

effizient
düngen

DÜNGEFIBEL

5. Erweiterte Auflage



YaraPlus: Die All-in-One-Plattform rund um die Düngung

YaraPlus bündelt alle Services und Tools von Yara. Mit nur einem Login haben Sie Zugriff auf sämtliche Funktionen rund um die Düngung – von der Suche nach dem richtigen Produkt über die Möglichkeit, ein Angebot anzufragen, bis hin zu einer feldspezifischen Beratung. So wird die Plattform zu Ihrem persönlichen Begleiter durch die Düngesaison. Mit ihr sind Sie gut informiert und managen ganz einfach Ihre Düngeplanung.



Ich mache Ihr Leben **einfacher**



Atfarm: Dank Satellitendaten haben Sie Ihre Bestände immer im Blick. Dazu stehen Ihnen verschiedene Karten zur Verfügung, unter anderem:

- Biomassekarten,
- Stickstoff-Aufnahmekarten und
- Karten für die teilflächenspezifische Düngung.

So können Sie den Bedarf Ihrer Pflanzen besser einschätzen und die benötigte Stickstoffmenge bedarfsgerecht über das Feld verteilen. Übrigens: Dank eines besonderen Algorithmus ist es nun auch an bewölkten Tagen möglich, die aktuelle Entwicklung Ihres Pflanzenbestand einzuschätzen. Außerdem können Sie mithilfe der N-Fotoanalyse von Atfarm und dem handlichen Messgerät „N-Tester BT“ auch direkt in Ihrem Pflanzenbestand den Stickstoffbedarf messen.

GrassN: Mithilfe von GrassN können Sie Ihre Düngung gezielt und bedarfsgerecht planen. Sie erhalten eine Empfehlung für die mineralische und organische Düngung. Zudem können Sie ganz einfach das Bestandeswachstum und die Entwicklung des Rohproteingehalts überwachen. Sie erkennen auf den ersten Blick den optimalen Schnitzeitpunkt für Ihr Ertrags- und Qualitätsziel.

Services: Neben unseren Tools für eine bedarfsgerechte Düngung bietet YaraPlus Ihnen noch zahlreiche weitere Serviceangebote und agronomische Unterstützung, wie z.B.:

- Tankmix,
- BigBagweg,
- Yara Premium Programm,
- Podcasts und
- Newsletter.

yaraplus.de

Jetzt scannen
und registrieren



Inhalt Düngefibel

Einleitung	5
1. Stickstoff	6
2. Phosphat	14
3. Kalium	16
4. Magnesium	18
5. Schwefel	19
6. Mikronährstoffe	20
7. Kalk und Boden-pH	27
8. Technik	32
9. Blattdünger	42
10. Fertigation	46
11. Tabellen	50
12. Preisvergleiche	61
13. Düngeverordnung (DüV)	64
14. Düngung und Klimaschutz	71
15. Fachberatung Dünger	74

Herausgeber:
YARA GmbH & Co. KG
Hanninghof 35
48249 Dülmen

Mehr Informationen rund um die Düngung:
www.effizientduengen.de

Einleitung

In zahlreichen Beratungsgesprächen auf landwirtschaftlichen Betrieben wurde der Wunsch nach einer kompakten Informationsbroschüre zu wichtigen Fragen der Düngung geäußert. So ist ein übersichtliches Nachschlagewerk und wichtiges Hilfsmittel von Praktikern für Praktiker entstanden. Aufgrund der großen Nachfrage gibt es die Düngefibel jetzt als 5. überarbeitete und ergänzte Auflage. Die Broschüre ist bei dem Online-Beratungs-Service www.effizientduengen.de als kostenloser Download abrufbar. Auf Wunsch kann die Düngefibel auch in Druckform angefordert werden.

Die Düngung der landwirtschaftlichen Kulturen muss neben ökonomischen auch ökologischen Grundsätzen gerecht werden. Durch eine effiziente Düngung kann das Ertragspotenzial bestmöglich ausgenutzt werden, denn nur optimal versorgte Pflanzen können auch gute Erträge erzielen.

Diese Düngefibel ist ein Leitfaden für eine effiziente Düngung. Sie verschafft dem Praktiker einen Überblick über die wichtigsten Nährstoffe und zeigt Optimierungsmöglichkeiten auf.

Die enthaltenen Tabellen informieren über Entzugswerte und Nährstoffgehalte von organischen und mineralischen Düngemitteln, außerdem wird auf die Wirkungsgeschwindigkeiten und Nährstoffverfügbarkeiten eingegangen.

Die Düngerlagerung wird auf den wachsenden landwirtschaftlichen Betrieben immer wichtiger, so dass ein Abschnitt über die Lagerung und Qualitätserhaltung informiert.

Eine Zusammenfassung der praxisrelevanten Punkte der Düngeverordnung rundet das Gesamtangebot dieser Düngefibel ab. Die fünfte Auflage der Düngefibel berücksichtigt die im Juni 2017 in Kraft getretene Düngeverordnung.



Für weitere Informationen und Fragen rund um die Düngung stehen Ihnen die „effizient düngen“- Berater unter www.effizientduengen.de zur Verfügung.

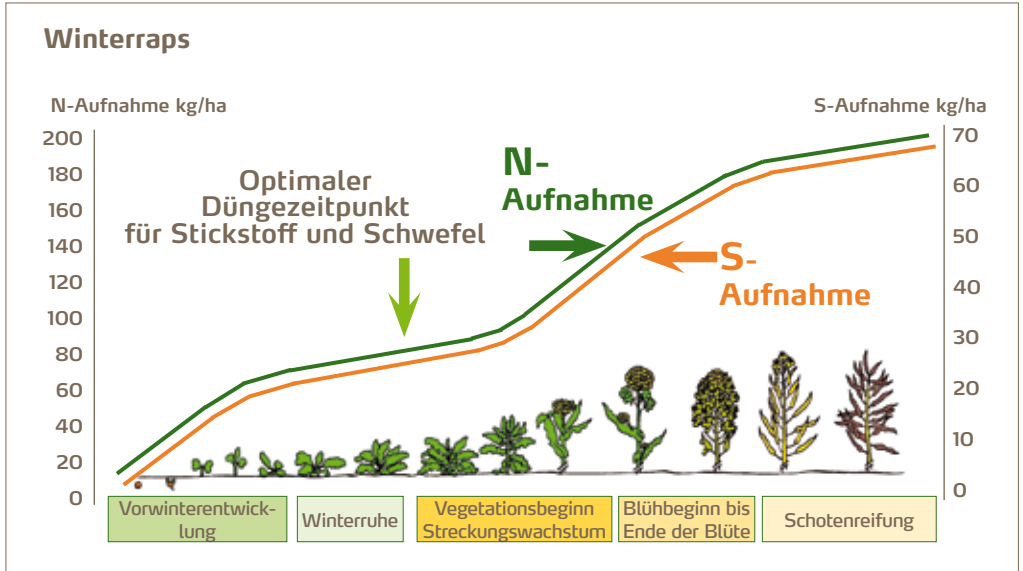
HAFTUNGSAUSSCHLUSS: Die in dieser Broschüre enthaltenen Informationen entsprechen unserem derzeitigen Kenntnisstand und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Eine Gewähr oder Haftung für das Zutreffen im Einzelfall ist ausgeschlossen, da die Standort- und Anbaubedingungen erheblichen Schwankungen unterliegen. Die zur Verfügung gestellten Informationen ersetzen keine individuelle Beratung. Sie sind unverbindlich und insbesondere nicht Gegenstand eines Beratungs- / Auskunftsvertrages.

©YARA GmbH & Co. KG. Alle Rechte vorbehalten.

1. Stickstoff

1.1. Stickstoff-Bedarf der Kulturen

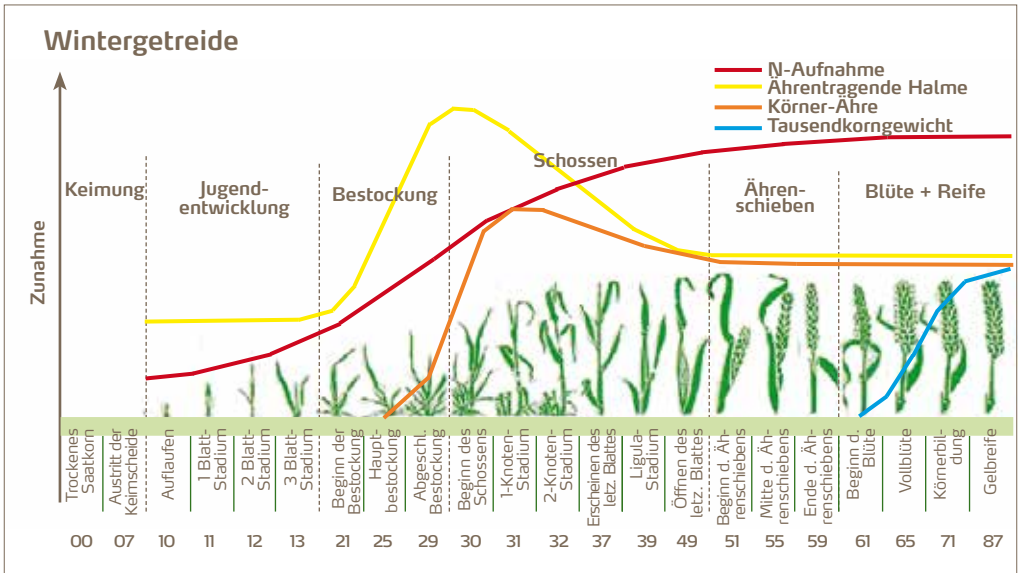
Abb. 1: Entwicklung, N- und S-Aufnahme von Raps



Tab.1: Entwicklungsstadien von Winterraps und Düngeempfehlung

BBCH-Stadium	Beschreibung	Düngeempfehlung
00-09	Keimung	
10-13	Keimblattstadium; (Durchbrechen-Entfalten der Keimblätter)	
15; 17; 19	1; 2; 3-Laubblattstadium	N+S-Andüngung: Vorwinterentwicklung fördern
20-27	4. Laubblattstadium - 12 Blätter	Vegetationsbeginn: N+S-Startergabe
30-39	Längenwachstum (Schossen)	Anschlussgabe mit N oder N+S (je nach Produkt)
50	Knospenbildung	Spätester Zeitpunkt für Anschlussgabe
51-57	Beginn der Knospenbildung	

Abb. 2: Entwicklung, N-Aufnahme im Getreide



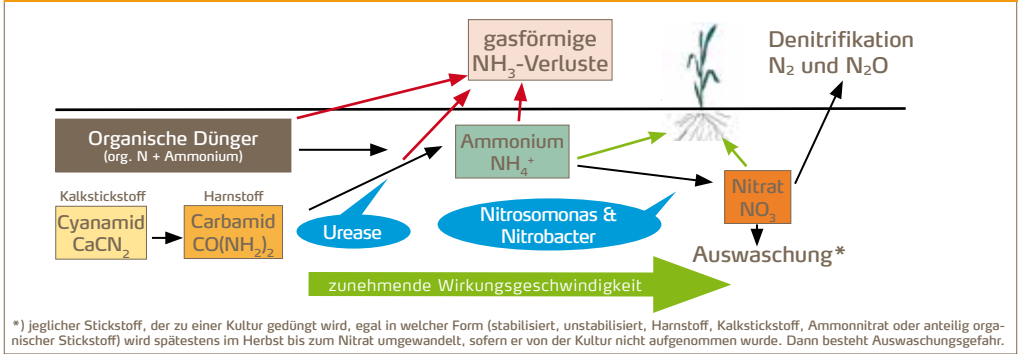
Tab. 2: Entwicklungsstadien von Wintergetreide und Düngeempfehlung

BBCH-Stadium	Beschreibung	Düngeempfehlung
00-09	Keimung	
10	Auflaufen (Keimblattstadium)	
11-13	1-3-Blattstadium	
21-25	Beginn der Bestockung-Hauptbestockung	Frühe 1. N- und S-Gabe (1a) zur Bestockungsförderung
29	Ende der Bestockung	Späte 1. N-Gabe (1b) zur Triebstärkung
30	Schossbeginn	Frühe 2. N-Gabe für hohe Korndichte/m ²
31-32	1-Knoten/2-Knoten-Stadium	2. N-Gabe fördert Kornzahl/Ähre
37	Fahnenblattspitzen	Frühe 3. Gabe zur TKG-Bildung
39	Fahnenblatt voll entwickelt	3. Gabe zur TKG-Bildung und Proteinbildung (N+S)
49-59/61	Öffnung Blattscheide- Ende Ährenschiebung/Blühbeginn	Qualitätsgabe (4.Gabe) zur Proteinbildung (N+S)

1.2. Stickstoff-Aufnahme der Pflanzen

Die Aufnahme von Stickstoff erfolgt vorwiegend als Nitrat. Während Harnstoff zunächst umgebaut werden muss, steht als Nitrat gedüngter Stickstoff den Pflanzen direkt ausreichend zur Verfügung.

Abb. 3: Stickstoffformen im Boden und die Aufnahme durch die Pflanzen



Vorteile Ammonitrat-haltiger Dünger:

- Vereinen Vorteile beider N-Formen Ammonium und Nitrat
- Rasche Wirkung des Nitratanteils ermöglicht punktgenaue Ernährung der Pflanze exakt zum Bedarfszeitpunkt
- Ammoniumanteil muss durch die Pflanzenwurzel erreicht werden oder fließt nach Umwandlung zu Nitrat zu einem späteren Zeitpunkt zur Pflanze

1.3. Stickstoff im Boden

Die N-Formen unterscheiden sich in ihrer Wirkungsgeschwindigkeit. Nitrat und Ammonium können direkt von den Pflanzen aufgenommen werden. Ammonium allerdings muss durch die Pflanzenwurzel „erwachsen“ werden oder aber zu Nitrat umgewandelt werden, damit es zur Pflanze transportiert werden kann. Auch Amid muss erst umgewandelt werden, bevor es die Pflanzen nutzen können.

Der zweite Schritt, die Umwandlung von Ammonium zu Nitrat, erfolgt mit Hilfe von Bodenbakterien. Hierbei wird Sauerstoff benötigt. Daher ist dieser Vorgang auf sehr nassen und verdichteten Böden gehemmt.

Abb. 4: Umwandlung von Harnstoff zu Ammonium in Abhängigkeit von der Bodentemperatur

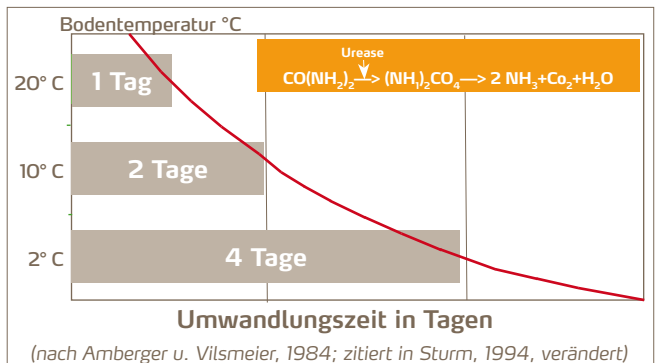
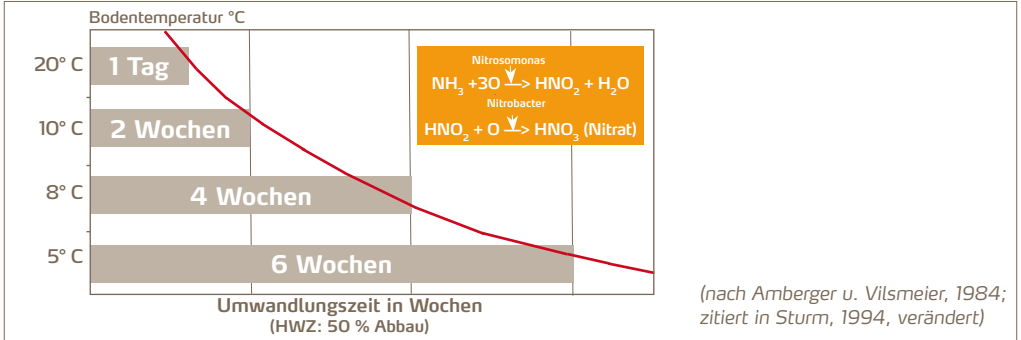


Abb. 5: Umwandlung von Ammonium zu Nitrat in Abhängigkeit von der Bodentemperatur



1.4. Stickstoff-Verluste

Denitrifikation

Als Denitrifikation bezeichnet man die Reduzierung von Nitrat zu Distickstoffoxid und gasförmigem Stickstoff. Damit wird fixierter Stickstoff wieder in die Atmosphäre zurückgeführt. Die Denitrifikation findet hauptsächlich in stark durchnässten Böden und bei hohen Nitratgehalten im Boden statt. Durchschnittlich können dem Boden ca. 30 kg N/ha und Jahr durch Denitrifikation verloren gehen.

Einflussfaktoren auf die Denitrifikation:

- Gülleausbringung
- Bodenbearbeitung
- Mineralische Düngung

Gegenmaßnahmen:

- Verlustarme Ausbringung von Gülle (Schleppschlauch, Güllegrubber)
- Verhindern von Bodenverdichtungen,
- bedarfsgerechte Düngung der Kulturen mit effizienten, schnell wirkenden N-Düngern
- Aufrechterhaltung des Gasaustauschs durch regelmäßige Kalkung und ausgeglichene Humuswirtschaft

NH₃-Verluste

Die Entstehung von Ammoniak (NH₃) ist die Voraussetzung für NH₃-Verluste.

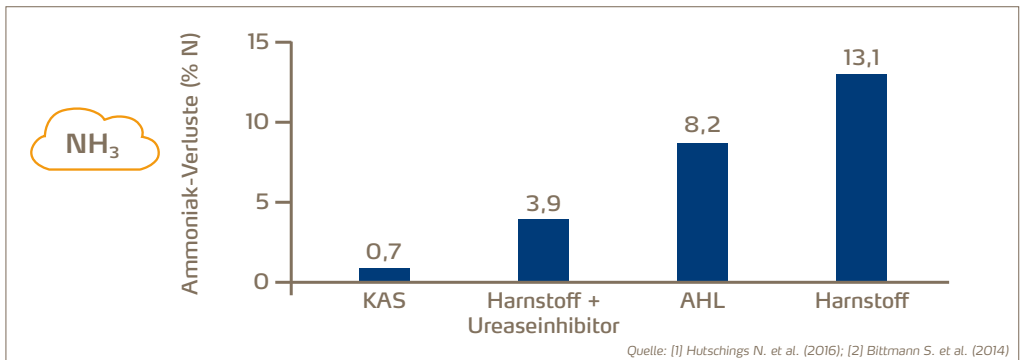
Abb. 6: Der Indikator im Boden zeigt die pH-Wert-Anhebung in direkter Umgebung des Harnstoffkorns. Dieser Vorgang hat keine Auswirkung auf den pH-Wert des gesamten Bodens.



Folgende Bedingungen fördern Ammoniakverluste nach AHL- und Harnstoffdüngung:

- Trockenheit (NH_4 ist nur in feuchtem Milieu stabil)
- Hohe Temperaturen \rightarrow fördert Austrocknung
- Starke Sonneneinstrahlung auf feuchte und dunkle Böden führt zu hohen bodennahen Temperaturen
- Wind \rightarrow fördert Austrocknung und Gasaustausch im Bestand
- Fehlende Einarbeitung (z. B. in stehenden Beständen)
- Geringe Kationenaustauschkapazität (leichte Böden) \rightarrow führt dazu, dass größerer Anteil an NH_4 ungebunden bleibt
- Hohe pH-Werte ($> \text{pH } 7$, hohe Basenkonzentration führt zur Abgabe von einem Proton (H^+): $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ (Base) wird zu $\text{NH}_3 \rightarrow +\text{H}_2\text{O}$)

Abb. 7: Ammoniak-Verluste in Abhängigkeit von der Stickstoff-Form



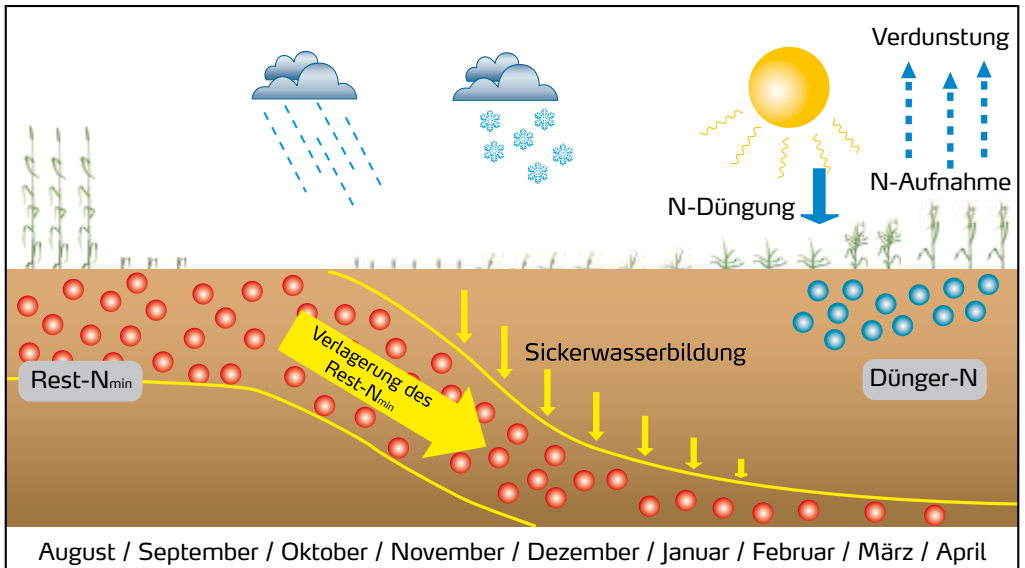
Die N-Verluste als Ammoniak aus Harnstoff liegen in der Praxis bei ca. 15 %, bei KAS bei < 2 % (jeweils im Bestand).

