

3. erweiterte Auflage

effizient
düngen

Düngefibel



Inhalt Düngefibel

Einleitung	3
1. Stickstoff	4
2. Phosphat	12
3. Kalium	14
4. Magnesium	16
5. Schwefel	17
6. Mikronährstoffe	18
7. Kalk und Boden-pH	24
8. Technik	29
9. Fertigation	35
10. Tabellen	38
11. Preisvergleiche	49
12. Düngeverordnung (DüV)	51
13. Düngung und Klimaschutz	55
14. Yara Tools & Services	57
15. Fachberatung Süd und Nord	58

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 3. 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 dritte Auflage der Düngefibel berücksichtigt bereits die im Juni 2017 in Kraft getretene Düngeverordnung.

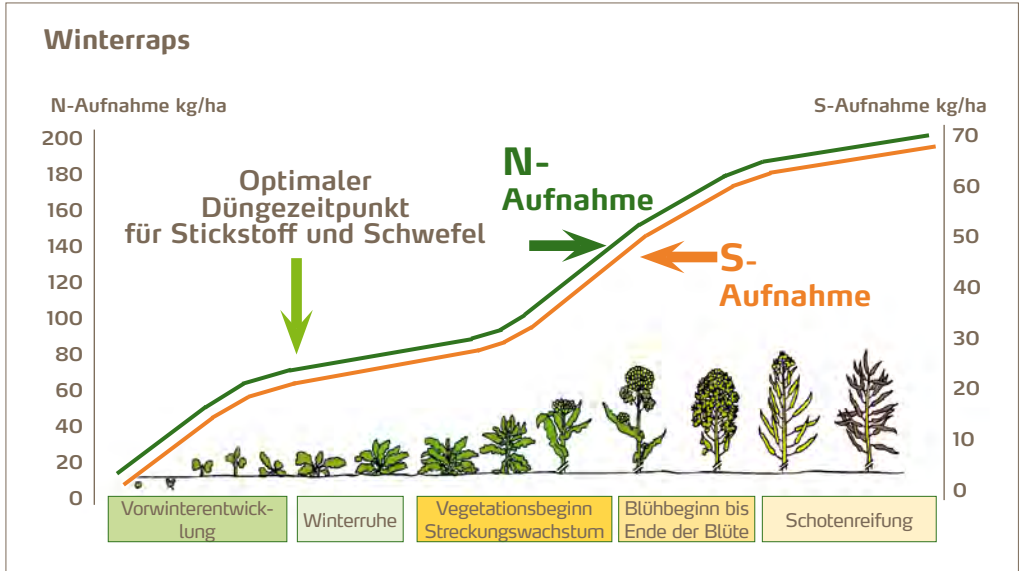


Für weitere Informationen und Fragen rund um die Düngung stehen Ihnen die „effizient düngen“- Berater unter www.effizientduengen.de zur Verfügung.

1. Stickstoff

1.1. Stickstoff-Bedarf der Kulturen

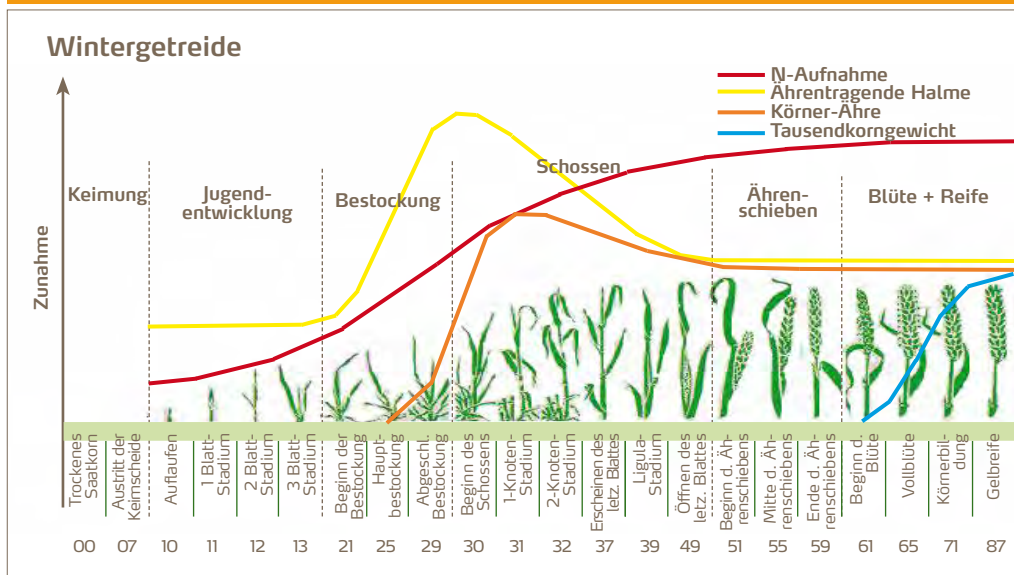
Abb. 1: Entwicklung, N- und S-Aufnahme von Raps



