELS TEILGABEN



Der tatsächliche Düngebedarf hängt sowohl vom Stickstoffangebot des Bodens als auch vom Pflanzenbedarf ab. Moderne Prognose-Instrumente erleichtern die Überwachung der Pflanzen und helfen dabei, Teilgaben exakt anzupassen [ref. 4].

Abb. 14

BIOMASSE- UND STICKSTOFF-MAPPING

Mit Präzisionslandwirtschaft Stickstoffdüngung optimieren

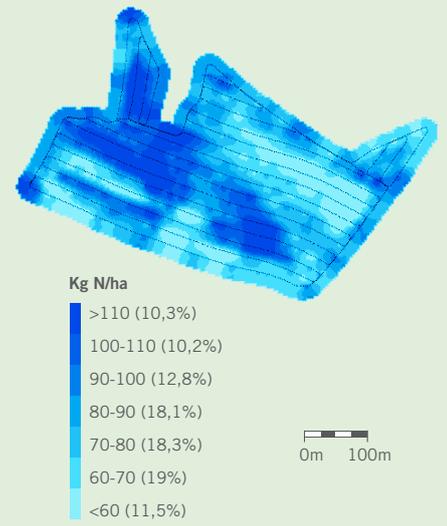
Landwirte können heute mittels spezieller Sensortechnologie teilflächenspezifisch düngen. Dabei wird der Stickstoffbedarf der Pflanzen während der Fahrt laufend gemessen. In Kombination mit rasch wirkenden Nitratdüngern wird auf diese Weise ein optimaler Ernteertrag mit konsequent bedarfsgerechter Stickstoffzufuhr erzielt.

In zahlreichen Feldversuchen wurde die Senortechnologie mit herkömmlicher landwirtschaftlicher Düngepraxis verglichen. Dabei wurde ein Anstieg des Proteingehalts von 0,2 bis 1,2 % und ein 7 % höherer Kornertrag bei 12 % niedrigerer Stickstoffdüngung festgestellt (Abb. 14). Mittels GPS-Ertrags- und Streukarten kann die gleiche Technik zur teilflächenspezifischen P- und K-Düngung verwendet werden.

Biomasse-Mapping mittels Sensortechnologie



Mapping für Empfehlungen zur Stickstoffzufuhr mittels Sensortechnologie



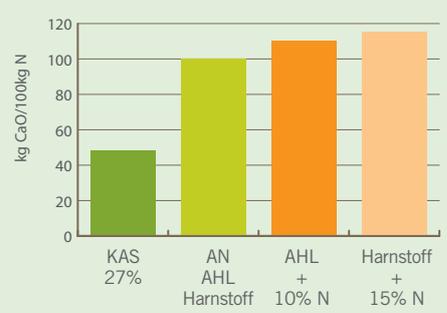
Stickstoffsensoren bestimmen automatisch die optimale Stickstoffmenge (blau) auf Basis des Echtzeit-Mappings von Biomasse und Chlorophyll (grün), wodurch sowohl Über- als auch Unterdüngung vermieden wird. Winterweizen, Deutschland [ref. 17].

Problemfeld Bodenversauerung

Die bodenversauernde Wirkung von Stickstoffdüngern muss auf bestimmten Standorten, durch Kalkung korrigiert werden. N-Dünger mit hoher Stickstoffeffizienz vermindern das Versauerungsmaß sowie die nötige Kalkzufuhr. Kalkammonsalpeter enthält überdies 23 % Kalk und reduziert somit den Kalkbedarf zusätzlich (Abb. 15).

Abb. 15

KALKBEDARF



Der Kalkbedarf von Kalkammonsalpeter (KAS) ist wesentlich geringer als jener von Harnstoff [ref. 18].

N-Sensoren messen unmittelbar den aktuellen Stickstoffbedarf.

DAN-Dünger steigern die N-Effizienz und minimieren Verluste.