Stickstoff-Verlagerung

Die Verlagerung von Nitrat im Boden wird häufig mit der Verwendung von Stickstoffdüngern in Verbindung gebracht. Generell ist die Nitratverlagerung ein natürlicher Vorgang, der auch auf nicht landwirtschaftlich genutzten Flächen stattfindet. Eine überhöhte und/oder zeitlich nicht an den Bedarf der Kulturpflanzen angepasste Stickstoffdüngung erhöht allerdings das Risiko von unerwünschten Nitratausträgen. Eine N-Düngung, die sich am ökonomischen Optimum orientiert, stellt dagegen kaum ein Risiko für erhöhte Nitratausträge dar. Erst bei einer Düngung über das Optimum hinaus steigen der N_{min} -Restgehalt im Boden und damit die Gefahr der Auswaschung von Nitrat in der vegetationslosen Zeit.

Eine Auswaschung aus dem Wurzelraum während der Vegetationszeit im Frühjahr und Sommer tritt demgegenüber nur unter außergewöhnlichen Bedingungen auf, wie z.B. auf flachgründigen, sehr sandigen Böden in Verbindung mit Extremniederschlägen. Die nachfolgende Abbildung stellt die N-Verlagerung schematisch dar.

Abb. 8: Stickstoffverlagerung



1.5. Ökonomische Stickstoffdüngung

Die Vorgaben der Düngeverordnung sind einzuhalten, d.h. die errechneten Stickstoff-Höchstmengen dürfen nicht überschritten werden. Rechenbeispiele finden Sie auf den Seiten 51 ff.

Ziele:

- Tatsächlichen Düngebedarf möglichst genau abschätzen (Abbildung 9)
- Bedarfsgerechte N-Gaben zu den entscheidenden Entwicklungsstadien
- Ertrag und Qualität optimieren (Standort, Witterung)

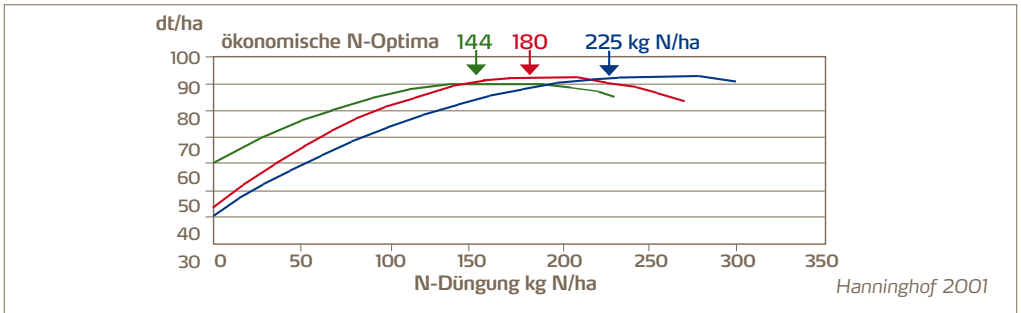
Wie werden diese erreicht:

- N-Gabenteilung (3–4 Gaben im Getreide; 2–3 im Winterraps) → Betonung auf bestimmte Entwicklungsstadien
- Festlegung der auszubringenden N-Menge kurz vor der Düngemaßnahme
- Schnellwirkende N-Dünger verwenden, um zügige und verlustarme Pflanzenversorgung zu gewährleisten

Düngebedarf ergibt sich aus (Abbildung 10):

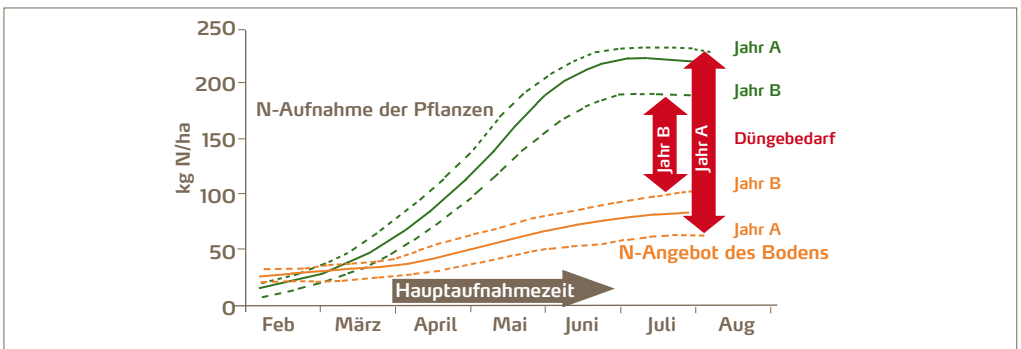
- N-Aufnahme der Pflanzen während der Vegetationszeit
- abzüglich des N-Nachlieferungsvermögens der Böden
- schwankt in Höhe und Ausbringungszeitpunkt von Jahr zu Jahr in Abhängigkeit von den Wachstumsbedingungen (Niederschläge, Temperatur) und dem N-Angebot der Böden (Vorfrucht, organische Düngung).

Abb. 9: Ertragskurven aus N-Steigerungsversuchen mit Winterweizen



Zur Erreichung des gleichen Ertrags können auf verschiedenen Standorten unterschiedliche N-Mengen nötig sein. Es besteht keine Beziehung zwischen Ertrag und optimaler N-Düngermenge.

Abb. 10: Verschieden hoher N-Düngebedarf bei unterschiedlicher N-Aufnahme der Pflanzen und unterschiedlichem N-Angebot des Bodens



Technische Möglichkeiten, um die ökonomische N-Düngung praxisgerecht durchzuführen sind der...

...N-Tester:

- Optisches Messverfahren: misst die Schwächung eines Lichtimpulses bei verschiedenen Wellenlängen nach der Durchstrahlung von Blättern
 - Messung von 30 repräsentativen Pflanzen am jüngsten vollentwickelten Blatt
 - Messwert gibt den Chlorophyllgehalt der Blätter und damit den N-Ernährungszustand wieder
 - Unterschiedliche natürliche Färbung der Sorten wird durch einen Korrekturwert berücksichtigt
 - Andere Mangelsymptome müssen ausgeschlossen werden (z.B. Schwefel- oder Magnesiummangel)
 - Ergebnis wird direkt nach der Messung ausgegeben
- Ähnliche Ansätze: Nitratecheck und RQeasy (Schnellanalyse des Pflanzensafts)

- Es empfiehlt sich die Anlage eines Düngefensters ohne N-Düngung, um die Mineralisationsfähigkeit des Standortes (besonders bei regelmäßiger organischer Düngung interessant) zu überprüfen. Durch den Vergleich der N-Tester-Werte im Zeitverlauf in der Fläche und im Nulldüngungsfenster kann die Mineralisation des Bodens in Abhängigkeit der Bestandesdichte dargestellt werden.

...N-Sensor:

- Teilflächenspezifische Stickstoffdüngung
- Ernährungszustand eines Bestandes variiert über die Schlagfläche, d.h. schwankender N-Düngebedarf auf einem Schlag
- Ermittelt über Chlorophyll- und Biomassemessungen den aktuellen Ernährungszustand der Pflanzen teilflächenspezifisch und zeigt gut und schlecht versorgte Teilbereiche auf
- Steuerung des Düngerstreuers online

...**Atfarm:** Atfarm ist ein digitales Tool, entwickelt auf der Basis von Yaras jahrzehntelanger Erfahrung im Bereich Pflanzenernährung und Düngung. Es ermöglicht Landwirten und Beratern teilflächenspezifische Düngung mit Hilfe von Satellitendaten.

Wie funktioniert Atfarm?

Anmelden & Felder hochladen: Es genügen wenige Klicks und der Nutzer ist startklar. Landwirte und Berater können sich online kostenfrei und unverbindlich bei Atfarm anmelden. Landwirte haben Zugriff auf Shapefiles aus dem Flächenantragsprogramm und können diese auf Atfarm hochladen. Das System erfasst so alle Schlaggrenzen ganz automatisch.

Schlaganalyse: Mit hochauflösenden Satelliten- und Biomassebildern von Atfarm erkennt der Nutzer kleinste Wachstumsunterschiede innerhalb seiner Schläge. Der Nutzer behält mit aktuellen und historischen Satellitenbildern den Überblick über das Pflanzenwachstum im Vegetationsverlauf und kann aufschlussreiche Vorjahresvergleiche anstellen.

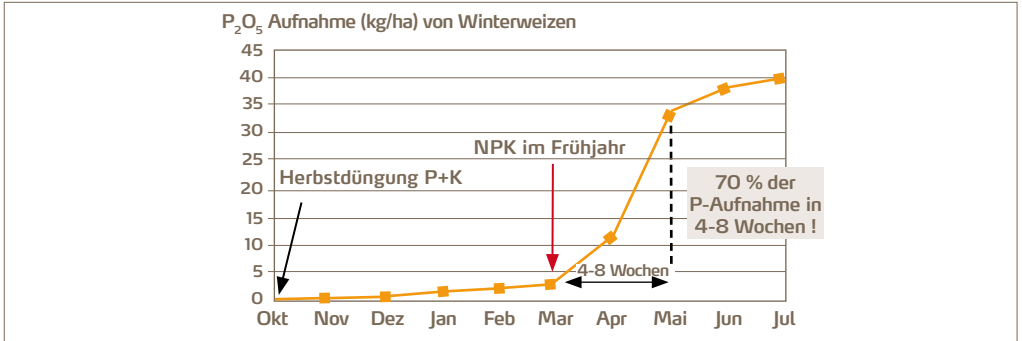
Erstellung von Applikationskarten: Atfarm hilft dem Nutzer, im Handumdrehen präzise Applikationskarten zur bedarfsgerechten Düngung zu erstellen. Diese können zur sofortigen Nutzung heruntergeladen werden. Die Atfarm Applikationskarten können für alle Arten von Feldfrüchten erstellt werden. In Kürze wird Atfarm N-Applikationskarten vollautomatisch generieren können. Dazu nutzt Atfarm die seit vielen Jahren erprobte Yara N-Sensor Technologie.

Düngepläne: Atfarm optimiert N-Applikationen mit Hilfe der modellgestützten Stickstoffoptimierung von Yara. Durch jahrzehntelange Forschung hat Yara gezeigt, dass jeder Schlag in jeder Saison ein individuelles ökonomisches N-Optimum hat, das von Faktoren wie Boden und Witterung abhängt. Deshalb hat Yara Wachstumsmodelle entwickelt, die die optimale Stickstoffmenge empfehlen, die von einem bestimmten Schlag in einer bestimmten Saison benötigt wird, um den besten Ertrag zu erzielen. Darüber hinaus macht Atfarm eine Empfehlung zu der optimalen Verteilung dieser Stickstoffmenge auf die einzelnen Gaben in der Saison und hilft dabei, das beste Timing für diese Applikationen zu finden. Diese Empfehlung spielt das System automatisch in die N-Applikationskarten ein. Diese Funktionalität wird spätestens im Frühjahr 2019 zur Verfügung stehen.

2. Phosphat

2.1. Phosphat-Bedarf der Kulturen

Abb. 11: Aufnahmezeitraum für Phosphat, Winterweizen



Entzugs- und Bedarfsberechnung einer Beispielfruchtfolge:

Winterraps (40 dt/ha), Winterweizen (80 dt/ha), Wintergerste (70 dt/ha)
 P₂O₅-Entzug durch Abfuhr der Ernteprodukte (Stroh bleibt auf der Fläche):

$$\begin{aligned}
 & 40 \text{ dt/ha} \times 1,8 \text{ kg/dt} = \mathbf{72 \text{ kg/ha}} \quad (\text{Winterraps}) \\
 & + 80 \text{ dt/ha} \times 0,8 \text{ kg/dt} = \mathbf{64 \text{ kg/ha}} \quad (\text{Winterweizen}) \\
 & + 70 \text{ dt/ha} \times 0,8 \text{ kg/dt} = \mathbf{56 \text{ kg/ha}} \quad (\text{Wintergerste})
 \end{aligned}$$

192 kg/ha

→ Entzug durch Abfuhr der Ernteprodukte
 (= Düngbedarf zum Erhalt der Gehaltsklasse C)

P₂O₅-Bedarf der Kulturpflanze zur Bildung des Ertrags:

$$\begin{aligned}
 & 40 \text{ dt/ha} \times 2,4 \text{ kg/dt} = \mathbf{96 \text{ kg/ha}} \quad (\text{Winterraps}) \\
 & + 80 \text{ dt/ha} \times 1,04 \text{ kg/dt} = \mathbf{83 \text{ kg/ha}} \quad (\text{Winterweizen}) \\
 & + 70 \text{ dt/ha} \times 1,01 \text{ kg/dt} = \mathbf{71 \text{ kg/ha}} \quad (\text{Wintergerste})
 \end{aligned}$$

250 kg/ha

→ Gesamtbedarf (Korn, Stroh und Erntereste)

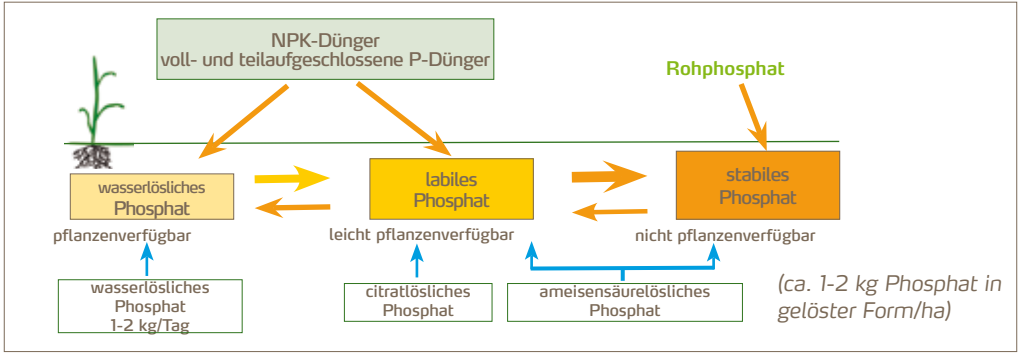
Die Werte für diese Berechnung sind unter 10.9, Seite 47/48 zu finden.

Phosphatmangel:

- Vermindertes Wurzelwachstum
- Geringe Bestockung
- Rötlicher Blattfärbung → Chlorophyllanreicherung, erhöhter Anthocyangehalt
- Kümmerwuchs und schlechte Gesamtentwicklung
- Stärkeeinlagerung ins Korn wird gehemmt

2.2. Phosphat im Boden und Aufnahme durch die Pflanzen

Abb. 12: Versorgung der Pflanzen erfolgt aus dem in der Bodenlösung gelösten, mobilen Phosphat



Phosphat liegt im Boden vor als...

- Wasserlösliche, labile und stabile Phosphatformen
- Labil an Austausch gebundenes Phosphat
- In Eisen- und Aluminiumkomplexen gebundenes Phosphat
- Austausch erfolgt je nach Bodenfeuchte und Wärme des labilen Phosphates hin zum wasserlöslichen Phosphat
- Häufig im zeitigen Frühjahr ein Mangel an wasserlöslichem Phosphat
- Jährliche Auswaschungsverluste bei 4 bis max. 10 kg P_2O_5 /ha.

Tab. 3: Gehaltsklassen und Versorgungsstufen für Phosphat in Acker- und Grünland, CAL-Methode, (n. LK NRW)

Gehaltsklasse	mg P_2O_5 /100 g Boden	
	Bodenart für Acker und Grünland	
	S, IS, sU, ssL, IU, sL, uL, L	utL, tL, T, flachgründiger Sand
A (sehr niedrig)	bis 3	bis 5
B (niedrig)	4-9	6-13
C (anzustreben)	10-18	14-24
D (hoch)	19-32	25-38
E (sehr hoch)	ab 33	ab 39

(Quelle: Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, 2015)

Tipps zur Phosphatdüngung:

- Direkte Düngewirkung nur durch eine Erhöhung der P-Konzentration in der Bodenlösung im Wurzelbereich
- Phosphat unterliegt im Boden der Alterung, d.h. gedüngtes Phosphat wird im Boden schnell adsorbiert, steht den Pflanzen nur eingeschränkt zur Verfügung
- Phosphatdüngung sollte möglichst zeitnah zum Bedarf der Pflanze ausgebracht werden
- Oberflächlich ausgebrachtes Phosphat dringt bis zu 5 cm in den Boden ein, somit gelangt es bei einer Frühjahrsdüngung direkt an die Pflanzenwurzel
- Startereffekt auch durch geringe Phosphat-Gaben im Frühjahr, da das Wurzelwachstum durch Phosphat maßgeblich gefördert wird. Die Pflanzen kommen dann durch aktiv wachsende Wurzeln an weitere Phosphat-Mengen im Boden heran.

3. Kalium

3.1. Kalium-Bedarf der Kulturen

Entzugs- und Bedarfsberechnung einer Beispielfruchtfolge:

Winterraps (40 dt/ha), Winterweizen (80 dt/ha), Wintergerste (70 dt/ha):

K₂O-Entzug Abfuhr der Ernteprodukte (Stroh bleibt auf der Fläche):

$$\begin{array}{rcl} 40 \text{ dt/ha} \times 1,0 \text{ kg/dt} & = & \mathbf{40 \text{ kg/ha}} \quad (\text{Winterraps}) \\ + \quad 80 \text{ dt/ha} \times 0,6 \text{ kg/dt} & = & \mathbf{48 \text{ kg/ha}} \quad (\text{Winterweizen}) \\ + \quad 70 \text{ dt/ha} \times 0,6 \text{ kg/dt} & = & \mathbf{42 \text{ kg/ha}} \quad (\text{Wintergerste}) \\ \hline & & \mathbf{130 \text{ kg/ha}} \end{array}$$

Entzug durch Abfuhr der Ernteprodukte, (= Düngedarf zum Erhalt der Gehaltsklasse C)

K₂O-Bedarf der Kulturpflanze zur Bildung des Ertrags:

$$\begin{array}{rcl} 40 \text{ dt/ha} \times 5,0 \text{ kg/dt} & = & \mathbf{200 \text{ kg/ha}} \quad (\text{Winterraps}) \\ + \quad 80 \text{ dt/ha} \times 1,72 \text{ kg/dt} & = & \mathbf{138 \text{ kg/ha}} \quad (\text{Winterweizen}) \\ + \quad 70 \text{ dt/ha} \times 1,79 \text{ kg/dt} & = & \mathbf{125 \text{ kg/ha}} \quad (\text{Wintergerste}) \\ \hline & & \mathbf{463 \text{ kg/ha}} \end{array}$$

» Gesamtbedarf (Korn, Stroh und Erntereste)

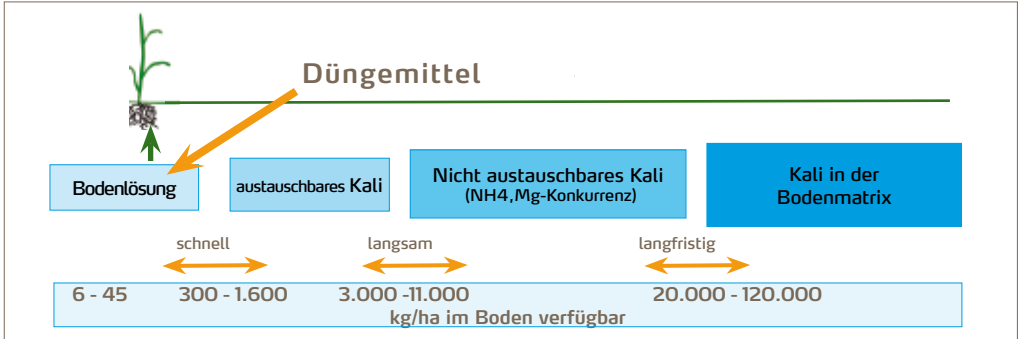
Die Werte für diese Berechnung sind unter 10.9, Seite 47/48 zu finden.

Kaliummangel:

- „Welketracht“ —> gestörte Wasserversorgung
- Blattrandnekrosen bei älteren Blättern —> verringerter Assimilattransport
- Lagerneigung bei Getreide —> verringerter Assimilattransport
- Erhöhter Krankheitsanfälligkeit und verminderter Lagerstabilität —> verringerter Assimilattransport

3.2. Kalium im Boden und Aufnahme durch die Pflanze

Abb. 13: Kalidynamik im Boden



- Gehalt an Kalium im Boden ist abhängig von der Bodenart
- Nur bei ausreichendem Bodenvorrat (C) ist eine ausreichende Kaliumkonzentration in der Bodenlösung möglich
- Fixierung von Kalium an Tonminerale auf schweren Standorten möglich
- Auf leichten Böden erhöhte Auswaschung von Kalium (Auswaschung bis zu 50 kg K₂O/Jahr).