Tab.1: Entwicklungsstadien von Winterraps und Düngempfehlung

BBCH-Stadium	Beschreibung	Düngempfehlung
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



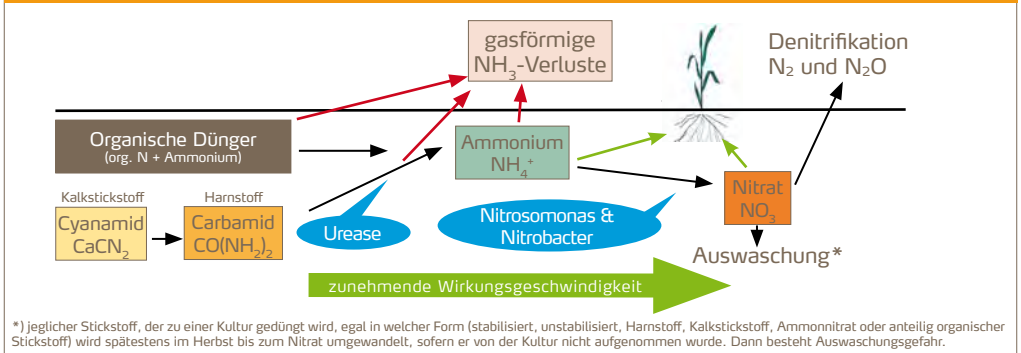
Tab. 2: Entwicklungsstadien von Wintergetreide und Düngempfehlung

BBCH-Stadium	Beschreibung	Düngempfehlung
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 zur Triebstärkung
31-32	1-Knoten/2-Knoten-Stadium	2. N-Gabe zur Trieberhaltung
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 Ammoniumnitrat-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

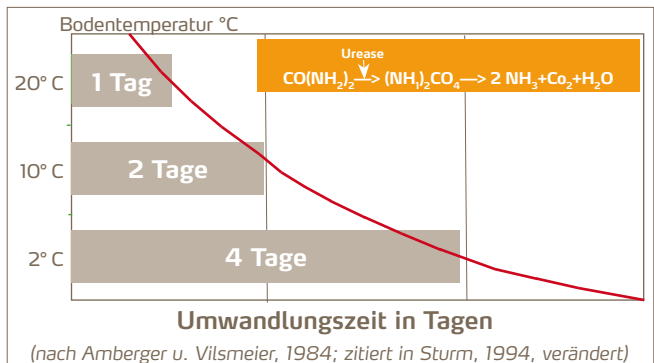
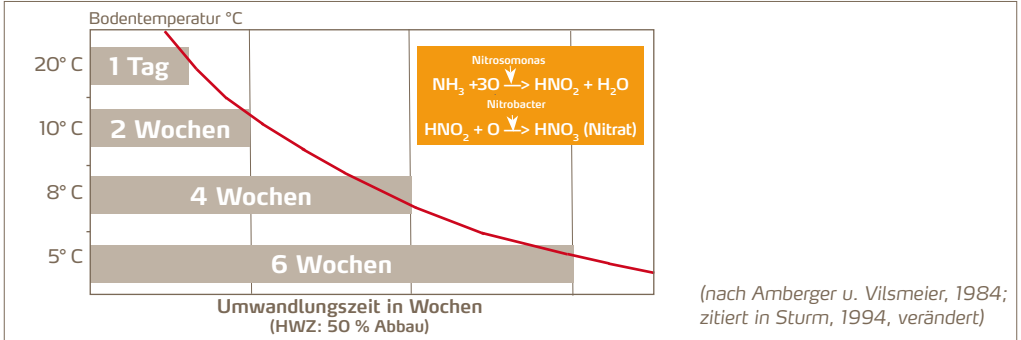