LITERATUR

- [ref. 1] Food and Agriculture Organization of the United Nations (2003): World Agriculture towards 2015/2030.
- [ref. 2] Von Witzke H., Noleppa, S. (2010): EU agricultural production and trade: can more efficiency prevent increasing 'land-grabbing' outside of Europe? Humboldt Universität zu Berlin.
- [ref. 3] Lesouder C., Taureau J. (1997): Fertilisation azotée, formes et modes d'actions. Perspectives Agricoles N° 221.
- [ref. 4] Yara International, Research Centre Hanninghof, Germany.
- [ref. 5] Dampney P., Dyer C., Goodlass G., Chambers B. (2006): Component report for DEFRA project NT2605/ WP1a. Crop Responses.
- [ref. 6] UNIFA, France : Long term experimental network 2008-2011 for ADA group of members
- [ref. 7] Dampney P., Chadwick D., Smith K., Bhogal A. (2004): Report for DEFRA project NT2603. The behaviour of some different fertiliser-N materials.
- [ref. 8] Chadwick D., Misselbrook T., Gilhespy S., Williams J., Bhogal A., Sagoo L., Nicholson F., Webb J., Anthony S., Chambers B. (2005): Component report for Defra project NT2605/WP1b. Ammonia Emissions and crop N use efficiency.
- [ref. 9] EMEP/CORINAIR Technical Report No. 16/2007.
- [ref. 10] Baumgärtel G., Engels T. Kuhlmann H. (1989) : Wie kann man die ordnungsgemäße N-Düngung überprüfen?
DLG-Mitteilungen 9, 472 - 474.
- [ref. 11] Adapted from Anundskas, A. (2000): Technical improvements in mineral nitrogen fertilizer production.
In: Harvesting energy with fertilizers. Fertilizers Europe, Brussels.
- [ref. 12] Fertilizers Europe, Brussels.
- [ref. 13] Bellarby, J, Foereid, B, Hastings, A, Smith, P (2008): Cool Farming: Climate impacts of agriculture and mitigation potential.
Greenpeace International, Amsterdam, Netherlands.
- [ref. 14] Bouwman, A.F., L.J.M. Boumans, N.H. Batjes, 2002: Modeling global annual N₂O and NO emissions from fertilized fields.
Global Biogeochemical Cycles 16, 4, 1080, 1-9.
- [ref. 15] Adapted from Brentrup, F. (2010). Yara International, Research Centre Hanninghof, Germany.
- [ref. 16] Stamm, R. (2006). Streufehler bei Seitenwind. DLZ Agrarmagazin 10.2006.
- [ref. 17] Agricon: www.agricon.de/en/products/sensors-agronomy.
- [ref. 18] Sluijsmans C.M.J. (1970): Influence of fertilizer upon liming status of the soil. J. Plant Nutr. Soil Sci., 126.



Besuchen Sie die DAN-Familie auf:
www.danfertilizers.com



www.danfertilizers.com



Fertilizers Europe repräsentiert die Stickstoffdüngerproduzenten in Europa und ist als verlässliche Quelle für Informationen zu Mineraldüngern anerkannt. Der Industrieverband ist Ansprechpartner für Institutionen, Gesetzgeber, Interessensvertreter und die Öffentlichkeit, die sich über moderne Düngung und Themen im Zusammenhang mit den aktuellen Herausforderungen von Landwirtschaft und Umwelt informieren möchte. Fertilizers Europe bietet Informationen, auch über seine Website, für jeden, der daran interessiert ist, welchen Beitrag Düngemittel zur nachhaltigen Ernährungssicherung leisten.

Fertilizers Europe
Avenue E. Van Nieuwenhuysse 4/6
B-11160, Brüssel, Belgien
Tel: +32 2 675 3550
Fax: +32 2 675 3961
dan@fertilizerseurope.com

www.fertilizerseurope.com

 www.facebook.com/fertilizerseuropepage

 Group Fertilizers Europe

 twitter.com/FertilizersEuro

 www.youtube.com/fertilizerseurope