Tab. 4: Gehaltsklassen und Versorgungsstufen für Kali in Acker- und Grünland, CAL-Methode (n. LK NRW)

Gehaltsklasse	mg K ₂ O/100 g Boden		
	Bodenart für Acker und Grünland		
	S	ls, sU, ssL, IU, sL, uL, L	utL, tL, T
A (sehr niedrig)	bis 2	bis 3	bis 5
B (niedrig)	3-5	4-9	6-13
C (anzustreben)	6-12	10-18	14-24
D (hoch)	13-19	19-32	25-38
E (sehr hoch)	ab 20	ab 33	ab 39

(Quelle: Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, 2015)

Tipps zur Kaliumdüngung

- in Abhängigkeit von Bodenart, Kultur und Ertragserwartung sollte der Bedarf an Kalium standortgerecht ermittelt werden (schlagbezogene Düngeplanung)
- Berücksichtigung der Nachlieferung aus der Vorfrucht (z.B. Maisstroh)
- Empfindlichkeiten von z.B. Kartoffeln gegenüber chloridhaltigen Kalidüngern, hier sollten Kaliumsulfate eingesetzt werden

4. Magnesium

4.1. Magnesium-Bedarf der Kulturen

Aufgaben in der Pflanze:

- Zentraler Baustein des Chlorophylls → 10-30 % des Magnesiums in der Pflanze sind im Chlorophyll gebunden. Mg ist somit unentbehrlich für die Fotosynthese
- Trägt zur Bildung von Eiweiß-, Kohlenhydraten und Vitaminen bei → wichtiger Baustein bei Stoffwechselfvorgängen

Magnesiummangel:

- Vermindert im Getreide die Kornzahl pro Ähre
- Verringert die Kohlenhydratproduktion
- Streifenchlorosen/perlschnurartige Aufhellungen an den Blättern

4.2. Magnesium im Boden und Aufnahme durch die Pflanze

- Höherer Magnesiumanteil auf tonreichen Standorten (z.B. Marschböden) im Gegensatz zu leichten Sandböden
- Sandböden sind häufig von Magnesiumverlagerung betroffen
- Pflanze nimmt Magnesium überwiegend passiv als Mg^{2+} auf
- Magnesium wirkt neutralisierend (1,4 fach als CaO)

Tab. 5: Gehaltsklassen und Versorgungsstufen für Magnesium in Acker- und Grünland, $CaCl_2$ -Methode (n. LK NRW)

Gehaltsklasse	mg MgO/100 g Boden			
	Bodenart für Acker			Bodenart für Grünland
	S, ls, sU	ssL, IU, sL, uL, L	utL, tL, T	alle Böden
A (sehr niedrig)	bis 1	bis 2	bis 3	bis 3
B (niedrig)	2	3	4-5	4-7
C (azustreben)	3-4	4-6	6-9	8-12
D (hoch)	5-7	7-10	10-14	13-18
E (sehr hoch)	ab 8	ab 11	ab 15	ab 19

(Quelle: Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, 2015)

Tipps zur Magnesiumdüngung:

- Magnesiumsulfat ist wasserlöslich (für die Pflanze schnell verfügbar)
- Mg-Formen wie Carbonate, Oxide, und Silikate können erst nach Umwandlung von der Pflanze direkt aufgenommen werden
- Ausbringung in Form von Mg-haltigen Kalken mit der Aufkalkung möglich
- Auf stark magnesiumbedürftigen Böden möglichst Einsatz von Magnesiumsulfat zur schnellen Versorgung (Frühjahrsdüngung)
- Ionenantagonismus zwischen NH_4^+ , K^+ -Ionen und Mg^{2+} -Ionen, daher können hohe Gaben Kalium und Ammonium-N die Mg-Aufnahme hemmen; Nitrat-Ionen hingegen wirken sich positiv auf die Magnesiumaufnahme aus (K:Mg-Verhältnis von > 3:1 optimal)

5. Schwefel

5.1. Schwefel-Bedarf der Kulturen

Tab. 6: Empfohlene Schwefeldüngemenge nach LAD und VDLUFA

Kultur	Düngemenge kg S/ha	Düngezeitpunkt
Getreide	10-20	Vegetationsbeginn bis 1 Knotenstadium und zur Qualitätsgabe
Zuckerrübe	10-20	Zur Saat bis 8-Blattstadium
Kartoffel	10-20	Zur Pflanzung bis v. d. letzten Häufeln
Mais	10-20	Zur Saat bis 6-Blattstadium
Winterraps	20-40	Vegetationsbeginn
Grünland	20-40	Zum 1. und 2. Schnitt

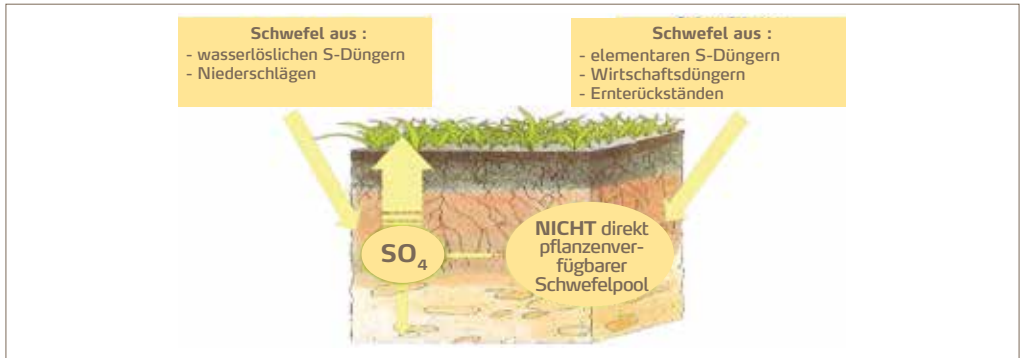
Schwefelmangel:

- Aufhellung der jüngsten Blätter durch verminderte Bildung von Chloroplasten/ Chlorophyll, Schwefel wird in der Pflanze kaum verlagert (im Gegensatz zu N)
- Kümmerwuchs durch verminderte Stoffwechsellätigkeit und gestörte Eiweißsynthese

5.2. Schwefel im Boden und Aufnahme durch die Pflanzen

Schwefel kann die Pflanze über die Wurzel nur als Sulfat (SO_4^{2-}) aufnehmen.

Abb. 14: Schwefelformen im Boden



Tipps zur Schwefeldüngung:

- im Frühjahr: Herbstdüngung führt zu Auswaschung von Schwefel
- Als Sulfat: alle Sulfatformen bieten eine schnelle Wirkung; elementarer und organisch gebundener Schwefel muss erst umgebaut und mineralisiert werden (langsame Wirkung)
- zur 1. Gabe: Sulfat-Aufnahme läuft parallel zur N-Aufnahme, höchste Ertragswirkung bei früher S-Düngung
- Überdüngung mit S vermeiden: zuviel gedüngter S versauert den Boden

6. Mikronährstoffe

Mikronährstoffe sind für Organismen lebensnotwendige Mineralstoffe, die für ein optimales Wachstum jedoch in vergleichsweise geringen Mengen aufgenommen werden müssen. Für Pflanzen sind dies Mangan (Mn), Zink (Zn), Bor (B), Kupfer (Cu), Molybdän (Mo) und Eisen (Fe). Weitere Mikronährstoffe, die in der Regel bodenbürtig in ausreichender Menge vorliegen sind Nickel (Ni), Cobalt (Co), Natrium (Na) und Chlor (Cl). Als nützlich für das Pflanzenwachstum gilt Silizium (Si).

Bei regelmäßiger organischer Düngung liegen die meisten Mikronährstoffe in ausreichender Menge vor. Bei viehloser Bewirtschaftung und für Höchsterträge und damit steigendem Bedarf an Mikronährstoffen wächst auch die Bedeutung dieser Nährstoffe in der Düngung. Um einen Mikronährstoff-Mangel auszuschließen ist eine Pflanzenanalyse sinnvoll. Im Folgenden werden die Mikronährstoffe und ihre Funktionsweise in der Pflanze vorgestellt.

6.1. Mangan

Aufgaben in der Pflanze:

Mangan ist nicht direkt als Baustein in der Biomasse der Pflanze zu finden, nimmt jedoch als Aktivator und Bestandteil von Enzymen im Stoffwechsel der Pflanze eine Schlüsselposition ein. Mangan erfüllt wichtige physiologische Funktionen bei:

- Photosynthese
- Schutz der Zellen vor freien Radikalen
- Synthese sekundärer Pflanzeninhaltsstoffe und von Lignin

Mangan wird von der Pflanze über die Wurzel als Mn^{2+} aufgenommen.

Manganmangel-Symptome:

- Grau-braune Streifen vor allem zwischen den Blattadern
- Wurzelwachstum gehemmt
- Verminderte Resistenz gegen Krankheiten

Mangan im Boden:

Der pH-Wert und der Sauerstoffgehalt des Bodens sind entscheidende Parameter, die die Manganverfügbarkeit bestimmen. Unter reduzierenden Bedingungen (Sauerstoffmangel) steigt die Verfügbarkeit stark an (z. B. in Bereichen starker Bodenverdichtung). Bei manganarmen Ausgangsgesteinen (Sandböden, Hochmoorböden, Granitverwitterung) liegt ein oft absoluter Mangel vor. Meistens tritt jedoch der sogenannte induzierte (ausgelöste) Mangel auf, der aus einer eingeschränkten Verfügbarkeit des Mangans im Boden resultiert.

Mangandüngung:

- Blattdüngung ist zu bevorzugen (0,2 – 2 kg Mn/ha)
- Bei Mangel im Herbst Herbsdüngung durchführen (bessere Winterfestigkeit)

6.2 Zink

Aufgaben in der Pflanze:

Zink ist vor allem an enzymatischen Reaktionen und an der Bildung von Wuchsstoffen beteiligt:

- Proteinsynthese
- Auxinhaushalt
- Schutz vor freien Radikalen

Zink wird von der Pflanze als Zn^{2+} über die Wurzel aufgenommen.

Zinkmangel-Symptome:

- Wachstumsanomalien (wie Zwergwuchs, Kleinblättrigkeit, Verkürzung der Internodien)
- Hemmung der Proteinsynthese
- Aufhellung der Blätter zwischen den Blattadern (Intercostalchlorose)
- Niedrige Zn-Gehalte in der Pflanze begünstigen Pilz- und Viruskrankheiten

Zink im Boden:

Niedrige Zinkgehalte im Boden sind auf unseren Standorten in der Regel nur in Sandböden zu finden. Die Verfügbarkeit von Zink für die Pflanzen aus dem Boden wird entscheidend durch den pH-Wert beeinflusst. Mit steigendem pH-Wert nimmt die Verfügbarkeit ab. Aber auch durch eine hohe Phosphat-Düngung kann die Aufnahme von Zink aus dem Boden verringert sein.

Zinkdüngung:

- Bei geringen Bodengehalten kann auch Bodendüngung erfolgen
- Blattdüngung ist häufig effektiver und direkt pflanzenverfügbar
- Blattapplikation wird in einer Menge von 0,3 – 0,5 kg Zn/ha empfohlen

6.3 Bor

Aufgaben in der Pflanze:

Bor ist der einzige Mikronährstoff, der nicht nur an enzymatischen Reaktionen in der Pflanze beteiligt ist, sondern auch einen Baustein der Pflanze darstellt. Bor ist insbesondere wichtig für:

- Wurzelwachstum
- Nährstofftransport in der Pflanze
- Pollenschlauchwachstum

Der Borbedarf von Getreide ist deutlich geringer als der von Raps, Rüben oder Mais. Unter den Getreidearten hat Mais den höchsten Borbedarf. Bor wird von den Pflanzen als Borat-Ion oder Borsäure über die Wurzel aufgenommen.

Bormangel-Symptome:

- Gestauchtes Wachstum zwischen den Vegetationsknoten (Internodien)
- Geringere Kornzahl/Schote (Raps)
- Absterben des Vegetationskegels bei Zuckerrüben (Herz- und Trockenfäule).

Bor im Boden:

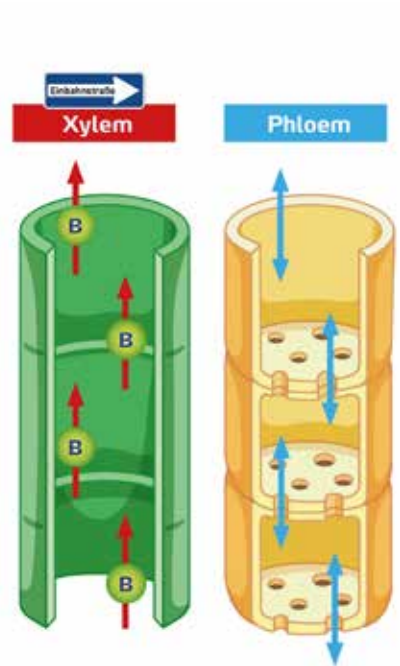
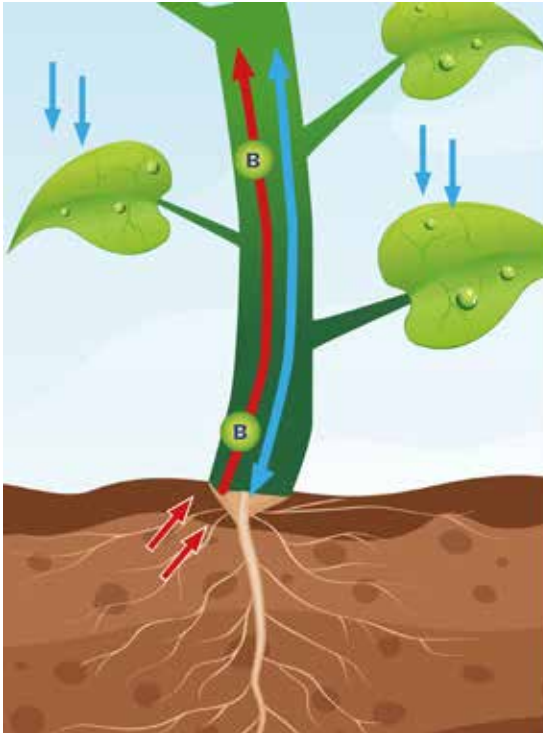
Wieviel Bor in den landwirtschaftlich genutzten Böden enthalten ist, hängt von den geologischen Ausgangsbedingungen ab. Ob der Nährstoff auch verfügbar ist, darüber entscheidet zum einen der pH-Wert und zum anderen die Bodenfeuchte:

pH-Wert: In Böden mit einem hohen pH-Wert wird Bor an Eisen-, Aluminium- und Tonmineralen festgelegt. Darunter leidet die Bor-Verfügbarkeit.

Bodenfeuchte: Die pflanzenverfügbare Form von Bor ist Borsäure. Borsäure ist in den Böden sehr mobil. Es kann daher je nach Boden und Niederschlags-Intensität zur Verlagerung in tiefere Bodenschichten kommen. Verfügbares Bor ist somit für die Pflanzenwurzeln schlichtweg nicht mehr erreichbar. Borsäure ist zudem wasserlöslich und wird mit dem Massenfluss (sprich: passiv mit der Wasseraufnahme) aufgenommen. Eine zu geringe Bodenfeuchte führt zu einer geringeren Wasseraufnahme und damit zu einer verminderten Boraufnahme.

Borverlagerung in der Pflanze:

Es gibt zwei Wege (Leitbahnen), wie Wasser und Nährstoffe innerhalb der Pflanze transportiert werden. Diese Leitbahnen nennen sich Xylem und Phloem. Bor wird im Xylem verlagert. Das Xylem ist die Einbahnstraße der Leitbahnen. Wasser & Nährstoffverlagerung gehen hier nur in eine Richtung:



Bordüngung:

Die schlechte Borverlagerung innerhalb der Pflanze sowie die schlechte Borverfügbarkeit bei Trockenheit macht es nötig die Borversorgung der Bestände über Blatt und Boden sicherzustellen.

Die Hauptborversorgung geschieht hierbei über den Boden mit borhaltigen Düngemitteln zu borbedürftigen Kulturen. Die Bodendüngung hat den Vorteil, dass sämtliche Pflanzenteile (Wurzeln, Neuzuwachs) erfasst werden. Die Blattdüngung sollte als zusätzliche Absicherung gegen Bormangel insbesondere bei Trockenheit gesehen werden.

Bei einer Borbodendüngung in Zuckerrüben und Raps sollten 1,5 kg Bor/ha angestrebt werden. Bei reiner Blattdüngung sind Mengen von ca. 50 g B/ha (Getreide), ca. 600 g B/ha (Raps), 0,6-1,0 kg B/ha (Zuckerrüben) zu veranschlagen.

6.4 Kupfer

Aufgaben in der Pflanze:

Kupfer ist insbesondere wichtig für:

- Photosynthese und Zellatmung
- Ligninsynthese
- Schutz vor freien Radikalen
- Fertilität der Pollen

Kupfermangel-Symptome:

- Weiches Gewebe, schlechte Standfestigkeit der Bestände
- Höhere Anfälligkeit gegenüber Schädlingen und Krankheiten
- Pollensterilität/taube Ähren
- Aufhellen der Blätter von den Rändern und Spitzen her
- Einrollen des jüngsten Blattes (Getreide)

Kupfer im Boden:

Kupfermangel ist vor allem beim Hafer schon lange unter dem Namen „Heidemoorkrankheit“ bekannt. Das liegt daran, dass vor allem organische Böden wie z.B. Moorböden nicht ausreichend mit Kupfer versorgt sind. Hohe Boden pH-Werte und Düngung großer Mengen organischer Substanz bzw. hohe Humusgehalte führen dazu, dass im Boden vorhandenes Kupfer nicht von der Pflanze aufgenommen werden kann. Kupfer wird von den Pflanzen als Cu^{2+} über die Wurzel aufgenommen.

Kupferdüngung:

- Bei geringen Bodengehalten kann Kupfer über den Boden gedüngt werden
- Blattdüngung (0,1 – 0,4 kg/ha Kupfer) ist häufig deutlich effektiver und direkt pflanzenverfügbar.

6.5 Molybdän

Aufgaben in der Pflanze:

Molybdän ist ein Bestandteil von Enzymen. Wichtige molybdänhaltige Enzyme von Nutzpflanzen sind die

- Nitratreduktase (Reduktion des Nitrat zur Bildung von Proteinen)
- Nitrogenase (bei Pflanzen mit biologischer N_2 -Fixierung durch Knöllchenbakterien)

Molybdänmangel-Symptome:

- Chlorotischen Aufhellungen, ähnlich dem N-Mangel, meist zuerst an den älteren Pflanzenteilen
- An den jungen Pflanzenteilen zuerst auftretende Blattdeformationen

Molybdän im Boden :

Molybdänmangel kommt häufig bei einem niedrigen pH-Wert des Bodens vor. Außerdem begünstigen hohe Bodengehalte an Eisenoxiden (z. B. auf Podsolen und Böden mit Raseneisenstein) den Mangel an Molybdän. Molybdän wird von den Pflanzen als Molybdat-Ion über die Wurzel aufgenommen.

Molybdän-Düngung:

- Kann über Boden und Blatt erfolgen
- Wesentliche Molybdänmengen sind in Wirtschaftsdüngern enthalten
- Blattdüngung: max. 100 g Mo/ha

6.5 Eisen

Einen hohen Eisenbedarf haben Sonderkulturen wie Obstgehölze und Weinreben.

Aufgaben in der Pflanze:

- Aktivator von Enzymen
- Funktion bei Samen- und Keimbildung
- Beteiligung an Photosynthese

Eisenmangel-Symptome:

- Streifenchlorosen

Eisen im Boden:

Der Eisengehalt in Mineralböden übersteigt in der Regel den Pflanzenbedarf. Eine eingeschränkte Fe-Verfügbarkeit kann auf Kalkböden und bei Staunässe auftreten. Eisen wird von den Pflanzen über die Wurzel als Fe^{2+} ; Fe^{3+} und in Form von verschiedenen Chelaten aufgenommen.

Eisendüngung:

- Bei Eisenmangel wird eine Blattdüngung von 0,5-1,5 kg Fe/ha empfohlen

Tab. 7: Düngeempfehlung, Mangelsymptome bei Mikronährstoffen (Getreide)

B	Entzüge Mangelsymptome	0,7 g/dt Korn + 0,4 g/dt Stroh Halmverkürzung, keine Spitzenblätter, Taubährigkeit
	Düngeempfehlung	Boden: 0,5-2 kg B/ha Blatt: 0,2-0,5 kg B/ha
Cu	Entzüge Mangelsymptome	0,5-0,6 g/dt Korn + 0,5 g/dt Stroh Chlorosen, Weißährigkeit (Urbarmachungskrank- heit), Nekrosen (Spitzendürre), Blattrollen, Lager, Hafer besonders empfindlich
	Düngeempfehlung	Boden: 2-5 kg Cu/ha Blatt: 0,3-1 kg Cu/ha
Fe	Entzüge Mangelsymptome	5-6 g/dt Korn + 3 g/dt Stroh Chlorosen an jüngeren Blättern
	Düngeempfehlung	Boden: schwierig (Fixierung) Blatt: 0,5-1,5 kg Fe/ha
Mn	Entzüge Mangelsymptome	2-4 g/dt Korn + 3 g/dt Stroh graugrüne Flecken an mittleren Blättern, Interko- stalchlorosen, Abknicken der Blätter, Dörrflecken- krankheit, Hafer besonders empfindlich
	Düngeempfehlung	Boden: 10-20 kg Mn/ha Blatt: 0,5-4 kg Mn/ha (ggf. mehrere Teilgaben)
Mo	Entzüge Mangelsymptome	0,05 g/dt Korn + 0,03 g/dt Stroh Blattdeformationen, Nekrosen und Chlorosen an den Blättern
	Düngeempfehlung	Blatt: 0,1 kg Mo/ha
Zn	Entzüge Mangelsymptome	3-4 g/dt Korn + 4 g/dt Stroh Kleinblättrigkeit, Interkostalchlorosen, Nekrosen an älteren Pflanzenteilen, Rotfärbung an Stängel und Blättern, Rosettenbildung
	Düngeempfehlung	Boden: 2-10 kg Zn/ha Blatt: 0,3-0,5 kg Zn/ha

Getreidekulturen (Weizen, Gerste, Roggen, Triticale, Hafer): Entzüge, Düngeempfehlung und Mangelsymptome (durchschnittliche Düngeempfehlungen der Bundesländer, Entzüge nach v. Fischer 1995). Quelle: BAD „Mikronährstoffe“, 2007

Tab. 8: Einfluss von Standortfaktoren auf die Verfügbarkeit von Mikronährstoffen

Standorteigenschaften	Bor	Kupfer	Mangan	Zink
pH > 7	- - -	- - -	- - -	- - -
pH < 5,5	+	+	+	+
Stauanässe		+	+	+
hoher Humusgehalt	++	--	--	++
Trockenheit	- - -	- - -	- - -	- -
Bodenverdichtung			++	
hoher P-Gehalt				-

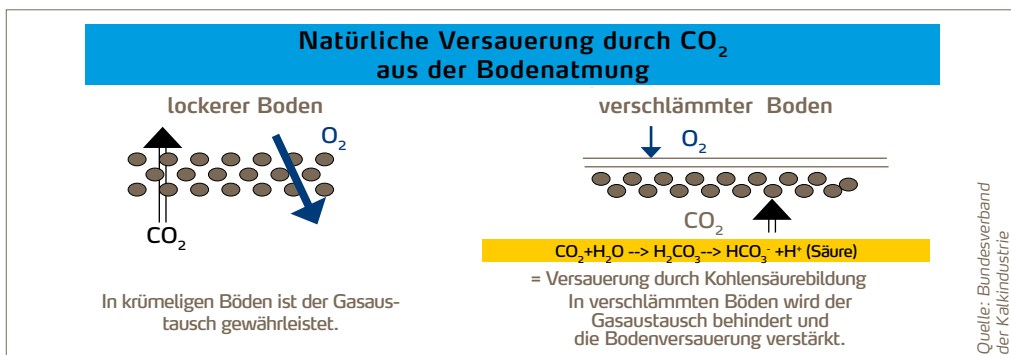
+ = verfügbar ++ = gut verfügbar +++ = sehr gut verfügbar
 - = Mangel - - = starker Mangel - - - = sehr starker Mangel

7. Kalk und Boden-pH

7.1. Warum kalken?

In unserem humiden Klimabereich unterliegen die landwirtschaftlich genutzten Böden der natürlichen Versauerung. Aus der für die Humusbildung unentbehrlichen Zersetzung der organischen Substanz werden in intensiv genutzten Ackerböden je Hektar und Jahr ca. 20 t CO₂ gebildet. In Böden mit geringem Luftporenvolumen und bei periodischer Übernässung verbindet sich ein Teil des CO₂ mit dem Bodenwasser zu Kohlensäure (Abbildung 15).