Abb. 5: Umwandlung von Ammonium zu Nitrat in Abhängigkeit von der Bodentemperatur



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.

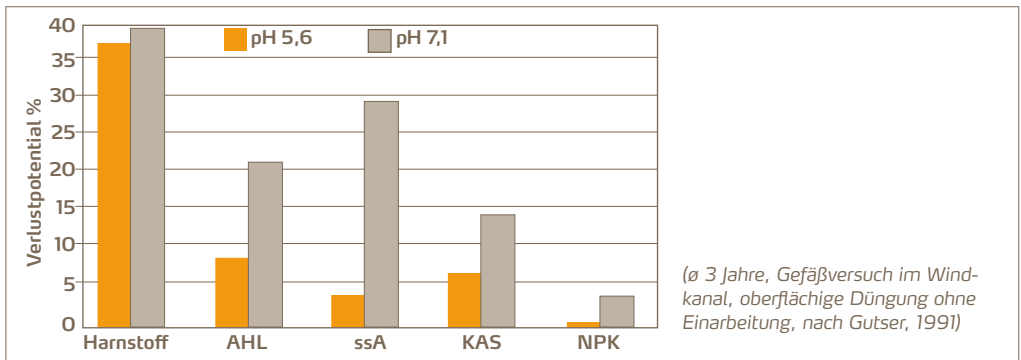
Abb. 6: Der Indikator im Boden zeigt die pH-Wert-Anhebung in direkter Umgebung des Harnstoffkorns. Dieser Vorgang hat keine Auswirkung auf den pH-Wert des gesamten Bodens.



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: NH_3 -Verlustpotenzial (%) verschiedener N-Dünger



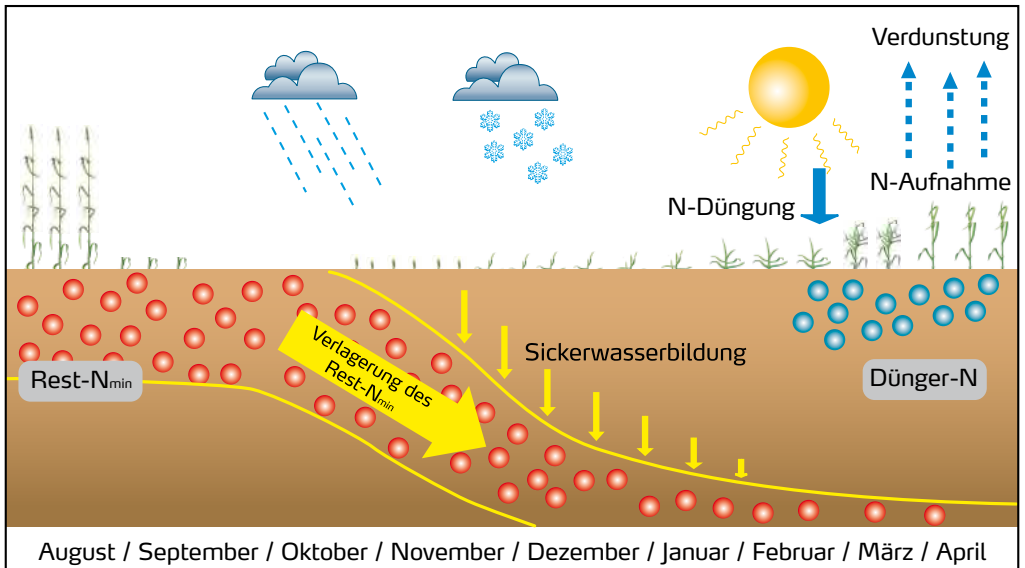
Die N-Verluste als Ammoniak aus Harnstoff liegen in der Praxis bei ca. 15 %, bei KAS bei < 2 % (jeweils im Bestand).