Abb. 15: Natürliche Versauerung des Bodens



Weitere Versauerungsfaktoren sind H⁺-Ionenausscheidungen der Pflanzenwurzeln, ammonium- und schwefelhaltige Dünger und der saure Regen. In allen carbonatfreien Böden kommt es dadurch zur Versauerung und pH-Wert-Absenkung. Die damit verbundenen Kalkverluste in Höhe von 300 bis 500 kg CaO je Hektar und Jahr müssen über die Erhaltungskalkung ausgeglichen werden.

7.2. Wie wirken Kalkdünger?

Kalkdünger haben die Aufgabe, Säure zu neutralisieren und den pH-Wert anzuheben. Außerdem liefern Sie die zweiwertigen Kationen Ca^{2+} und Mg^{2+} , die von der Pflanze als Nährstoff aufgenommen werden und im Boden zur Absättigung und Flockung der Tonminerale führen (Abbildung 16). Branntkalk reagiert mit dem Bodenwasser und bildet sofort Ca^{2+} - und OH^- -Ionen. Kohlensaurer Kalk reagiert je nach Mahlfineinheit und Reaktivität unterschiedlich schnell mit Wasser und CO_2 zu Calciumhydrogencarbonat. In beiden Fällen entstehen OH^- -Ionen, die sofort H^+ -Ionen binden und den pH-Wert im Boden anheben. Die Calcium-Ionen sättigen die Austauscher und verbinden als zweiwertige Kationen die Tonminerale und bilden Ton-Humus-Komplexe.

7.3. pH-Wert und Nährstoffverfügbarkeit

Der pH-Wert ist Maßstab für den Säuregrad des Bodens. Er ist logarithmisch, d.h. fällt der pH-Wert um eine pH-Stufe, so steigt die Säurekonzentration auf das Zehnfache; fällt der pH-Wert um zwei Stufen, so steigt sie um das Hundertfache an. Zwischen Bodenreaktion (pH-Wert) und Nährstoffverfügbarkeit besteht ein enger Zusammenhang (Abbildung 17). Der optimale Boden pH-Wert liegt zwischen 6 und 7 bei Ackerland und 5,5 und 6,5 bei Grünland (s. auch Abbildung 18).

Abb. 16: Flockende Wirkung von Kalkdüngern

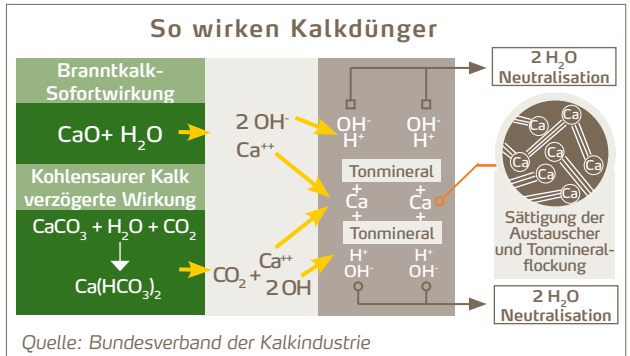
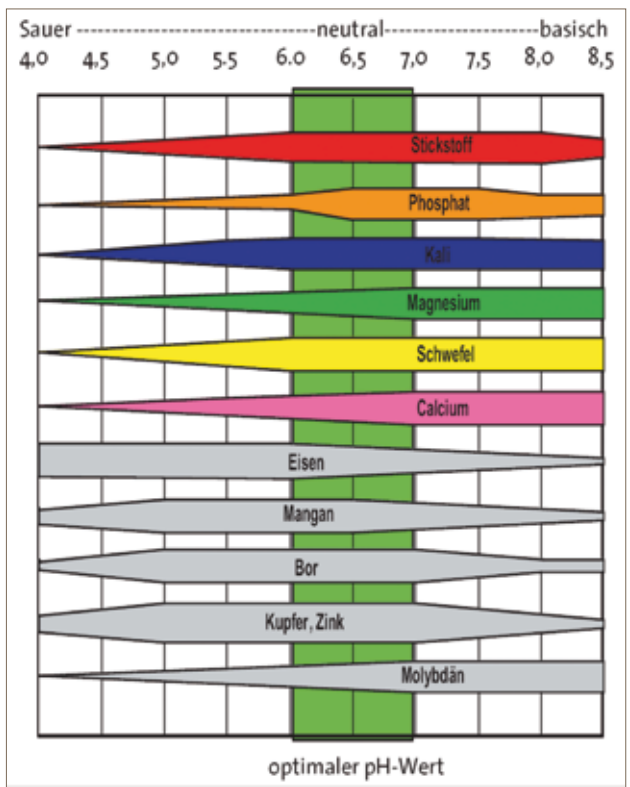


Abb. 17: pH-Wert und Nährstoffverfügbarkeit



7.4. Bodenart und optimaler pH-Wert

Abb. 18: Kalkdüngungsempfehlung zur Aufdüngung bzw. Erhaltungskalkung von Ackerland bei verschiedenen Bodenarten auf 4 Jahre bezogen

pH-Wert	Humusgehalt < 4,0 %					Humusgehalt 4,1% bis 8,0 %					Humusgehalt 8,0% bis 15,0 %				
	Bodenart														
	S	SI	SL	L	IT	S	SI	SL	L	IT	S	SI	SL	L	IT
		IS	sL		T		IS	sL		T		IS	sL		T
	Kalkmenge in dt CaO/ha														
3,3	45	77	87	117	160	50	82	89	115	137	50	83	90	109	121
3,4	45	77	87	117	160	50	82	89	115	137	50	78	90	109	121
3,5	45	77	87	117	160	50	82	89	115	137	47	74	90	109	121
3,6	45	77	87	117	160	50	82	89	115	137	43	69	90	109	121
3,7	45	77	87	117	160	50	82	89	115	137	39	64	90	109	121
3,8	45	77	87	117	160	46	78	89	115	137	35	60	90	109	121
3,9	45	77	87	117	160	43	73	89	115	137	31	55	84	103	115
4,0	45	77	87	117	160	39	69	89	115	137	28	51	78	97	108
4,1	42	73	87	117	160	35	64	89	115	137	24	46	72	90	102
4,2	39	69	87	117	160	32	60	89	115	137	20	41	66	84	95
4,3	36	65	87	117	160	28	55	83	108	130	16	37	60	78	89
4,4	33	61	87	117	160	24	51	77	102	123	13	32	54	71	82
4,5	30	57	87	117	160	21	46	71	95	115	9	27	48	65	76
4,6	27	53	82	111	152	17	42	66	89	108	5	23	42	59	69
4,7	24	49	77	105	144	13	37	60	82	100	4	18	35	52	63
4,8	22	46	73	100	136	10	33	54	75	93	4	13	29	46	56
4,9	19	42	68	94	128	6	28	48	69	86	4	9	23	40	50
5,0	16	38	63	88	121	5	24	42	62	78	4	8	17	33	43
5,1	13	34	58	82	113	5	19	36	55	71	4	8	11	27	37
5,2	10	30	53	75	105	5	15	31	49	69	0	8	10	21	30
5,3	7	26	49	70	90	5	10	25	42	56	0	8	10	14	24
5,4	6	22	44	65	90	5	9	19	36	49	0	8	10	13	17
5,5	6	19	39	59	82	0	9	13	29	41	0	8	10	13	16
5,6	6	15	34	53	75	0	9	12	22	34	0	0	10	13	16
5,7	6	11	29	47	67	0	9	12	16	27	0	0	10	13	16
5,8	6	10	25	41	59	0	9	12	15	19	0	0	10	13	16
5,9	0	10	20	36	52	0	9	12	15	18	0	0	0	13	16
6,0	0	10	15	30	44	0	0	12	15	18	0	0	0	13	16
6,1	0	10	14	24	36	0	0	12	15	18	0	0	0	13	16
6,2	0	10	14	18	29	0	0	12	15	18	0	0	0	0	16
6,3	0	10	14	17	21	0	0	0	15	18	0	0	0	0	16
6,4	0	0	14	17	20	0	0	0	15	18	0	0	0	0	0
6,5	0	0	14	17	20	0	0	0	15	18	0	0	0	0	0
6,6	0	0	14	17	20	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0
6,7	0	0	14	17	20	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0
6,8	0	0	0	17	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6,9	0	0	0	17	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7,0	0	0	0	17	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7,1	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7,2	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

pH-Klassen



Bodenart: S-Sand, SI-antlehmgiger Sand, IS- lehmiger Sand, SL-stark lehmiger Sand, sL-sandiger Lehm, L-Lehm, IT-lehmiger Ton, T-Ton

Quelle: Bayerische Düngekalk und Werbe GmbH

7.5. Pufferkapazität des Bodens

Die Pufferkapazität ist ein Maß für das Vermögen eines Bodens, zugeführte Säuren bzw. Basen aufzufangen. Auch hier spielt die Zahl der Bindungsstellen und somit die Bodenart und der Humusgehalt eine entscheidende Rolle. Je mehr Bindungsstellen, desto besser kann der Boden puffern. Umgekehrt kann ein leichter Boden mit wenigen Bindungsstellen schlechter abpuffern. Daher sollte ein Sandboden auch nicht mit einem schnell wirkenden Branntkalk gedüngt werden, da die Reaktion im Boden-pH-Wert zu extrem wäre.

7.6. Wirkungsgeschwindigkeit von Kalken und Kalkformen

Branntkalk (Calciumoxid CaO) Magnesiumbranntkalk Mischkalke	Kohlensaurer Kalk (CaCO ₃) Kalkdünger aus der Verarbeitung von Zuckerrüben (früher: Carbokalk) Kohlensaurer Magnesiumkalk (MgCO ₃)	Kieselsaure Kalke Hütten- und Konverterkalk (Ca- & Mg-Silikate)* * Rasche Umsetzung bei niederen Boden pH-Werten
--	---	---



Für schwere Böden sind Branntkalk, Magnesiumbranntkalk oder Mischkalk am besten geeignet, für leichte und mittlere Böden eher kohlensaurer Kalk, kohlensaurer Magnesiumkalk oder kieselsaurer Kalk.

Zum Preisvergleich der angebotenen Kalksorten sollten die Preise auf die gleiche Basis (entweder Reinnährstoffe CaO und MgO oder CaCO₃ und MgCO₃) umgerechnet werden anhand folgender Umrechnungsfaktoren:

$$\begin{aligned} \text{CaO} \times 1,785 &= \text{CaCO}_3 & \text{CaCO}_3 \times 0,56 &= \text{CaO} \\ \text{MgO} \times 2,092 &= \text{MgCO}_3 & \text{MgCO}_3 \times 0,478 &= \text{MgO} \end{aligned}$$

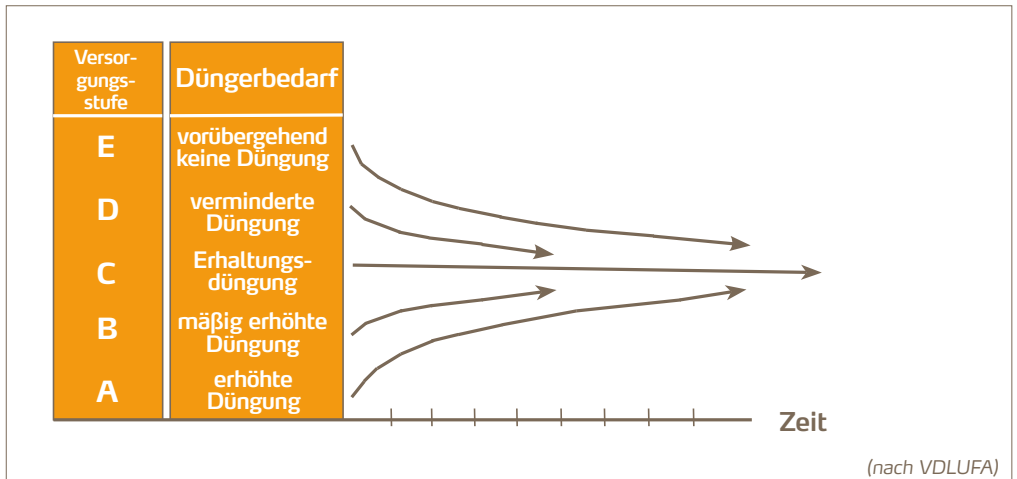
$$\text{Basische Wirksamkeit} = \text{MgO} \times 1,391 = \text{CaO} \rightarrow \text{oder} \text{MgCO}_3 \times 1,187 = \text{CaCO}_3^1$$

¹ Hierbei wird berücksichtigt, dass die tatsächliche basische Wirksamkeit von Magnesiumcarbonat und Magnesiumoxid auf Grund des Molekulargewichtes höher ist als von Calciumcarbonat und Calciumoxid. Außerdem stellt Magnesium einen weiteren Hauptnährstoff dar und wird über magnesiumhaltige Düngelkalle sehr preisgünstig angeboten.

Die Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V. (DLG) bietet eine Zertifizierung für Düngelkalle an. Produkte, die den Anforderungen entsprechen, erhalten das DLG-Qualitätssiegel für gütegesicherte Kalke.

7.7. Nährstoff-Versorgungsstufen und die dazu empfohlene Düngungshöhe für Phosphat, Kalium, Magnesium und Kalk

Abb. 19: Düngungsempfehlung in Abhängigkeit von der Versorgungsstufe des Bodens



8. Technik

8.1. Streufehler erkennen und bewerten

Der Streufehler wird in %-Abweichung von der gewünschten Ausbringungsmenge über die gesamte Arbeitsbreite angegeben:

- Bis 25%: keine erkennbaren Streifen
- 25–30 %: leichte streifenförmige Farbunterschiede erkennbar
- 30–50%: deutliche Farbunterschiede erkennbar

Folgen:

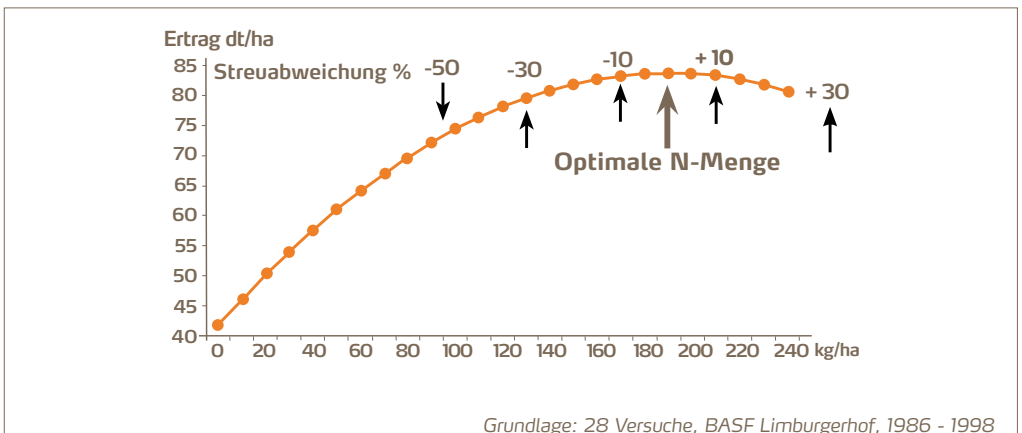
- Schwierige Bestandesführung
- Unterschiedliche Entwicklung des Bestandes
- Ernteerschwernis, vor allem bei Lager
- Negativer Einfluss auf Ertrag und Qualität

Ursachen:

- Falsche Maschineneinstellung (Anbauhöhe, Anbauwinkel, Schaufelstellung, Scheibendrehzahl)
- Abgenutzte Streuschaufeln
- Niedrige Qualität des gestreuten Produktes (hoher Staubanteil, niedrige Kornhärte, leichte Granulate)
- Zu hohe Windgeschwindigkeit beim Düngerstreuen²

² Durch Wind entstehen keine Streifen im Bestand, sondern fleckenförmige Unter- und Überdüngungszonen. Diese sind schwerer zu erkennen als streifenförmige Muster.

Abb. 20: Folgen für den Ertrag bei verschiedenen Streuabweichungen



Grundlage: 28 Versuche, BASF Limburgerhof, 1986 - 1998

Tab. 9: Relative Ertragsverluste und Erlösverluste bei verschiedenen Ertragsniveaus und in Abhängigkeit vom Streufehler bei Winterweizen

Winterweizen Mindererlöse bei...	Ertrags- und Erlösverluste bei einer Streuabweichung von...				
	...15 %	...30 %		...50 %	
		ohne Lager	mit Lager	ohne Lager	mit Lager
Ertragsverlust rel.:	0,6 %	2,3 %	22,4 %	6,3 %	31,3 %
... 70 dt/ha	6 €/ha	24 €/ha	235 €/ha	66 €/ha	329 €/ha
... 80 dt/ha	7 €/ha	28 €/ha	269 €/ha	76 €/ha	376 €/ha
... 90 dt/ha	8 €/ha	31 €/ha	302 €/ha	85 €/ha	423 €/ha
... 100 dt/ha	9 €/ha	35 €/ha	336 €/ha	95 €/ha	470 €/ha

(Weizenpreis: 150 €/t)

8.2. Windeinfluss

Unterschiedlich schwere Granulate werden unterschiedlich beschleunigt, um eine bestimmte Arbeitsbreite zu erreichen. Dies schlägt sich in ihrem Flugverhalten und der damit verbundenen unterschiedlichen Windanfälligkeit nieder. Leichte Granulate unterliegen dem Windeinfluss stärker als schwere Granulate. Die Auswirkungen auf das Streubild zeigt Abbildung 20.

Es ist daher entscheidend für die Streuqualität, ob mit einem schweren Dünger ($> 0,9 \text{ t/m}^3$) oder einem leichten Dünger ($< 0,9 \text{ t/m}^3$) gearbeitet wird. Während bei einer mäßigen Brise (ca. 6 m/s) mit einem KAS noch sehr gute Streubilder zu erzielen sind, ist bei einer schwachen Brise (ca. 4 m/s) mit einem groben Harnstoff schon Schluss. Neben dem Gewicht der Granulate spielen Kornhärte (Belastbarkeit beim Streuvorgang), mittlere Korngröße (» Einzelkorngewicht) und das Korngrößenspektrum (Verteilung der Granulate im Streubereich) für die Genauigkeit der Ausbringung eine Rolle. Die Hersteller für Düngerstreuer ermitteln diese Parameter, um eine Einstellungsempfehlung für die jeweilige Arbeitsbreite verschiedener Maschinen zu geben.

Die Düngerstreuer-Hersteller Rauch und Amazone bieten beispielsweise einen online-Service:

Mit Hilfe folgender Links gelangen Sie zu den Streutabellen:

Amazone: www.amazone.de/78.asp

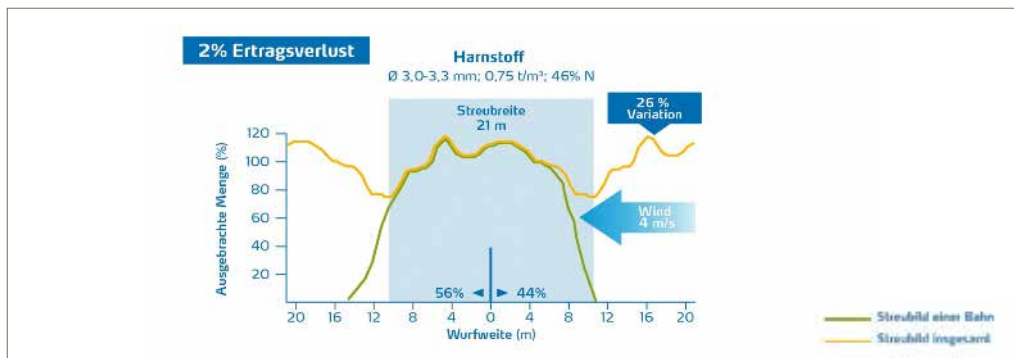
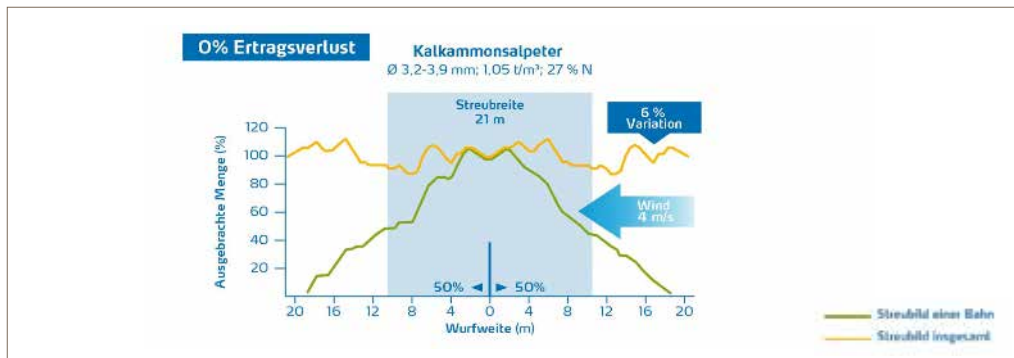
Rauch: <https://rauch.de/service/streutabellen.html>

Tab. 10: Physikalische Kenngrößen wichtiger Düngemittel. Ersichtlich aus den Produktbeschreibungen der einzelnen Hersteller (auszugsweise Zusammenstellung)

Produkt	Schüttgewicht (t/m ³)	Kornhärte (N)	Korndurchmesser
KAS gekörnt	0,97-1,10	50-100	3,2-3,9
NPK gekörnt	1,11-1,17	60-120	3,2-3,9
Harnstoff gekörnt	0,80-0,85	20-40	3,0-3,3
ASS gekörnt	0,97	50-100	3,0-3,6
Harnstoff geprillt	0,75-0,80	10-30	2,5-2,8

Die Auswirkungen auf das Streubild in der Praxis

Abb. 21: Praxis-Streubild von KAS (oben) und groben Harnstoff (unten).



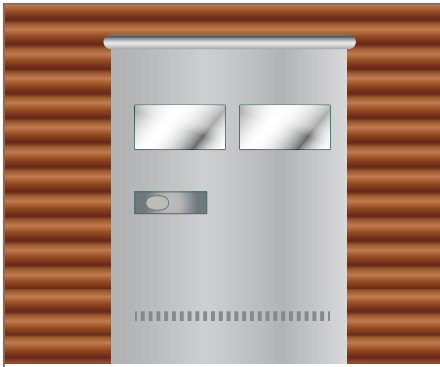
8.3. Lagerung

Düngemittel richtig lagern

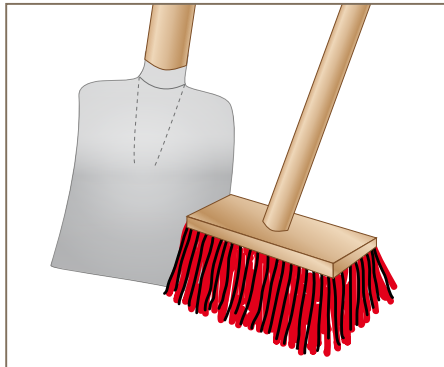
Düngemittel reagieren empfindlich auf Umwelteinflüsse. Der natürliche Feind des Düngers während des Transportes und der Lagerung ist Feuchtigkeit in jeder Form. Dies bedeutet, dass während Transport und Lagerung der Dünger vor Nässe und Feuchtigkeit - und dazu gehört auch die normale Luftfeuchte - zu schützen ist.

- Nur bei trockenen Witterungsverhältnissen Düngemittel entladen.
- Transportmittel müssen trocken und sauber sein.
- Einspeicherungsgeräte verwenden, die einen möglichst geringen Abrieb verursachen.
- Die Lagerbox muss sauber, trocken und wetterdicht sein. Entsprechende Kontrolle vor der Einlagerung durchführen.
- Sofort nach Beendigung der Einlagerung die Oberfläche des Düngerhaufens mit handelsüblichen Folien abdecken und Folie durch Beschweren oder Verankerung vor Verrutschen schützen. Folienenden so überlappen, dass evtl. ablaufende Nässe nicht in das Lagergut gelangen kann.
- Auch bei Unterbrechung der Lagerbeschickung von bis zu einem Tag, ist die Oberfläche des Düngerhaufens vorübergehend abzudecken.
- Bei der Ein- und Auslagerung ist die Boxenfläche und der dazu gehörende Arbeitsbereich sauber und der Fahrbereich von Düngemitteln freizuhalten.
- Bei der Auslagerung mit Frontladern ist darauf zu achten, dass die Schaufel im richtigen Winkel zum Boden steht, d.h. sie sollte nicht zu flach aufliegen, um das Zermahlen der Düngerkörner zu vermeiden.
- Fenster, Türen, Tore geschlossen halten und nur wenn notwendig öffnen. Durchzug in der Halle vermeiden.
- Verträglichkeit von Düngemitteln beachten. Unverträgliche Düngemittel (zum Beispiel Harnstoff/KAS) nicht nebeneinander lagern.
- Die gesetzlichen Regelungen, insbesondere die zur Lagerung ammoniumnitratthaltiger Düngemittel, sind zu beachten.

Wenn die hier genannten Punkte für Transport und Lagerung sorgfältig beachtet werden, bleibt die Qualität des Düngers, d.h. Kornhärte, Rieselfähigkeit und gute Streueigenschaften, erhalten.



1. Halten Sie die Tore und Türen geschlossen.



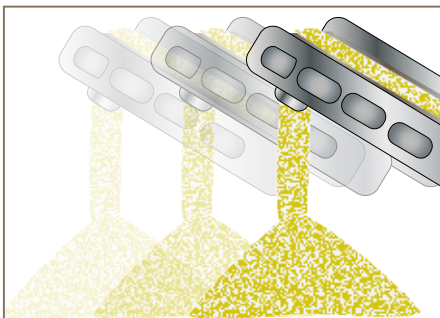
2. Halten Sie den Boden sauber und trocken.



3. Fördergeräte nicht überladen, um Transportwege sauber zu halten.



4. Fahren Sie nicht in den Dünger hinein.



5. Einspeicherungspunkt mehrmals verlagern, um Entmischung zu vermeiden.



6. Düngerhaufen sofort abdecken, bei Entnahme nur so weit wie notwendig öffnen und anschließend wieder schließen.

8.4. Qualität erhalten

Dünger in Big Bags

Feuchtigkeit, Staub, Dreck – viele äußere Einflüsse sorgen dafür, dass lose Dünger mit der Zeit an Qualität verlieren. Dem lässt sich vorbeugen. Im Big Bag bleibt die Qualität des Düngers erhalten. Zudem können Sie die leeren Säcke nach Gebrauch einfach und kostenlos entsorgen.



Trotz größter Sorgfalt lässt es sich nicht verhindern, dass lose Dünger während der Lieferung und Lagerung an Qualität verlieren. Die Folge: Sie lassen sich nicht mehr so exakt und gleichmäßig auf dem Feld ausbringen. Einerseits werden die Pflanzen dadurch ungleichmäßig versorgt und erreichen nicht den gewünschten Ertrag und die angestrebte Qualität. Andererseits führt die schlechte Querverteilung des Düngers zu Nährstoffausträgen aus den überdüngten Bereichen, wodurch die Umwelt belastet wird. Ein Streufehler hat aber auch handfeste ökonomische Folgen:

Wussten Sie, dass bereits ein geringer Streufehler, der optisch noch nicht einmal zu erkennen ist, schon einen Ertragsverlust von 3 Prozent bewirken kann? Im Weizenanbau entspricht das schnell einem Mindererlös von mehr als 40 Euro pro Hektar. Das sind immerhin ein Drittel der gesamten Stickstoff-Düngerkosten. Sind die typischen gelben Streifen im Feld zu sehen, fällt der Einkommensverlust noch wesentlich höher aus. Bei Lager können die Ertragsverluste sogar bei mehr als 10 Prozent liegen.

Abhilfe können Big Bags schaffen

Big Bags schützen den Dünger vor Feuchtigkeit und mechanischer Beanspruchung entlang der gesamten Lieferkette: auf dem Schiff auf dem LKW, beim Umschlag sowie beim Ein- und Auslagern. So können Sie sicher sein, dass Sie auch die Dünger-Qualität erhalten, die Sie erworben haben. Zumal Informationen über Herkunft und Zusammensetzung direkt auf dem Big Bag erkennbar sind.

Nach dem Gebrauch werden leere Big Bags kostenlos abgeholt und recycelt

Seit Juli 2017 bietet Yara einen kostenlosen Abholservice für Yara-Big Bags an. Das Verpackungsmaterial wird von Ihrem Betrieb abgeholt und einer Verwertung zugeführt. Weitere Informationen dazu sowie das Anmeldeformular finden Sie auf der Internetseite:

www.bigbagweg.de

Mehrere Dünger flexibel transportieren und lagern

Big Bags haben auch Vorteile in Bezug auf die Lagerung: Die baulichen Ansprüche an das Lager sind gering. Zudem lassen sich mithilfe von Big Bags verschiedene Dünger auf engstem Raum flexibel transportieren und lagern. Auch Restmengen können problemlos untergebracht werden. Der Lagerraum wird so bestmöglich ausgenutzt und Sie erhalten eine bessere Übersicht über die vorhandenen Mengen. Außerdem ermöglicht eine einfache Lagerung mehr Flexibilität beim Düngerkauf. Auch Spezialsorten können Sie in kleinen Mengen über einen längeren Zeitraum lagern, ohne wesentliche Qualitätsverluste befürchten zu müssen. So haben Sie zum Zeitpunkt des Bedarfs immer den jeweiligen Dünger direkt verfügbar.

8.5. Big Bags, Qualität einkaufen - Qualität streuen

Einfache Lagerung

Big Bags zeichnen sich gegenüber loser Ware durch vielerlei Vorteile im Lager aus:

- Geringere Ansprüche an das Lager
- Lagerung verschiedener Sorten auf engstem Raum
- Optimale Nutzung des vorhandenen Lagerraums
- Problemlose Lagerung von Restmengen
- Unabhängig vom Getreidelager
- Exakte Mengenübersicht



AMAZONE

ZG-TS
8200

Yara
Nila



G-FIT

0-51

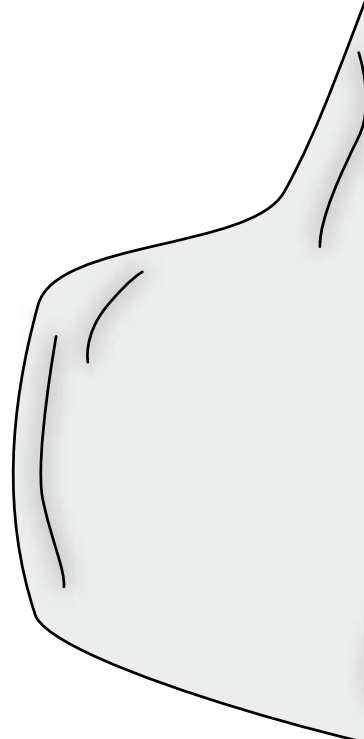
Einfaches Handling

Neben der verbesserten Düngeplanung durch mehr Flexibilität beim Düngereinkauf bieten Big Bags auch in der Handhabung Vorteile gegenüber loser Ware:

- Keine verschmutzten Düngerlager
- Keine zerfahrenen Düngerkörner
- Weniger Staub
- Sauberes Befüllen des Streuers
- Geringere Ansprüche an Transportmittel
- Exakte Mengenkontrolle
- Geringe Ansprüche an die Technik (Frontlader)
- Einfache, kostenlose Entsorgung der Big Bags über das RIGK-System

Hinweise zur Lagerung von Big Bags:

- Innen- und Außenlagerung möglich
- Innenlagerung empfehlenswert
- 2,5 Meter Zwischenabstand zu brennbaren Stoffen einhalten
- Big Bags sicher stapeln als Pyramide, höchstens drei Lagen hoch, zweite und dritte Lage versetzt zueinander
- Beschädigung der Säcke und Paletten vermeiden



Für die Außenlagerung:

- Befestigter, ebener und trockener Untergrund erforderlich
- Auf leeren, unbeschädigten Paletten lagern
- Leere Paletten oben auflegen und zum Schutz vor Niederschlag und Sonneneinstrahlung abplanen
- So abplanen, dass sich keine Pfützen auf der Plane bilden und kein Wasser in den Stapel gelangen kann
- Plane gegen Wind gut verzurren



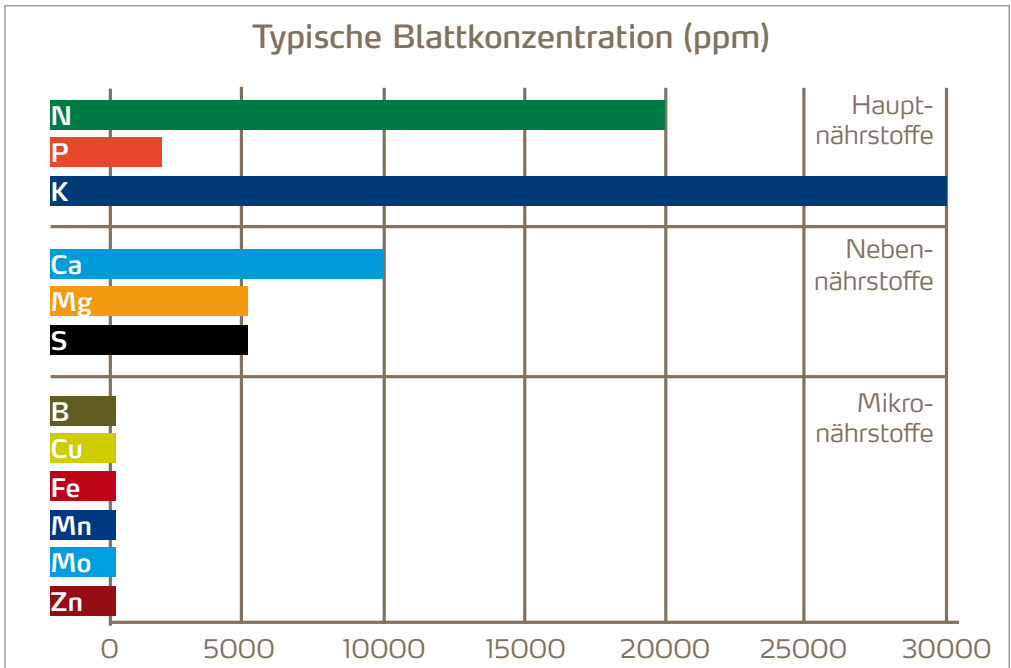
9. Blattdünger

9.1. Notwendigkeit der Blattdüngung

Die Nährstoffaufnahme über das Blatt ist eine Zwangsernährung und von der Natur nicht der üblicherweise vorgesehene Weg. Doch weil die Nährstoffaufnahme über die Wurzeln je nach Situation nicht ausreichen kann, hat sich die Blattdüngung als fester Bestandteil im Ackerbau etabliert. Insbesondere die Makronährstoffe (Stickstoff, Phosphor, Kalium, Magnesium und Schwefel) werden primär über die Wurzeln aus dem Boden aufgenommen. Doch im Verlauf der Anbausaison kann es immer wieder zu Situationen kommen, wo dieser Aufnahmeweg limitiert wird und eine ergänzende Blattdüngung notwendig ist:

- Ungünstige pH-Werte oder Trockenheit schränken die Nährstoffverfügbarkeit ein
- Geringe Bodentemperaturen hemmen die Wurzelaktivität und somit die Nährstoffaufnahme
- Bedarfsspitzen in wichtigen Wachstumsphasen erfordern zusätzliche Nährstoffgaben über das Blatt
- Bei akutem Nährstoffmangel herrscht dringend Handlungsbedarf. Über eine Blattdüngung kann ein schneller Effekt erzielt werden

Abb. 22: Haupt-, Neben- und Mikronährstoffe



Makronährstoff werden über die Saison in größeren Mengen benötigt, sodass eine Blattdüngung nur punktuell die Versorgung in wichtigen Phasen unterstützen kann. Die Aufnahmekapazität über die Blätter ist begrenzt, sodass auch nur kleine Mengen pro Applikation ausgebracht werden können. Dennoch unterscheiden sich die Makronährstoffe in ihrer Eignung für die Blattdüngung. Eine Orientierung bieten beispielsweise typische Blattkonzentrationen (siehe Abbildung Y). Je geringer die grundsätzliche Konzentration im Blatt, desto einfacher ist es mit einer kleinen Menge über das Blatt diese Konzentration zu erhöhen. Konkret kann man daher festhalten, dass eine Phosphat-Blattdüngung wesentlich effektiver ist als beispielsweise eine Blattapplikation mit Stickstoff und Kalium.

9.2. Blattdüngung von Mikronährstoffen

Ein etwas anderes Bild haben wir bei den Mikronährstoffen. Grundsätzlich ist eine komplette Versorgung über den Boden auch möglich, jedoch scheitert dieses Vorhaben oftmals an der Verfügbarkeit. Teilweise unterstützen sich Nährstoffe in ihrer Aufnahme, in anderen Konstellationen bestehen wiederum starke Antagonismen, sodass sich die Nährstoffe gegenseitig hemmen. Mitunter kommt es durch Ungleichgewichte und unpassende pH-Werte insbesondere bei Mikronährstoffen schnell zu Festlegungen und schlechten Verfügbarkeiten. Entsprechende Bodengehalte garantieren also nicht automatisch eine gute Versorgung mit Mikronährstoffen.

Wie der Name schon sagt, werden Mikronährstoffe nur in kleinen Mengen von den Pflanzen benötigt. Je nach Kultur und Mikronährstoff liegt der Bedarf in einem Bereich von etwa 20 bis 2.000 Gramm pro ha. Bei Mikronährstoffen ist es daher möglich, den gesamten Bedarf über die Blattdüngung abzudecken. Durch Kombinationsmöglichkeit mit Pflanzenschutzmaßnahmen ist die Blattdüngung ein effizienter, kostengünstiger Weg die Mikronährstoffversorgung während der Vegetationszeit abzusichern.

9.3. Nährstoffaufnahme über das Blatt

Bei der Blattdüngung handelt es sich um eine Art „Zwangsernährung“. Anders als bei der Wurzelaufnahme kann die Pflanze über das Blatt nicht selektieren, welche Nährstoffe sie in welcher Menge aufnimmt. Im Gegensatz zur Wurzelaufnahme ist die Blattaufnahme ein ausschließlich passiver Prozess, der durch Diffusionsgesetze bestimmt wird. Das heißt konkret, die Aufnahme basiert auf einem Ausgleich unterschiedlicher Nährstoffkonzentrationen zwischen Blattoberfläche und dem Blattinneren. Da die Pflanze diesen Prozess nicht steuern kann, ist es umso wichtiger die Nährstoffe in einer pflanzenverträglicher Art und Weise zu applizieren.

Generell werden Blattdünger über alle grünen Pflanzenteile wie Blätter, Stängel aber auch Früchte aufgenommen. Für die Nährstoffaufnahme stehen zwei Wege zur Verfügung: Durch die Kutikula oder durch die Stomata. Bei der Kutikula handelt es sich um eine größtenteils

aus Wachs bestehenden Schutzschicht. Stomata sind Spaltöffnungen die sich an der Blattober- und -unterseite befinden. Kernaufgabe der Stomata ist die Regulierung des Gasaustausches. Die meisten Stomata befinden sich an der Blattunterseite, sodass eine Benetzung je nach Entwicklungsstadium und Pflanzenart schwierig sein kann.

9.4. Einflussfaktoren der Blattaufnahme

- **Kutikula:** Je nach Pflanzenart ist die Kutikula unterschiedlich ausgeprägt. Je Dicker die Kutikula, desto dicker ist der Diffusions- bzw. Aufnahmeweg für die Nährstoffe. Dementsprechend ist Nährstoffaufnahme verhaltener.
- **Luftfeuchtigkeit:** Damit Nährstoffe über das Blatt aufgenommen werden können, muss Wasser als Transportmedium auf dem Blatt vorhanden sein. In dem Wasser sind die Nährstoffe gelöst und gelangen in die Pflanze. Sofern kein Wasser vorhanden ist, kann es zu einer Auskristallisation der Nährsalze kommen (Effloreszenz). Die Aufnahme ist dann vorübergehend nicht mehr möglich. Tauphasen führen beispielsweise zu einer Befeuchtung der Blattoberfläche und ermöglichen eine erneute Blattaufnahme. Eine hohe Luftfeuchtigkeit während der Blattdüngung verbesserte die Nährstoffaufnahme. Zum einen bleiben die Nährstoffe länger gelöst und zum anderen quillt die Kutikula auf, es bilden sich temporäre Poren und die Nährstoffaufnahme wird deutlich erleichtert.
- **Deliquescenz:** Je nach Nährstoffverbindung kommt es schneller oder langsamer zu einem Austrocknen auf dem Blatt. Unter Deliquescenz versteht man die Fähigkeit aus der Umgebungsluft Feuchtigkeit zu ziehen und wieder in Lösung zu gehen oder zu bleiben. Je niedriger der Deliquescenzpunkt ist, desto länger bleibt eine Verbindung in Lösung.
- **Applikationstechnik:** Die Düsen und das Tropfenspektrum beeinflussen die Benetzung und damit die Aufnahmekapazität.
- **Formulierung:** Die Formulierung und die ggf. enthaltenen Formulierungshilfsmittel sind der größte Hebel, um als Anwender die Effizienz der Blattdüngermaßnahmen zu steigern. Während die anderen Punkte nur bedingt beeinflussbar sind, kann über die Wahl gut formulierter Blattdünger die Nährstoffaufnahme erheblich verbessert werden.

9.5. Unterschiedliche Arten von Blattdüngern:

Neben den reinen Nährstoffgehalten unterscheiden sich die Blattdünger erheblich in ihren Eigenschaften und hinsichtlich der Formulierung. Dabei differenzieren sich die Produkte deutlich mehr als nur in der Frage ob fest oder flüssig.

- **Salze** müssen zunächst in der Spritze gelöst werden, sodass allein beim Handling schon Nachteile bestehen. Verschiedene Salze unterscheiden sich in ihrem Eintrocknungsverhalten auf der Blattoberfläche und damit in der Eigenschaft je

nach Feuchtigkeit besser oder schlechter aufnehmbar zu sein. Reine, unformulierte Nährsalze können schnell von der Blattoberfläche abgewaschen werden oder bei ungünstiger Witterung auch zu Ätزشäden führen.

- **Chelate** sind komplexe Verbindungen. Sie halten Nährionen in Lösung, die sonst unlösliche Salze bilden würden. Diese Molekülgerüste, die sogenannten Chelatoren, sind künstliche Ionenfänger, die so in der Natur nicht vorkommen. Chelate haben eine sehr schnelle Wirkung („Feuerwehrmaßnahme“). Sie sind nur in geringen Konzentrationen anwendbar. Schlecht oder unformulierte Chelate können Verbrennungen auf den Blättern verursachen. Eine nachhaltige Wirkung kann bei einmaliger Applikation mit Chelaten nicht erzielt werden. Chelate sind vergleichsweise teuer.
- Flüssige **Lösungen** enthalten Nährsalze und teilweise auch Chelate. Gegenüber granulierten oder pulverförmigen Blattdünger haben sie deutliche Vorteile im Handling. Zudem gewährleistete enthaltene Formulierungshilfsstoffe eine deutlich bessere Performance und höhere Nährstoffeffizienz.
- **Suspensionen** ermöglichen eine sehr hohe Nährstoffkonzentration/Volumen. Sie beinhalten zunächst unlösliche Verbindungen (z. B. Mangancarbonat oder Kupferoxychlorid). Diese sind zwar zunächst wasserunlöslich, können jedoch bei Säurekontakt gelöst werden. CO₂ aus der Luft kann in Verbindung mit Tau auf der Blattoberfläche beispielsweise zur Bildung von Kohlensäure führen. Desweiteren können auch anderen Substanzen aus der Atmosphäre durch Deposition für ein saures Millieu auf der Blattoberfläche sorgen. Mittels entsprechender Formulierungsadditive kann mit Suspensionen eine Art regenfestes Nährstoffdepot auf der Blattoberfläche angelegt werden. Nächtlicher Tau führt zu wiederholten Lösungsvorgängen und einer portionsweisen Aufnahme der Nährstoffe. Suspensionen können insbesondere die Mikronährstoffversorgung über einen längeren Zeitraum in kritischen Wachstumsphasen sehr gut absichern.