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)

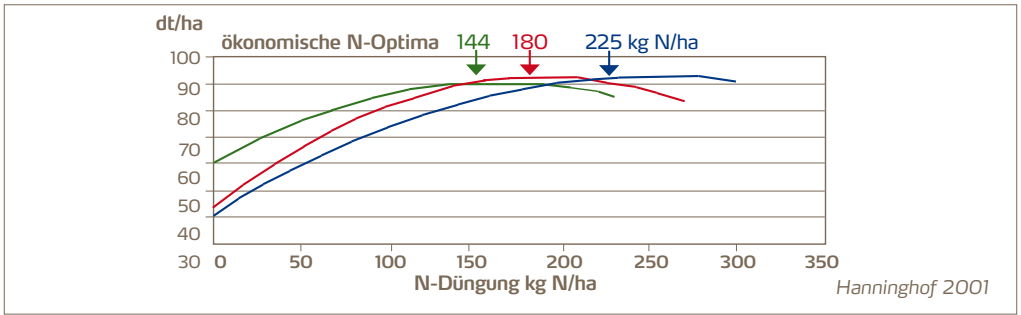
Wie werden diese erreicht:

- 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):

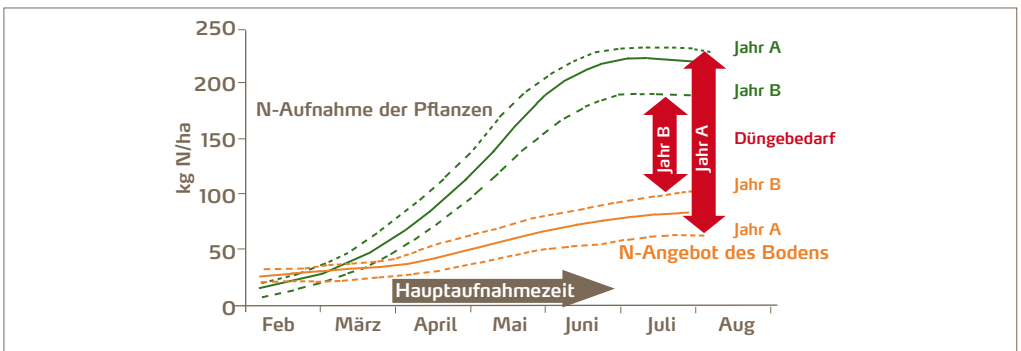
- N-Aufnahme der Pflanzen während der Vegetationszeit
- abzüglich des N-Nachlieferungsvermögens der Böden
- schwankt in Höhe und Ausbringungszeitpunkt von Jahr zu Jahr in Abhängigkeit von den Wachstumsbedingungen (Niederschläge, Temperatur) und dem N-Angebot der Böden (Vorfrucht, organische Düngung).

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.

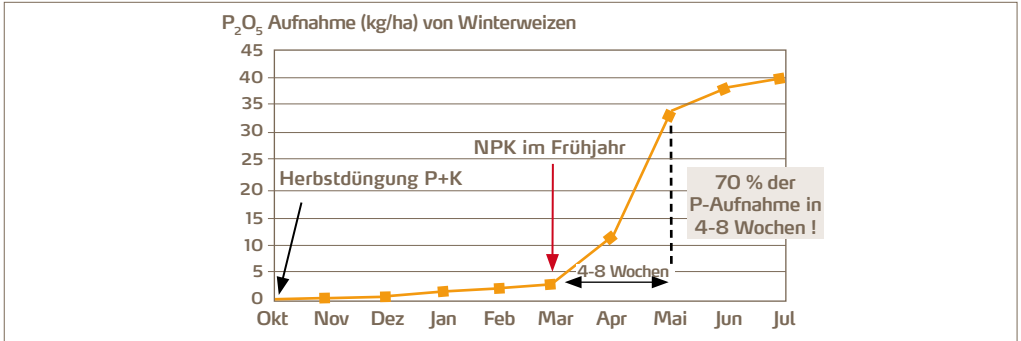
Erstellung von Applikationskarten: Atfarm hilft dem Nutzer, im Handumdrehen präzise Applikationskarten zur bedarfsgerechten Düngung zu erstellen. Diese können zur sofortigen Nutzung heruntergeladen werden. Die Atfarm Applikationskarten können für alle Arten von Feldfrüchten erstellt werden. In Kürze 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)