Da die Pflanze die Nährstoffaufnahme über das Blatt nicht steuern kann, besteht bei sofort nutzbaren Salzen oder Chelaten auch die Gefahr einer temporären Überversorgung. Wenn der Konzentrationsunterschied zwischen Blattoberfläche und dem Pflanzeninneren sehr hoch ist, können auch sehr schnell zu große Mengen aufgenommen werden. Stress und Pflanzenschäden sind die Folge. Die portionsweise, langanhaltende Ernährung bei Suspensionen geht diesem Risiko aus dem Weg und ist damit langanhaltender und pflanzenverträglicher.

9.6. Formulierungshilfsstoffe in Blattdüngern

Was im Pflanzenschutz gilt, sollte auch der Anspruch an Blattdünger sein: Die Formulierung bestimmt den Erfolg. Gut formulierte Lösungen oder Suspensionen enthalten Netz-, Haft-, Absorptions- und ggf. Dispergiemittel. Durch die Formulierung werden eine gute Benetzung, Regenfestigkeit, hohe Aufnahmezeiten und eine gute Pflanzenverträglichkeit sichergestellt. Insbesondere die Verbindung von Netz- und Haftmitteln führen zu einer gesicherten, langanhaltenden Ernährung. Schlecht oder unformulierte Produkte bereiten nicht nur Probleme beim Handling, sondern können auch unwirksam oder im schlimmsten Fall in Stresssituationen sogar kontraproduktiv sein.

10. Fertigation

10.1. Was ist Fertigation?

Fertigation ist ein Kunstwort aus

Fertilizer=Dünger und Irrigation=Bewässerung

Es bedeutet das Ausbringen von flüssigen oder wasserlöslichen Düngern durch ein Bewässerungssystem. Besonders wassersparend ist Fertigation mittels Tropfbewässerung. Dies führt zu einer definierten Bewässerungs- und Düngezone direkt im Wurzelbereich der Pflanze.

Fertigation ermöglicht die optimale Zufuhr von Pflanzennährstoffen unter der Prämisse:

- Welche Nährstoffe
- Zu welchem Zeitpunkt
- In der richtigen Menge

gebraucht werden.

Daher wird durch Fertigation eine gezielte Steuerung der Bestandsentwicklung über die Düngung ermöglicht.



10.2. Vorteile der Fertigation

1. Vorteile bei der Pflanzenernährung

- Optimales Nährstoff- und Wassermanagement
 - Zeitgenaue Ausbringung von kleinen Düngermengen genau in den aktiven Wurzelbereich
- Extrem hohe Nährstoffeffizienz
 - Im Vergleich zu herkömmlicher Düngung werden deutliche höhere Erträge und bessere Qualitäten erzielt
- Kurzfristige Anpassung an Nährstoffmangel
 - Nährstoffe können zu jeder Zeit ausgebracht werden und sind sofort verfügbar
- Reduziert Stressfaktoren
 - Kleine Düngermengen regelmäßig ausgebracht sorgen für eine gesunde und aktive Wurzelzone
 - Große Mengen einmal gedüngt verursachen häufig Salzstress
- Bessere Verfügbarkeit
 - Kleine Düngermengen sind besser verfügbar als große Mengen die einmal im Jahr gegeben werden



2. Vorteile bei der Ausbringung

- Nährstoffausbringung ist unabhängig vom Wetter oder der Befahrbarkeit des Feldes
- Gleichmäßige Ausbringung und damit ein gleichmäßiger Bestand
- Präzise Platzierung des Düngers
 - Wo Wasser ist sind auch Wurzeln: somit kommt der Dünger genau in den Wurzelbereich und kann direkt aufgenommen werden

3. Vorteile zum Schutz der Umwelt

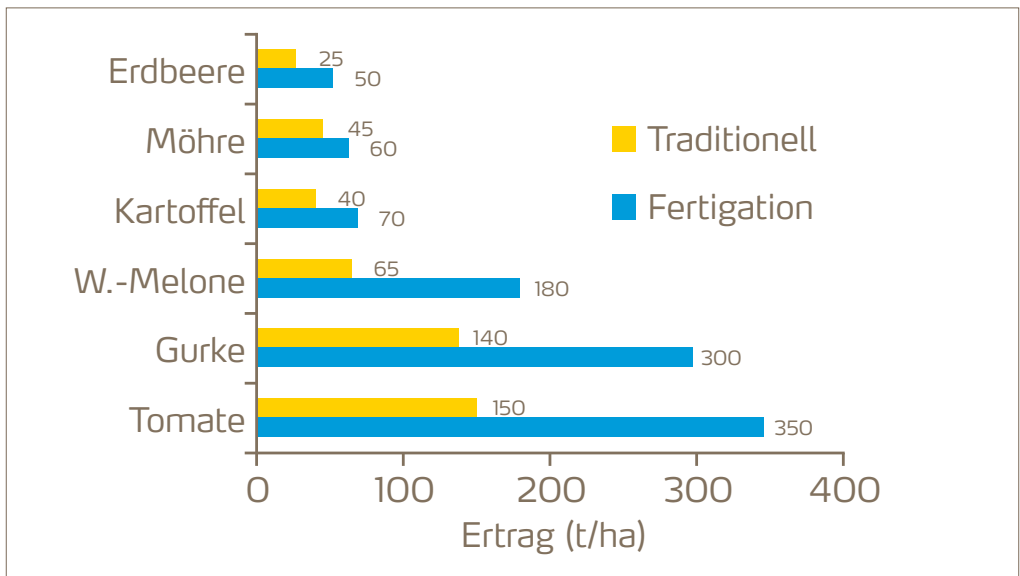
- Geringe Nährstoffverluste
 - Die genaue Platzierung des Düngers in den Wurzelbereich verhindert Auswaschung etc.
- Zeitgenaue Düngung
 - Keine Verluste von Düngern durch Düngungsmaßnahmen während Vegetationspause

4. Fertigation erspart Arbeit

- Geringe Arbeit und Kosten bei der Ausbringung
 - keine zusätzlichen Überfahrten
 - geringere Bodenverdichtung da keine schweren Maschinen im Einsatz
- Komfortabel
 - Da der Dünger mit dem Wasser ausgebracht wird muss nur bewässert werden

5. Ertragsvorteile bei ausgewählten Kulturen

Abb. 23: Ertragsvorteile der Fertigation bei ausgewählten Kulturen



Neben den oben aufgeführten Kulturen ist Fertigation eine optimale Kulturweise für eine ganze Reihe weiterer Kulturen z.B.:

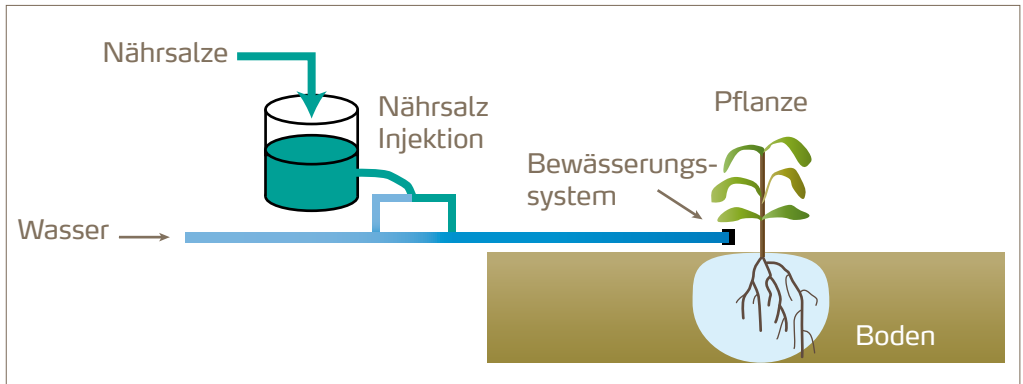
- Beerenrost allgemein
- Obst allgemein vor allem Apfel und Kirsche
- Fruchtgemüse wie Zucchini, Kohlartern
- Hopfen
- Zwiebeln

6. Nutzen der Fertigation

- Ertragsvorteile im Hinblick auf Quantität, Qualität und Gleichmäßigkeit der Bestände
- Ökonomische Vorteile: Sehr effizient, höherer Gewinn
- Ökologische Vorteile: Keine Auswaschung
- Fachlich gute Arbeitsweise
- Geringerer Krankheitsdruck (z.B. Pilzkrankheiten) durch trockenere Bestände

7. Technik

Abb. 24: Aufbau einer Fertigungsanlage mit Düngereinspeisung



Eine Tropfanlage besteht aus einer Kopfstation (Ventilgruppe) mit Absperrhähnen der Düngereinspeisung, einem Magnetventil und einem Be- und Entlüftungsventil. Von der Kopfstation geht ein Verteilrohr ab. An dieser Querverteilung sind mehreren Abgänge an denen die eigentlichen Tropfleitungen angebracht sind. Mehrere Tropfrohre sind am Ende mit einer Spülleitung und Spülventil zusammengefasst (sinnvoll zur Wartung des Systems).

11. Tabellen

11.1. Zusammensetzung wichtiger Stickstoffdünger

Produkt	Ges. N %	Nitrat-N %	Ammonium-N %	Harnstoff-N %	Andere N-Formen weitere Nährstoffe
YaraBela® NITROMAG® (Kalkammonsalpeter)	27	13,5	13,5	--	6,5 % CaO, 4 % MgO
YaraBela® SULFAN®	24	12	12	--	16,2 % SO ₃ , 12,0 % CaO
YaraBela® OPTIMAG® 24	24	12	12	--	15 % SO ₃ , 8 % MgO
YaraLiva® TROPICOTE®	15,5	14,4	1,1	--	26,3 % CaO
Ammonsulfatsalpeter	26	7,5	18,5	--	32,5 % SO ₃
Schwefelsaures Ammoniak	21	--	21	--	60 % SO ₃
Ammoniumnitrat-Harnstoff-Lösung (AHL)	28	7	7	14	---
Harnstoff	46	--	--	46	---
YaraVera® AMIDAS®	40	--	5	35	14 % SO ₃
Piamon 33-S	33	--	10	23	30 % SO ₃
Perlka (Kalkstickstoff)	19,8	1,5	--	--	enthält N als Cyanamid-N

11.2. Zusammensetzung wichtiger schwefelhaltiger Dünger

Produkt	SO ₃ %	S %	Sonstige Nährstoffe %
Ammonsulfatsalpeter	32,5	13	26 N
YaraBela® SULFAN®	16,2	6,5	24 N, 12 CaO
Piamon 33-S	30	12	33 N
Ammonsulfat	60	24	21 N
YaraBela® OPTIMAG® 24	15	6	24 N, 8 MgO

P-Dünger			
Superphosphat	30	12	18 P ₂ O ₅
P 23 (Novaphos)	22,5	9	23 P ₂ O ₅

K-Dünger			
Korn-Kali	10	4	40 K ₂ O, 6 MgO
Patentkali	42,5	17	30 K ₂ O, 10 MgO
Kaliumsulfat	45	18	50 K ₂ O

Mg-Dünger			
Kieserit	50	20	25 MgO
EPSO Top	32,5	13	16 MgO

Kalkdünger			
Granukal S	7,5	3	85 CaCO ₃

PK-Dünger			
Thomaskali 8+15+6+4S	10	4	8 P ₂ O ₅ , 15 K ₂ O, 6 MgO
Rhe-Ka-Phos 12+24 (+0+6)	15	6	12 P ₂ O ₅ , 24 K ₂ O
NPK-Dünger	5-20	2-8	N, P ₂ O ₅ , K ₂ O, MgO

11.3. Zusammensetzung wichtiger Magnesiumdünger und magnesiumhaltiger Dünger

Produkt	MgO	SO ₃ %	Magnesiumform, weitere Nährstoffe
Kieserit „fein“	27	55	Magnesiumsulfat-Monohydrat
Kieserit „gran.“	25	50	Magnesiumsulfat-Monohydrat
EPSO Top	16	32,5	Magnesiumsulfat * 7 H ₂ O
EPSO Microtop	15	30	Magnesiumsulfat 1 % B, 1 % Mn (wasserlöslich)
EPSO Combitop	13	32,5	Magnesiumsulfat 1 % Zn, 4 % Mn
Patentkali	10	42,5	Magnesiumsulfat, Kalium
YaraBela® OPTIMAG® 24	8	15	Magnesiumsulfat, Stickstoff
Stickstoffmagnesia/Stimag	7	--	Magnesiumcarbonat
Kohlensaurer Magnesiumkalk	8-17	--	Magnesiumcarbonat
Magnesium-Mischkalk	15-25	--	Magnesiumcarbonat+ Magnesiumoxid
Magnesium-Branntkalk	15-25	--	Magnesiumoxid
Konverterkalkfeucht-körnig	3	--	Magnesiumsilikat
Hüttenkalk	7	--	Magnesiumsilikat
PK-Dünger mit Magnesium	3-6	5-15	Magnesiumcarbonat+ Magnesiumsulfat
Thomaskali	3-6	7,5-10	Magnesiumsilikat+ Magnesiumsulfat
MND z.B. 12x12x17x2	2	--	Magnesiumcarbonat und oder Magnesiumsulfat

11.4. Zusammensetzung wichtiger Phosphatdünger

Produkt	P ₂ O ₅ %	Löslichkeitsform, weitere Nährstoffe, (CaO-Gehalt = theor. basisch wirks. Kalk)
Superphosphat 18	18	ammoniumcitratlösliches P ₂ O ₅ , davon ca. 93 % wasserlöslich, ca. 30 % SO ₃
Triple-Superphosphat 46	46	ammoniumcitratlösliches P ₂ O ₅ , davon ca. 93 % wasserlöslich
Diammonphosphat 18+46	46	ammoniumcitratlösliches P ₂ O ₅ , davon ca. 90 % wasserlöslich, N als NH ₄
P 23 (Novaphos)	23	mineralsäurelösliches P ₂ O ₅ , davon ca. 50 % wasserlöslich; 13 % CaO, 22,5 % SO ₃ ; teilaufgeschlossenes Rohphosphat
P 35	35	mineralsäurelösliches P ₂ O ₅ , davon ca. 87 % wasserlösliches Phosphat
Dolophos 15	15	mineralsäurelösliches Phosphat, davon 60 % in 2 %iger Ameisensäure, 65 % CaCO ₃ und 15 % MgCO ₃

11.5. Zusammensetzung wichtiger Kalidünger

Produkt	K ₂ O %	MgO %	Na %	SO ₃ %	weitere Nährstoffe
Korn-Kali mit 6 % MgO	40	6	3	10	K-Chlorid, Mg-Sulfat
60er Kali „gran.“	60	--	--	--	K-Chlorid
Magnesia-Kainit	11	5	20	10	K-Chlorid, Na-Chlo- rid, Mg-Sulfat
Kaliumsulfat „gran.“	50	--	--	45	K-Sulfat
Patentkali	30	10	--	42,5	K-Sulfat, Mg-Sulfat

11.6. Zusammensetzung wichtiger Mehrnährstoffdünger

N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	MgO %	Bemerkungen
1. PK-(Mg) - Dünger				
--	18	18	6	Der PKplus 18-18 mit 15 % SO ₃ + 15 % CaO in vielen Kulturen einsetzbar.
--	12	24	2	Der PKplus 12-24 mit 17,5 % SO ₃ + 14 % CaO reduziert das Risiko für Sulfat-Verluste durch Auswaschung.
--	18	7	3	Der PKplus 18-7 mit 27,5 % SO ₃ + 21 % CaO ist P-betont.
2. NK- Dünger				
16	--	32	--	50 % N als Nitrat
3. NP-Dünger				
19	17	--	4	YaraMila Mais mit 15 % wasserl. SO ₃ , 0,15 % Bor + 0,1 % Zink, hervorragend für die Unterfuß-Düngung.
20	20	--	--	Der YaraMila NP-Dünger mit 9 % wasserl. SO ₃ + 0,02 % Bor, eignet sich für Kulturen, die einen hohen P-Bedarf haben.
18	46	--	--	Diammonphosphat; N als NH ₄ ; P ₂ O ₅ zu 90 % wasserlöslich
4. NPK- (Mg)-Dünger				
21	6	12	--	Der YaraMila Getreide mit 9 % wasserl. SO ₃ + 0,02 % Bor ermöglicht dem Getreide einen idealen Start im Frühjahr.
24	5	5	--	Der YaraMila Starter mit 10 % wasserl. SO ₃ ist N-betont, universell einsetzbar.
15	15	15	--	Der YaraMila Universal enthält 3,7 % wasserl. SO ₃ , eignet sich besonders für Getreide-Fruchtfolgen.
16	8	16	2	Der YaraMila Universal V mit 1 % wasserl. MgO, 14,4 % wasserl. SO ₃ + 0,1 % Bor liefert alle Nährstoffe, die die Pflanzen für einen guten Start benötigen.

Die Mehrnährstoffdünger haben heute einen beachtlichen Marktanteil. Wegen der großen Zahl und Vielfalt der Düngemittel können in dieser Übersicht nicht alle Einzeldaten gebracht werden. Die Hersteller geben gerne Auskunft bei speziellen Fragen.

11.7. Kalkwerte wichtiger Düngemittel

Düngemittel	Kalkverlust bzw. -gewinn in kg CaO je 100 kg N/P ₂ O ₅ /K ₂ O Acker
Stickstoffdünger (% N)	
Schwefels. Ammoniak, SSA (21)	-299
Ammonsulfatsalpeter, ASS (26), ENTEC 26 (26)	-196
Piamon-33 S (33)	-191
Piasan-S (25/6), Alzon flüssig-S (25/6)	-142
Harnstoff, Piagran (46), Alzon 47 (47)	-100
AHL, Piasan, Alzon flüssig (28)	-100
YaraBela® SULFAN®	-87
Kalkammonsalpeter ohne MgO	-55
YaraBela® NITROMAG® (Kalkammonsalpeter mit MgO)	-48
YaraBela® OPTIMAG® 24	-92
Stickstoffmagnesia (22)	0
YaraLiva® Kalksalpeter (15,5)	+80
Kalkstickstoff (21)	+170
Phosphatdünger (% P₂O₅)	
Triple Superphosphat (46)	-6
P 35	+20
P 23	+56
Dolophos (15)	+400
NP-Dünger (% N, % P₂O₅)	
Monoammonphosphat (11/52)	-336
NP-Lösung (10/34)	-250
Diammonphosphat (18/46)	-210
NP-Dünger (19/17 +4MgO +15SO ₃)	-154
NP-Dünger (26/14) 18.23	-54
NPK-Dünger (% N, % P₂O₅, % K₂O)	
6/12/18	-183
12/12/17	-108
15/15/15	-93
21/6/12 +10SO ₃	-100
20/8/8	-96
13/13/21	-92
ENTEC avant (12+7+16(+4+5))	-66
PK-Dünger (% P₂O₅, % K₂O)	
PK 14+14+4 MgO	+35
PK 12+24	+42
Thomaskali 10+15+4 MgO+7,5SO ₃	+240
Thomaskali 7+21+4 MgO+7,5SO ₃	+285
Alle Kalium- und Magnesiumeinzeldünger	0

11.8. Mittlere Nährstoffgehalte in Wirtschafts- und Sekundärrohstoffdüngern

Die Düngewirkung von organischen Düngern ist nach Düngerart, Anwendungszeitpunkt und in Abhängigkeit der Kultur sehr unterschiedlich. Jauche, Gülle und Gärsubstrate weisen hohe Anteile an Ammonium-N auf, die bei optimaler Terminierung zu 100 % düngewirksam werden. Die N-Verfügbarkeit von Geflügelkot, Mist und Kompost nimmt von ca. 50 % in dieser Reihenfolge bis ca. 5 % vom Gesamt-N-Gehalt ab.

Dünger	Nährstoffe (kg/t bzw. kg/m ³)											
	Gesamt-N		davon NH ₄		P ₂ O ₅		K ₂ O		MgO		CaO	
	Ø	Schwankungs- bereich	Ø	Schwankungs- bereich	Ø	Schwankungs- bereich	Ø	Schwankungs- bereich	Ø	Schwankungs- bereich	Ø	Schwankungs- bereich
Festmist												
Rindermist	5,6	5,0 - 6,1	0,9	0,4-1,3	3,5	2,7-4,3	9,7	6,9-12,5	1,8	1,4-2,2	5,3	3,5-7,0
Schweinemist	8,0	6,0-10,0	1,4	0,5-2,3	5,5	4,0-7,0	5,1	3,0-7,2	2,5	2,0-3,0	4,5	4,0 -5,0
Schafmist	6,9	4,7-9,0	1,6	0,5-2,7	4,1	2,8-5,4	13,3	7,0-19,5	2,5	1,8-3,2	3,5	
Pferdemist	5,3	4,0-6,5	1,0	0,5-1,4	3,4	3,0-3,8	8,5	6,0-10,9	2,5	1,0-4,0	3,0	
Putenmist	19,6	14,4-24,8	6,1	4,7-7,4	19,4	17,7-21,0	18,9	14,8-22,9	4,9	4,8-5,0	19,0	18,0-20,0
Hähnchenmist	22,5	17,0-28,0	5,0	2,5-7,4	15,5	10,0-21,0	16,5	10,0-23,0	4,65	3,3-6,0	31,5	21,0-42,0
Hühnermist	22,8	17,5-28,0	8,0	7,1-8,8	19,5	15,0-24,0	19,3	15,5-23,0	5,25	4,5-6,0	17,9	13,8 - 22
Geflügelkot												
Hühnerfrischkot	15,1	13,0-17,1	4,5	3,0-6,0	9,5	8,0-10,9	7,7	7,0-8,3	3,0	2,0-4,0	23,5	21,0-26,0
Hühnertrockenkot	26,3	24,0-28,6	10,4	9,8-10,9	20,0	17,0-23,00	17,1	14,0-20,1	6,35	5,0-7,7	49,1	42,0-56,0
getr. Hühnerkot	32,1		11,0		30,9		21,8		7,9		90,1	
Gülle												
Milchvieh-Rindergülle	3,7	3,5-3,9	1,9	1,7-2,1	1,6	1,4-1,7	4,9	3,9-5,8	0,9	0,8-1,0	1,6	
Bullengülle	4,2	3,8-4,5	2,2	1,9-2,5	1,9	1,6-2,1	4,6	4,0-5,2	1,0	0,9-1,1	1,4	
Kälbergülle	3,3	3,3 -	2,5		1,5		4,2		0,6			

Wir empfehlen, die eigenen Wirtschaftsdünger regelmäßig auf die Nährstoffgehalte zu untersuchen. So wird ein organischer Dünger besser eingeschätzt und es kommt nicht zu einer Fehlplanung (z.B. überschätzter Nährstoffgehalt aus dem Richtwert und damit geringere Gesamtdüngungshöhe).

Dünger	Nährstoffe (kg/t bzw. kg/m ³)											
	Gesamt- N		davon NH ₄		P ₂ O ₅		K ₂ O		MgO		CaO	
	Ø	Schwankungsbereich	Ø	Schwankungsbereich	Ø	Schwankungsbereich	Ø	Schwankungsbereich	Ø	Schwankungsbereich	Ø	Schwankungsbereich
Mastschweinegülle	4,2	2,7-5,6	3,1	1,9-4,2	2,2	1,5-2,8	2,9	2,0-3,8	1,05	0,8-1,3	1,7	0,8-2,5
Sauengülle	3,4	2,9-3,9	2,5	2,0-2,9	2,1	1,9-2,3	2,3	2,0-2,5	0,95	0,6-1,3	1,6	0,8-2,3
Ferkelgülle	4,6		3,3		2,4		3,0		1,0			
Mischgülle	3,9	3,7-4,0	2,6	2,5-2,6	1,8	1,7-1,8	3,6	3,2-4,0	0,85	0,7-1,0	2,7	
Hühnergülle	8,8	8,4-9,2	6,0	5,4-6,5	6,5	5,9-7,0	4,7	4,3-5,0	1,55	1,3-1,8	11,8	8,5-15,0
Jauche												
Rinderjauche	2,2	1,2-3,2	2,1	1,0-3,1	0,2	0,15-0,3	6,0	4,0-8,0	0,15	0,1-0,2	0,5	
Schweinejauche	3,4	2,8-4,0	2,9	2,1-3,6	0,2	0,1-0,3	3,3	3,0-3,6	0,15	0,1-0,2	0,5	
sonst, organische Dünger												
Championerde	7,4		0,2		4,7		6,0		2,0		30,0	
Grünschnittkompost	7,1		0,2		3,1		6,1		4,6		25,0	
Grün-/ Biokompost	9,3	6,6-12,0	0,4	0,1-0,6	4,5	3,9-5,1	6,6	5,1-8,0	6,1	4,3-7,9	24,1	8,2-40,0
Klärschlamm flüssig	2,0	1,3-2,7	0,7	0,3-1,1	1,9	1,2-2,5	0,3	0,2-0,3	0,4	0,3-0,4	2,5	1,0-3,9
Klärschlamm stichfest	7,8	6,0-9,5	1,1	1,0-1,2	12,9	10,00-15,8	0,9	0,8-1,0	3,2	2,4-4,0	69,3	55,5-83,1
Kartoffelschlempe	3,5	2,8-4,1	0,1		1,2	1,1-1,2	4,8		0,7	0,5-0,8	2,0	

Quelle: Landwirtschaftliches Wochenblatt Westfalen-Lippe 28/2007, verändert nach Wirtschaftsdünger und Gewässerschutz, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 02.2009, tll, 2007, Richtwerte für die Untersuchung und Beratung sowie zur fachlichen Umsetzung der Düngeverordnung, LVF Brandenburg (2008), Information zur Düngung, LAD Bayern (2006), Richtwerte für die Düngung 19. Auflage 2006, LLH-Hessen, Nährstoffwertrechner http://www.llh-hessen.de/landwirtschaft/pflanzenbau/gw/gw_wod.php, Stand September 2009.

Tab. 11: Mindestwerte für die Ausnutzung des Stickstoffs aus organischen oder organisch-mineralischen Düngemitteln im Jahr des Aufbringens, die aus folgenden Ausgangsstoffen bestehen

Ausgangsstoff des Düngemittels	Mindestwirksamkeit im Jahr des Aufbringens in % des Gesamtstickstoffgehaltes
Rindergülle Ackerland	60
Rindergülle Grünland	50
Schweinegülle Ackerland	70
Schweinegülle Grünland	60
Rinder-, Schaf- und Ziegenfestmist	25
Schweinefestmist	30
Hühnertrockenkot	60
Geflügel- und Kaninchenfestmist	30
Pferdefestmist	25
Rinderjauche	90
Schweinejauche	90
Klärschlamm flüssig (< 15 % TM)	30
Klärschlamm fest (≥ 15 % TM)	25
Pilzsubstrat	10
Grünschnittkompost	3
Sonstige Komposte	5
Biogasanlagengärrückstand flüssig Ackerland	60
Biogasanlagengärrückstand flüssig Grünland	50
Biogasanlagengärrückstand fest	30

Es sind diese Mindestwerte oder der Ammoniumgehalt als wirksamer N-Anteil im Jahr des Aufbringens anzurechnen.

Quelle: DüV, Mai 2020

11.9. Nährstoffgehalte von Haupt- und Zwischenfrüchten

Tab. 12: Nährstoffgehalte von Haupt- und Zwischenfrüchten

Hauptfrucht	Ernteprodukt	Nährstoffgehalt kg/dt Frischmasse				Rohprotein % in TS	HNW 1:x ²⁾		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO				
Winterweizen	Korn (86 %)	1,81	0,8	0,6	0,2	12	0,8		
	Stroh (86 % TS)	0,5	0,3	1,4	0,2				
	Korn+Stroh ¹⁾	2,21	1,04	1,72	0,36				
		Korn (86 % TS)	2,11	0,8	0,6	0,2	14	0,8	
		Stroh (86 % TS)	0,5	0,3	1,4	0,2			
		Korn+Stroh ¹⁾	2,51	1,04	1,72	0,36			
			Korn (86 % TS)	2,41	0,8	0,6	0,2	16	0,8
			Stroh (86 % TS)	0,5	0,3	1,4	0,2		
			Korn+Stroh ¹⁾	2,81	1,04	1,72	0,36		
Wintergerste	Korn (86 % TS)	1,65	0,8	0,6	0,2	12	0,7		
	Stroh (86 % TS)	0,5	0,3	1,7	0,1				
	Korn+Stroh ¹⁾	2,0	1,01	1,79	0,27				
		Korn (86 % T S)	1,79	0,8	0,6	0,2	13	0,7	
		Stroh (86 % TS)	0,5	0,3	1,7	0,1			
		Korn+Stroh ¹⁾	2,14	1,01	1,79	0,27			
Roggen	Korn (86 % TS)	1,51	0,8	0,6	0,1	11	0,9		
	Stroh (86 % TS)	0,5	0,3	2,0	0,2				
	Korn+Stroh ¹⁾	1,96	1,07	2,4	0,28				
		Korn (86 % TS)	1,65	0,8	0,6	0,1	12	0,9	
		Stroh (86 % TS)	0,5	0,3	2,0	0,2			
		Korn+Stroh ¹⁾	2,1	1,07	2,4	0,28			
Wintertriticale	Korn (86 % TS)	1,65	0,8	0,6	0,2	12	0,9		
	Stroh (86 % TS)	0,5	0,3	1,7	0,2				
	Korn+Stroh ¹⁾	2,1	1,07	2,13	0,38				
		Korn (86 % TS)	1,79	0,8	0,6	0,2	13	0,9	
		Stroh (86 % TS)	0,5	0,3	1,7	0,2			
		Korn+Stroh ¹⁾	2,24	1,07	2,13	0,38			
Sommerfuttergerste	Korn (86 % TS)	1,65	0,8	0,6	0,2	12	0,8		
	Stroh (86 % TS)	0,5	0,3	1,7	0,1				
	Korn+Stroh ¹⁾	2,05	1,04	1,96	0,28				
		Korn (86 % TS)	1,79	0,8	0,6	0,2	13	0,8	
		Stroh (86 % TS)	0,5	0,3	1,7	0,1			
		Korn+Stroh ¹⁾	2,19	1,04	1,96	0,28			

1) Nährstoffgehalt Haupternte- und Nebenernteprodukt bezogen auf das Haupternteprodukt

2) Haupternteprodukt-Nebenernteprodukt-Verhältnis (z.B. Korn-Stroh-Verhältnis)

Hauptfrucht	Ernteprodukt	Nährstoffgehalt kg/dt Frischmasse				Rohprotein % in TS	HNV 1:x ²⁾
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO		
Braugerste	Korn (86 % TS)	1,38	0,8	0,6	0,2	10	0,7
	Stroh (86 % TS)	0,5	0,3	1,7	0,1		
	Korn+Stroh ¹⁾	1,73	1,04	1,96	0,28		
	Korn (86 % TS)	1,51	0,8	0,6	0,2	11	
	Stroh (86 % TS)	0,5	0,3	1,7	0,1		
	Korn+Stroh ¹⁾	1,86	1,04	1,96	0,28		
Raps	Korn (91 % TS)	3,35	1,8	1,0	0,5	23	1,7
	Stroh (86 % TS)	0,7	0,35	2,35	0,41		
	Korn+Stroh ¹⁾	4,54	2,4	5,0	1,2		
Körnermais	Korn (86 % TS)	1,38	0,8	0,5	0,2	10	1,0
	Stroh (86 % TS)	0,9	0,2	2,0	0,4		
	Korn+Stroh ¹⁾	2,28	1,0	2,5	0,6		
	Korn (86 % TS)	1,51	0,8	0,5	0,2	11	
	Stroh (86 % TS)	0,9	0,2	2,0	0,4		
	Korn+Stroh ¹⁾	2,41	1,0	2,5	0,6		
Kartoffel	Knolle (22 % TS)	0,35	0,14	0,6	0,04		0,2
	Kraut (15 % TS)	0,2	0,04	0,36	0,08		
	Knolle+Kraut ¹⁾	0,39	0,15	0,67	0,06		
Zuckerrübe	Rübe (23 % TS)	0,18	0,1	0,25	0,08		0,7
	Blatt (18 % TS)	0,4	0,11	0,71	0,1		
	Rübe+Blatt ¹⁾	0,46	0,18	0,75	0,15		
Silomais	Ganzpflanze	0,38	0,16	0,45	0,09		

1) Nährstoffgehalt Haupternte- und Nebenernteprodukt bezogen auf das Haupternteprodukt

2) Haupternteprodukt-Nebenernteprodukt-Verhältnis (z.B. Korn-Stroh-Verhältnis)

Quelle: Düngeverordnung 2007/2017

Tab. 13: Grundnährstoffbedarf ausgesuchter Gemüsekulturen im Freiland

Kultur	Aufwuchs FM dt/ha	Feldabfuhr Mittel dt/ha	Nährstoffbedarf kg/ha			
			N- Bedarfwert*	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Blumenkohl	1000	400	280	100	360	20
Chinakohl	1200	700	180	108	360	24
Eissalat	800	600	112	50	240	16
Kopfsalat	600	500	108	42	220	12
Möhre (Waschmöhre)	900	700	117	75	380	18
Weißkohl (Industrie)	1500	1000	300	73	312	25
Zwiebel (Trocken- speisezwiebel)	750	600	135	60	180	15

Quelle: Verändert nach M. Fink et al: AG Düngung, Stand Jan.2000; Gartenbauliche Berichte Heft Nr. 4, Hrg.: M. Fink (2001)

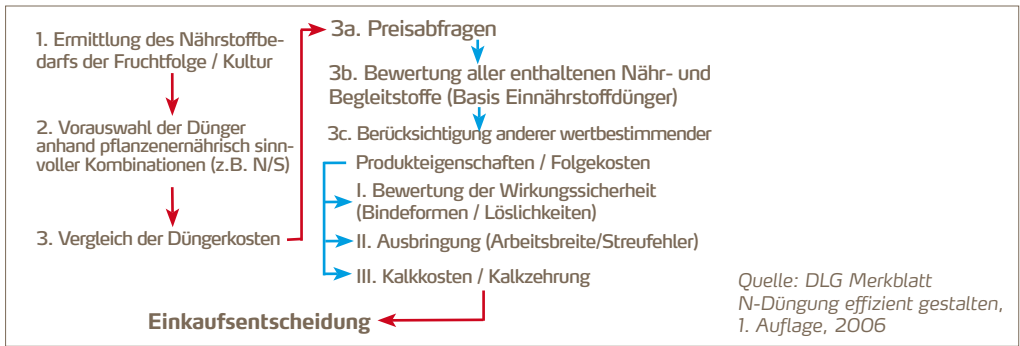
* N_{min}-Sollwerte zu Kulturbeginn ohne Berücksichtigung der Nettomineralisierung

12. Preisvergleiche

12.1. Vorgehensweise bei Preisvergleichen

Voraussetzung für einen gezielten und preiswerten Einkauf der Nährstoffe ist eine detaillierte Düngeplanung (Abbildung 24). Erst wenn genau bekannt ist, welche Nährstoffe insgesamt appliziert werden müssen, kann über die Auswahl der in Frage kommenden Düngemittel eine Entscheidung getroffen werden.

Abb. 25: Düngeplanung und Einkaufsentscheidung treffen



- Berücksichtigung von vorhandenen Wirtschafts- und Sekundärrohstoffdüngern
- Zeitpunkt der effizientesten Ausnutzung der ausgebrachten Nährstoffe
- Nährstoffverhältnisse in den Düngemitteln
—> Auswahl der in Frage kommenden Dünger eingrenzen

Düngerkosten vergleichen

Den Preis eines Stickstoffdüngers einfach durch den N-Gehalt zu dividieren, ist nur bei Produkten möglich, die sich lediglich im N-Gehalt unterscheiden. Begleitnährstoffe und sonstige Wert bestimmende Produkteigenschaften müssten identisch sein. Bei unterschiedlichen Produkten müssen weitere Faktoren berücksichtigt werden, um eine exakte Kosten/Nutzen-Rechnung durchzuführen:

- Kostenreduzierung durch Einsparung von Überfahrten
- Erzielbare Mehrerträge durch effizientere Nährstoffausnutzung

Zunächst müssen alle im Dünger enthaltenen Nährstoffe monetär bewertet werden. Dies ist bei Einnährstoffdüngern wie Harnstoff, AHL oder KAS ohne Magnesium recht einfach durchzuführen. Bei kombinierten Düngern, wie N-S-Düngern oder gar Mehrnährstoffdüngern (z.B. NPK+Mg+S) kann der Wert der einzelnen Nährstoffe aus Einzelnährstoffdüngern berechnet werden. Schwieriger ist die Kalkulation von Nährstoffen, wie z.B. Magnesium oder Schwefel, die selbst nicht in Einnährstoffdüngern vorkommen, sondern in Kombination mit anderen Nährstoffen vorliegen. Hier müssen zur Bewertung dann mehrere Rechenschritte erfolgen (siehe 11.2).

12.2. Preisberechnung aus Einzelkomponenten

Wenn man einzelne Nährstoffe anhand aktueller Düngerpreise bewerten will, muss man folgende Dinge beachten:

- nur gleich wirkende Nährstoffformen in verschiedenen Düngemitteln sind im Preis gleich anzusetzen (Bsp.: Harnstoff und Ammonnitrat nicht direkt vergleichbar)
- Angabe der Nährstoffverbindung ist zu beachten (P oder P_2O_5 → Umrechnungsfaktoren verwenden!)

Rechenbeispiel:

Wie ermittelt man den S-Preis in einem ASS?

ASS 26:26 % N als Ammonnitrat → Basis ist KAS-Preis ³⁾

13 % S als Sulfat

1. N-Preis ermitteln:

KAS-Preis zu Grunde legen, da gleiche N-Form wie in ASS

Düngerpreis KAS/27 % = Preis je kg N_{KAS} → 20,40 €/dt / 27 % = 0,755 €/kg $N^{4)}$

2. S-Preis herausrechnen:

(Düngerpreis ASS - (26 x Preis je kg N_{KAS}))/13 % S = Preis je kg Sulfat-S

→ (22,90 €/dt - (26 % x 0,755 €/kg))/13 % S = 0,252 €/kg Sulfat-S

³⁾ KAS ohne MgO , ⁴⁾ KAS-Preis aus www.agrarheute.de, 02.08.2018

Tab. 14: Dünger als Basis zu Ermittlung der Nährstoffpreise, in der Reihenfolge für die Berechnung

Düngemittel	Nährstoffgehalt	Nährstoffform	Basis für...
KAS 27	27 % N	Ammonnitrat	N-Preis von Nitrathaltigen Düngern
Harnstoff	46 % N	Harnstoff	N-Preis von Harnstoff- und NH_4 -haltigen Düngern
Kieserit	25 % MgO 20 % S	Magnesiumsulfat	MgO -Preis in MgO -haltigen Düngern
ASS	26 % N 13 % S	Ammonnitrat Sulfat (SO_4)	S-Preis für Sulfat-Schwefel
60er Kali	60 % K_2O	Kaliumchlorid	Kalipreis
DAP	18 % N 46 % P_2O_5	Ammonium-phosphat (vollaufg.)	P-Preis ermitteln: N-Preis z.B. aus Harnstoff einsetzen

Für die Berechnung einer Nährstoffkomponente muss die Nährstoffreferenz die gleiche Nährstoff-Form haben (z.B. NPK: N-Preis aus KAS, DAP: N-Preis aus Harnstoff).

12.3. Warenbegleitpapier

Beim Kauf von Dünger wird dem Landwirt ein Warenbegleitpapier ausgehändigt. Dieses Papier muss die folgenden Angaben enthalten:

Abb. 26: Warenbegleitpapier eines Mehrnährstoffdüngers, aus dem sämtliche für den Landwirt relevanten Informationen hervorgehen



- Düngemitteltyp
- Nährstoffgehalt
- Nährstoffformen
- Erst-Inverkehrbringer (Hersteller)
- Hinweise zur Lagerung

Hinweis zur Schwefeldeklaration:

Schwefel kann sowohl in Elementform (S) als auch in Oxidform (SO_3) deklariert werden. Da die Düngungsempfehlungen i.d.R. in Elementform angegeben werden, muss eine Umrechnung von der Oxid-Form in die Elementform vorgenommen werden.

Der Umrechnungsfaktor ist 0,4:
 $12,5 \% \text{SO}_3 \times 0,4 = 5 \% \text{S}$

13. Düngeverordnung (DüV)

Düngeverordnung – Stand Mai 2021

1. Dokumentationspflichten
2. Bestimmungen in den Nitrat- und Phosphat-Kulissen
3. Vorschriften zur Ermittlung des Stickstoff-Bedarfs
4. Auflagen zur Anwendung von Stickstoff- und Phosphathaltigen Düngemitteln (Sperrfristen)
5. Sonstige Bestimmungen

1. Dokumentationspflichten

- Düngebedarfsermittlung für Stickstoff und Phosphor vor Düngungsbeginn:
 - Vor der Herbsdüngung.
 - Spätestens im Frühjahr vor der ersten Anwendung.
- Betrieblicher Gesamt-Nährstoffbedarf bis 31. März des Folgejahres.
- Betrieblicher Gesamt-Nährstoffeinsatz bis 31. März des Folgejahres.
- Stoffstrombilanz bei Tierhaltung, Zukauf organischer Düngemittel, ab 2025 grundsätzlich.
- Dokumentation jeder einzelnen Düngergabe:
 - Spätestens zwei Tage nach jeder Düngungsmaßnahme
 - Aufzeichnungspflicht zu Schlagname, -größe, Art und Menge des Nährstoffträgers, aufgebrauchte Menge an Stickstoff (Gesamt-N, verfügbarer N) und P_2O_5 .
 - Bei Beweidung sind am Ende der Weideperiode Weidetage, Tierart und -zahl aufzuzeichnen.

2. Bestimmungen für Nitrat- und Phosphatbelastete Gebiete

Mit der Ausweisung der nitratbelasteten Gebiete (Rote Gebiete) wurden sieben bundesweit verbindlich vorgeschrieben Anforderungen festgelegt, die die Bewirtschafter einhalten müssen. Zusätzlich müssen die Bundesländer weitere Maßnahmen in den festgelegten Nitrat- und Phosphat-Gebieten ausweisen, die über die Grundanforderungen hinausgehen.