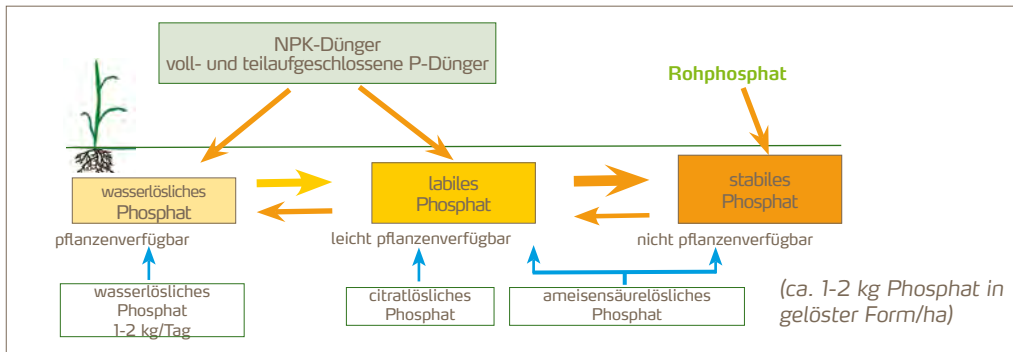
Die Werte für diese Berechnung sind unter 10.9, Seite 47/48 zu finden.

Phosphatmangel:

- Vermindertes Wurzelwachstum
- Geringe Bestockung
- Rötlichen 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 Austauscher 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)

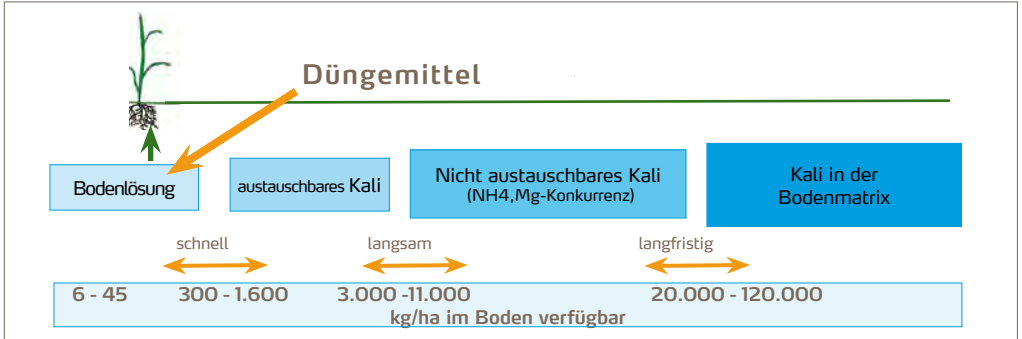
Die Werte für diese Berechnung sind unter 10.9, Seite 47/48 zu finden.

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 K_2O /Jahr).