Tab. 15: Maßnahmen in der Nitrat-Kulisse	Geltungsbereich
Reduzierung des ermittelten Stickstoff-Düngebedarfs um 20 % im Durchschnitt der in den belasteten Gebieten liegenden Flächen des Betriebes (Ausnahmeregelung: max. 160 kg Gesamt-N/ha mit max. 80 kg Mineraldünger-N/ha)	Alle BL
Schlagbezogene Obergrenze von 170 kg Stickstoff/ha und Jahr für die Aufbringung von organischen Düngemitteln	Alle BL
Erweiterung der Sperrzeit für die Düngung auf Grünland, mehrjährigem Feldfutter mit Gülle, Jauche, Gärprodukten (1. Okt. bis 31. Jan.)	Alle BL
Erweiterung der Sperrzeit für das Aufbringen von Festmist von Huf- oder Klautieren sowie von Kompost (1. November bis 31. Januar)	Alle BL
Verbot der Stickstoffdüngung von Wintergerste, Zwischenfrüchten und Winterraps im Herbst (mit Ausnahmeregelungen)	Alle BL
Beschränkung der Aufbringungsmenge auf Grünland, mehrjährigem Feldfutter mit Gülle, Jauche, Gärprodukte auf 60 kg Stickstoff/ha ab dem 1. September bis zum Beginn der Sperrzeit	Alle BL
Verpflichtender Zwischenfruchtanbau im Herbst als Vorauss. für die Stickstoffdüngung von Sommerkulturen im folgenden Frühjahr.	Alle BL
Vorgaben zur Berücksichtigung des verfügbaren Boden-Stickstoffgehaltes	BW, BY, SN, TH, BB, RP, MV
Regeln zur Analyse von Wirtschaftsdünger und deren Meldung	BW, BY, BB
Verpflichtende Analyse der Wirtschaftsdünger	HE, MV, NW, SL, SN, SA, SH, TH, RP, BW
Auf Ackerland darf max. 130 kg Gesamt-N je ha und Jahr aus organischen und organisch-mineralischen Düngemitteln aufgebracht werden (ausgenommen: Festmist von Huf- oder Klautieren und Kompost)	HE
Erhöhung der Mindestwerte für die Ausnutzung des Stickstoffs aus organischen oder organisch-mineralischen Düngemitteln zu Hackfrüchten (ausgenommen Kartoffeln) und Mais	NI
Auflagen zur Einarbeitung von (flüssigen) Wirtschaftsdüngern (unverzöglich oder innerhalb einer Stunde)	NI, SH, TH
Anlage einer Untersaat auf Maisflächen bei Ernte nach dem 1. Oktober und nachfolgender Sommerung	NI
Einschränkung der Bodenbearbeitung im Weinbau	RP
Sperrzeitenverlängerung für die Ausbringung stickstoffhaltiger Düngemittel zu Gemüse, Erdbeeren und Beerenobst (nur bis Ablauf 1.11.)	SA
Digitale Meldepflicht	NI
Verpflichtung zur Teilnahme an einer Dünge-schulung (alle drei Jahre)	NW, SH
Verschärfung der Bagatellgrenze (auch kleinere Betriebe betroffen)	SL

Tab. 16: Maßnahmen in der Phosphat-Kulisse	Geltungsbereich
Regeln zur Analyse von Wirtschaftsdüngern und deren Meldung	BW, RP, HE, NW, SA, TH
Verpflichtende Phosphat-Bodenuntersuchung zur Ermittlung des Düngebedarfs alle sechs Jahre	RP
Erweiterte Abstände zu Oberflächengewässern (Gewässerabstände)	BW, BY, HE, NI
Reduzierte Phosphat-Düngung auf hoch und sehr hoch versorgten Standorten (ausdifferenziert nach Humusgehalt des Standortes)	NI
Sommerungen dürfen nur mit Phosphat gedüngt werden, wenn zuvor eine Zwischenfrucht angebaut und diese bis 15. Januar nicht umgebrochen und nicht bearbeitet wurden.	BY
Ganzjährige Begrünung landwirtschaftlich genutzter Flächen in einem Streifen von 5 m entlang von Gewässern.	TH
Verlängerung der Sperrfrist für Phosphat-haltige Düngemittel	NI, SA
Digitale Meldepflicht	NI
Verpflichtung zur Teilnahme an einer Dünge­schulung (alle drei Jahre)	NW
Keine eigene Kulisse ausgewiesen	MV, SL, SN, SH, BB

3. Die Düngebedarfsermittlung

- Basis ist das tatsächliche Ertragsniveau der angebauten Kulturen der vergangenen 5 Jahre.
- Anrechnung der Herbstdüngung zu Winterraps, Wintergerste beim Stickstoff-Bedarf im folgenden Frühjahr.
- nachträgliche Erhöhung des ermittelten Düngebedarfs um maximal 10 %.
- Vorgaben zur Mindestwirksamkeit von organischen Düngemitteln.
- Stickstoff-Obergrenze beim Einsatz von organischen Düngemitteln = 170 kg/ha Gesamt-N im Betriebsdurchschnitt.

Zu- und Abschläge für

- Abweichung des durchschnittlichen Ertrages vom Standardertrag nach DüV
- Mineralische Stickstoffmenge im Boden (N_{\min})
- Stickstoff-Herbstdüngung zu Winterraps und Wintergerste
- Stickstoff-Nachlieferung aus dem Bodenvorrat
- Stickstoff-Nachlieferung aus der organischen Düngung des Vorjahres (10 %)
- Stickstoff-Nachlieferung aus Vor- und Zwischenfrucht
- Fleece-Abdeckung bei Gemüse

Tab. 17: Stickstoffbedarfswert der Kulturen laut Düngeverordnung und Zu- oder Abschlag

Kultur	Ertragsniveau	Bedarfswert	Zu-/Abschlag
	dt/ha	kg N/ha	
Winterraps	40	200	(5 dt) 10/15
Winterweizen A, B	80	230	(10 dt) 10/15
Winterweizen C	80	210	(10 dt) 10/15
Winterweizen E	80	260	(10 dt) 10/15
Wintergerste	70	180	(10 dt) 10/15
Winterroggen	70	170	(10 dt) 10/15
Wintertriticale	70	190	(10 dt) 10/15
Sommergerste	50	140	(10 dt) 10/15
Hafer	55	130	(10 dt) 10/15
Körnermais	90	200	(10 dt) 10/15
Silomais	450	200	(50 dt) 10/15
Zuckerrübe	650	170	(100 dt) 10/15
Kartoffel	450	180	(50 dt) 10/15
Frühkartoffel	400	180	(50 dt) 10/15

Tab. 18: Stickstoff-Düngebedarfsermittlung am Beispiel von Winterweizen, Wintergerste, Winterraps und Silomais

Frucht	Ertrag 5j. MW* dt/ha	N-Soll- wert kg N/ha	Abzug von			Herbst- N wirk- samer N kg/ha	N-Dün- gung Frühjar kg N/ha
			N _{min} kg N/ ha	VF*- Wert kg N/ha	10% oD* Vorjahr kg N/ha		
A/B Weizen	80	230	40	10	14	-	166
Wintergerste	70	180	30	-	-	30	120
Winterraps	40	200	30	-	-	30	140
Silomais	450	200	60	-	14	-	126

* MW = Mittelwert, VF = Vorfrucht, oD = organische Düngung

Zusätzliche Auflagen in der Nitrat-Kulisse müssen beachtet werden
(z. B. -20 % N-Regel)

4. Sperrfristen und allgemeine Auflagen

Tab. 19: Sperrfristen für Düngemittel mit einem wesentlichen Gehalt an Stickstoff

Normale Gebiete				
Kultur	Aussaat bis	NH ₄ -N/N-Ges.	Frist ab	Frist bis
Winterraps	15.9.	30 / 60	1.10.	31.1.
Wintergerste	1.10.	30 / 60	1.10.	31.1.
2. Frucht mit Ernte		N-Bedarfsermittlung	Ernte	31.1.
2. Frucht Ernte Folgejahr	15.9.	30 / 60	1.10.	31.1.
Zwischenfrucht ohne Ernte	15.9.	30 / 60	1.10.	31.1.
Mehrjähriges Feldfutter	15.5.	40 / 80	1.9. – 31.10.	31.1.
Grünland		40 / 80	1.9. – 31.10.	31.1.

Tab. 19: Sperrfristen für Düngemittel mit einem wesentlichen Gehalt an Stickstoff

Rote Gebiete				
Kultur	Aussaat bis	NH ₄ -N/N-Ges.	Frist ab	Frist bis
Winterraps	15.9.	30 / 60	1.10., wenn N _{min} 0-30 cm < 45 kg/ha	31.1.
Wintergerste				
2. Frucht mit Ernte		N-Bedarfsermittlung	Ernte (2.10.)	31.1.
2. Frucht Ernte Folgejahr				
Zwischenfrucht ohne Ernte				
Mehrjähriges Feldfutter	15.5.	30 / 60	1.9. – 30.9.	31.1.
Grünland		30 / 60	1.9. – 30.9.	31.1.

- Verschiebung der Sperrfrist auf Grünland und mehrjährigen Feldfutterbau möglich.
- In den roten Gebieten gilt eine Sperrfrist für Festmist und Kompost vom 1. November bis 31. Januar.

Sperrfrist für Düngemittel mit einem wesentlichen Gehalt an Phosphor

In der Zeit vom 1. Dezember bis zum Ablauf des 15. Januars dürfen Düngemittel mit wesentlichem Gehalt an Phosphat (> 0,5% Phosphat in der Trockenmasse) auf keiner Fläche aufgebracht werden. Auflagen der Bundesländer müssen beachtet werden (vgl. Punkt 2).

N/P-Düngung - Allgemeine Ausbringungsregeln

- Kein direkter Eintrag und kein Abschwemmen:
 - in oberirdische Gewässer,
 - auf benachbarte Flächen.
- Keine Düngung auf überschwemmten, wassergesättigten, gefrorenen oder schneebedeckten Böden.

Tab. 20: Bewirtschaftungsregeln ab Mai 2020 für an Gewässer grenzende Ackerflächen (§ 5 1= sowie der Änderung von § 38 a des Wasserhaushalts-Gesetzes (WHG, 2009)

Hangneigung	0 % bis < 5 %	5 % bis < 10 % innerhalb von 20 m	10 % bis < 15 % innerhalb von 20 m	15 % und größer innerhalb von 30 m
Düngeverbot	4 m; 1 m; sofern Streubreite Arbeitsbreite entspricht	3 m	5 m	10 m
ganzjähriger be- grünter Streifen		5 m	5 m	5 m
Abstand/Dün- gung mit Aufla- gen		5 bis 20 m		10 bis 30 m
Gabenteilung			maximale Einzelgabe 80 kg N _{ges} / ha	
Zusätzliche Auflagen Acker				
unbestellt		sofortige Einarbeitung		sofortige Einarbeitung auf gesamter Ackerfläche
bestellt		Reienkultur ab 45 cm Reihenabstand nur bei entwickelter Untersaat oder sofortiger Einarbeitung Ohne Reienkultur (= Reihenabstand kleiner als 45 cm) nur bei hinreichender Bestandsentwicklung Verfahren mit Mulch- oder Direktsaat		

5. Sonstige Auflagen

Harnstoff darf ab 2020 nur noch mit Ureasehemmstoff aufgebracht werden oder muss innerhalb von vier Stunden eingearbeitet werden.

Flüssige organische Düngemittel dürfen nur noch streifenförmig ausgebracht oder müssen direkt in den Boden eingebracht werden (auf Grünland und Feldgras ab 2025).

Lagerkapazitäten für Wirtschaftsdünger und Gärrückstände

... Mindestens neun Monate für flüssige Wirtschaftsdünger, wenn der Triebatz größer als 3 GV/ha ist oder keine eigene Aufbringflächen vorhanden sind,

... Mindestens zwei Monate für Festmist oder eigenen Kompost.

6. Nützliche Links zur Düngeverordnung

Düngegesetz: https://www.gesetze-im-internet.de/d_ngg/

Düngeverordnung: https://www.gesetze-im-internet.de/d_v_2017/index.html

BMEL: <https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/pflanzenbau/ackerbau/duengung.html>

IVA: <https://www.iva.de/>

VDLUFA: <https://www.vdlufa.de/>

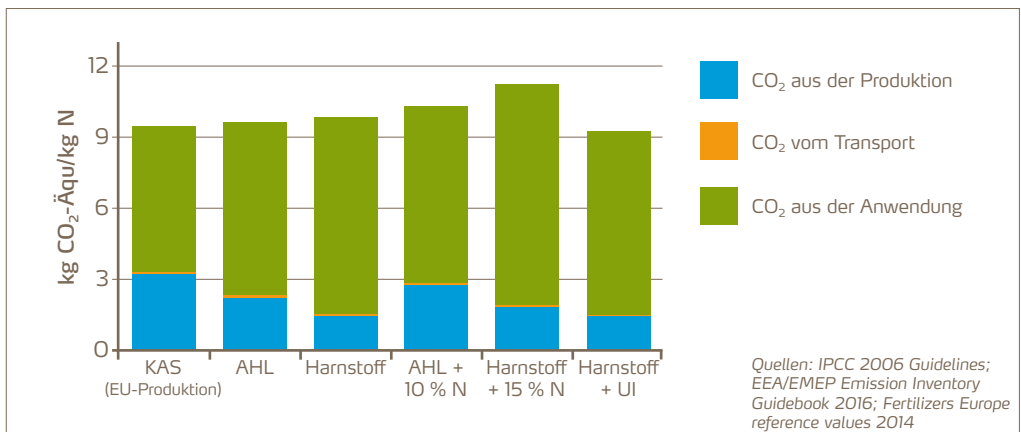
14. Düngung und Klimaschutz

Der Klimawandel ist eines der dringendsten Probleme unserer Zeit. Landwirte sind dabei doppelt gefordert: als Betroffene aber auch als wichtige Teilhaber an langfristigen Lösungen. Stickstoffdünger sind in diesem Zusammenhang von besonderer Bedeutung.

14.1. CO₂ Fußabdruck von Düngemitteln

Im Pflanzenbau verursachen Produktion, Transport und Anwendung von mineralischen Stickstoffdüngern einen Großteil der Treibhausgase (THG), insbesondere von Kohlendioxid (CO₂) und Lachgas (N₂O). Diese Gase fördern die Erderwärmung. Gleichzeitig erhöhen Düngemittel aber die Produktivität der Landwirtschaft und stimulieren die CO₂-Aufnahme durch Pflanzen. Um die Auswirkungen von Düngemitteln auf das Klima zu erfassen, müssen die Emissionen und Absorptionen von THG in allen „Lebensphasen“ eines Düngers bestimmt werden. Mit dieser „Lebenszyklusanalyse“ kann nicht nur der sog. CO₂-Fußabdruck eines Produkts bestimmt werden, sondern auch, wie er verringert werden könnte. Neben einer Optimierung der Düngemittelproduktion und der Effizienzsteigerung bei der Düngermanwendung kann vor allem die Erhaltung natürlicher CO₂-Speicher (wie z. B. Wälder, Moore) aktiv zum Klimaschutz beitragen. Als Stickstoffdünger sind Nitratdünger wie Kalkammonsalpeter (KAS) aus EU-Produktion zu bevorzugen, da diese über den gesamten Lebenszyklus einen geringeren CO₂-Fußabdruck aufweisen als Harnstoff oder AHL (siehe Abb. 27). Auch Harnstoff mit Ureaseinhibitoren haben hinsichtlich dieses CO₂-Fußabdrucks keinen Vorteil gegenüber KAS aus EU-Produktion. Hinzu kommt, dass Harnstoff schwierig zu dekarbonisieren ist, da er CO₂ enthält, der bei der Ausbringung frei wird.

Abb. 27: Über den gesamten Lebenszyklus gesehen, ist der CO₂-Fußabdruck von KAS aus EU-Produktion geringer als der von Harnstoff und AHL. Wird die geringere Effizienz von Harnstoff und AHL durch eine höhere N-Gabe ausgeglichen, ist der Unterschied noch deutlicher.

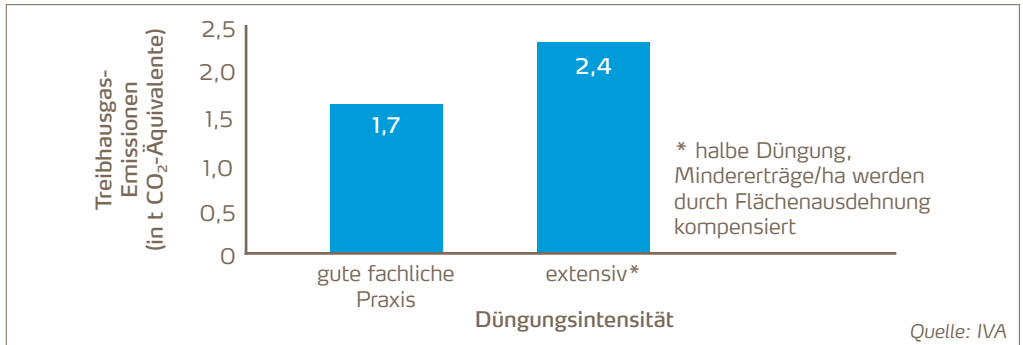


14.2. Moderne Landwirtschaft schont das Klima

Vorrangiges Ziel der Landwirtschaft ist die Produktion von ausreichend Nahrungsmitteln, bei deren Erzeugung möglichst geringe Treibhausgasemissionen entstehen sollen. Konkret bedeutet dies eine Minimierung der Emissionen pro Produkteinheit, also z.B. pro Tonne Getreide und nicht wie oftmals gefordert pro ha Fläche.

Berechnungen zur Weizenproduktion belegen, dass bei einer Stickstoffdüngung in optimaler Höhe weniger Treibhausgase je Tonne Weizen emittiert werden als bei reduzierter Stickstoffdüngung. Dies liegt daran, dass eine reduzierte Mineraldüngung zu niedrigeren Erträgen führt. Um die benötigte Nahrungsmenge zu erzeugen, müssten bei reduzierter Düngung neue Ackerflächen in Kultur genommen werden, was über Abholzung und Humusabbau zu einer sehr starken zusätzlichen Freisetzung von CO₂ führt. Bereits heute werden rund 6% aller weltweit emittierten THG durch solche Landnutzungsänderungen freigesetzt. Das ist mehr als die EU 27 insgesamt pro Jahr emittiert. Eine optimierte Stickstoffdüngung erhöht dagegen die Nahrungsmittelproduktion auf den bestehenden Flächen, so dass naturnahe Ökosysteme als natürliche CO₂-Speicher erhalten werden können. Dieser Aspekt wird mit dem weiteren Anwachsen der Weltbevölkerung noch stärker an Bedeutung gewinnen.

Abb. 28: Treibhausgas-Emissionen durch die Erzeugung von 10 t Weizen





Fachberatung Dünger Nord



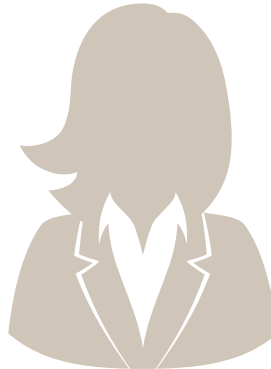
Dr. Kerstin Berlin
Fachberaterin
kerstin.berlin@yara.com
Büro: +49 (0)38233-69193
Mobil: +49 (0)170-9235544
Region: Nord



Sören Hersemann
Fachberater
soeren.hersemann@yara.com
Mobil: +49 (0)171-5264296
Region: Nord West



Dr. Stefanie Schmidt
Fachberaterin
stefanie.schmidt@yara.com
Büro: +49 (0)30-84722248
Mobil: +49 (0)170-5641607
Region: Ost



Antonia Vogler
Fachberaterin
antonia.vogler@yara.com
Büro: +49 (0)2594-798209
Region: Nord

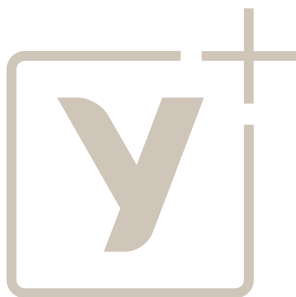
Fachberatung Dünger Süd



Richard Beumers
Fachberater
richard.beumers@yara.com
Mobil: +49 (0)151-46705450
Region: Süd



Felix Schopp
Fachberater
felix.schopp@yara.com
Mobil: +49 (0)160-4351286
Region: Süd



Hilfe hotline YaraPlus
+49 (0) 30 83 792 726



Unsere Service-Nummer
+49 (0) 25 94 798 798

Folgen Sie uns auf
facebook, youtube und instagram: @yaradeutschland



Jetzt anhören und abonnieren auf yara.de/podcast oder auf



Spotify



Google Podcasts



Apple Podcast

Über Yara

Yara leistet einen Beitrag zum Wissensfortschritt, um die Welt verantwortungsvoll zu ernähren und den Planeten zu schützen. Entsprechend unserer Vision von einer Welt ohne Hunger und eines respektierten Planeten, verfolgen wir die Strategie, nachhaltige Werte zu schaffen. Dazu gehört die Förderung einer klimafreundlichen Pflanzenernährung und von emissionsfreien Energiekonzepten. Yaras Bestrebungen zielen auf eine zukünftig klimafreundliche Nahrungsmittelproduktion ab, die einen Wert für unsere Kunden, Aktionäre und die gesamte Gesellschaft schafft und die eine nachhaltigere Lebensmittel-Wertschöpfungskette ermöglicht.

Um diese Ziele zu erreichen, haben wir eine Vorreiterrolle bei der Entwicklung digitaler Produkte für die Präzisionslandwirtschaft übernommen. Gleichzeitig arbeiten wir eng mit Partnern in der gesamten Lebensmittel-Wertschöpfungskette zusammen, um die Lebensmittelproduktion effizienter und nachhaltiger zu gestalten. Indem wir unseren Fokus auf eine saubere Ammoniakproduktion legen, möchten wir die Wasserstoffwirtschaft etablieren und so den grünen Wandel vorantreiben – in der Schifffahrt, in der Düngerherstellung und in anderen energieintensiven Produktionen.

Yara wurde 1905 gegründet, um die drohende Hungersnot in Europa abzuwenden. Seitdem hat sich Yara als einziges global agierendes Unternehmen in der Pflanzenernährung eine besondere Position erarbeitet. Mithilfe eines integrierten Geschäftsmodells mit rund 17.000 Mitarbeitern und Niederlassungen in mehr als 60 Ländern, erreichen wir nachweislich hohe Renditen. Im Jahr 2020 erzielte Yara einen Umsatz von 9,4 Milliarden Euro.



HAFTUNGSAUSCHLUSS: Die in dieser Broschüre enthaltenen Informationen entsprechen unserem derzeitigen Kenntnisstand und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Eine Gewähr oder Haftung für das Zutreffen im Einzelfall ist ausgeschlossen, da die Standort- und Anbaubedingungen erheblichen Schwankungen unterliegen. Die zur Verfügung gestellten Informationen ersetzen keine individuelle Beratung. Sie sind unverbindlich und insbesondere nicht Gegenstand eines Beratungs- / Auskunftsvertrages. ©YARA GmbH & Co. KG. Alle Rechte vorbehalten.