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

Gehaltsklasse	mg K_2O /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

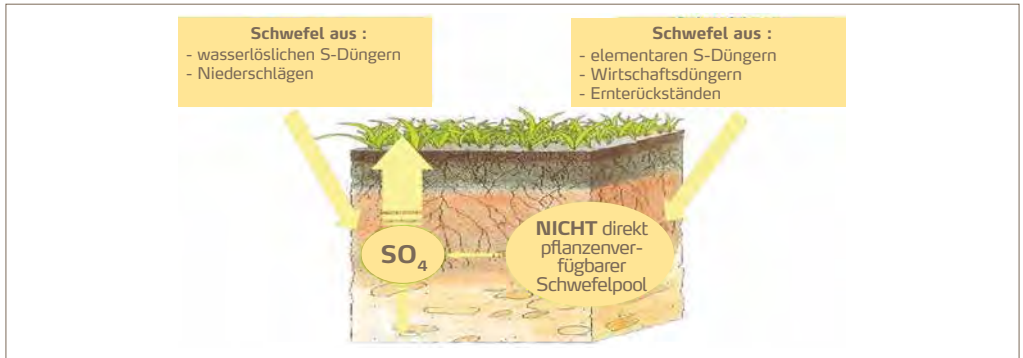
Schwefelmangel:

- 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 oder Rüben. 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:

Da Bor mit dem Transpirationsstrom von den Pflanzen aufgenommen wird, ist die Aufnahme bei Trockenheit eingeschränkt. Bei hohen pH-Werten im Boden ist Bor schlecht verfügbar.

Bordüngung:

- Blattdünger sind zu bevorzugen, da die Versorgung aus dem Boden häufig eingeschränkt ist
- Düngung von ca. 50 g B/ha (Getreide), ca. 600 g B/ha (Raps), 0,6-1,0 kg B/ha (Zuckerrüben)
- Bor- Vorratsdüngung über den Boden ist nicht sinnvoll (Bortoxizität)

6.4 Kupfer

Aufgaben in der Pflanze:

Kupfer ist insbesondere wichtig für:

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

Kupfermangel-Symptome:

- Weiches Gewebe
- Unzureichende 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	+	+	+	+
Staubnässe		+	+	+
hoher Humusgehalt	++	--	--	++
Trockenheit	- - -	- - -	- - -	- -
Bodenverdichtung			++	
hoher P-Gehalt				-

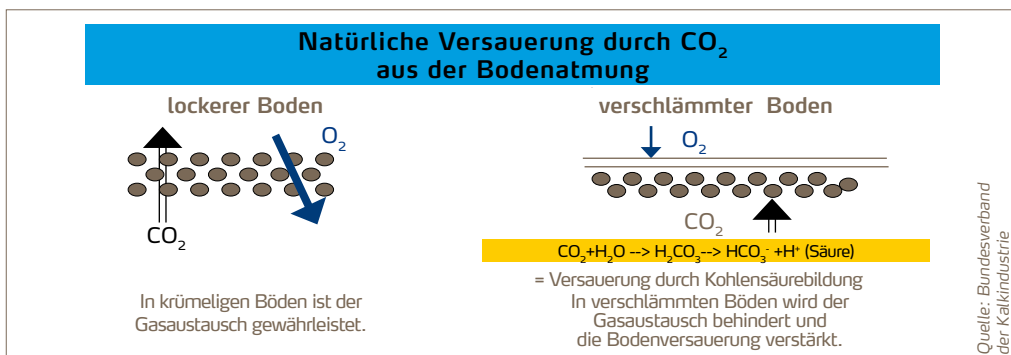
+ = verfügbar ++ = gut verfügbar +++ = sehr gut verfügbar
 - = Mangel - - = starker Mangel - - - = sehr starker Mangel

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

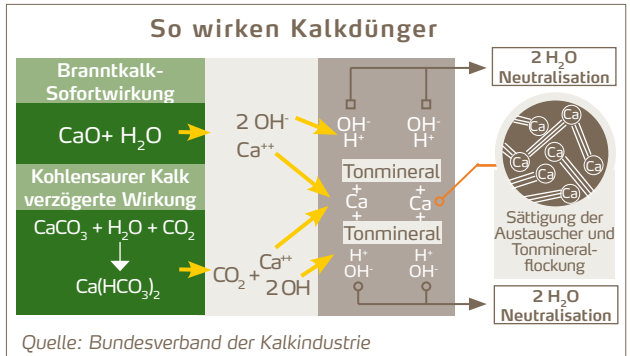
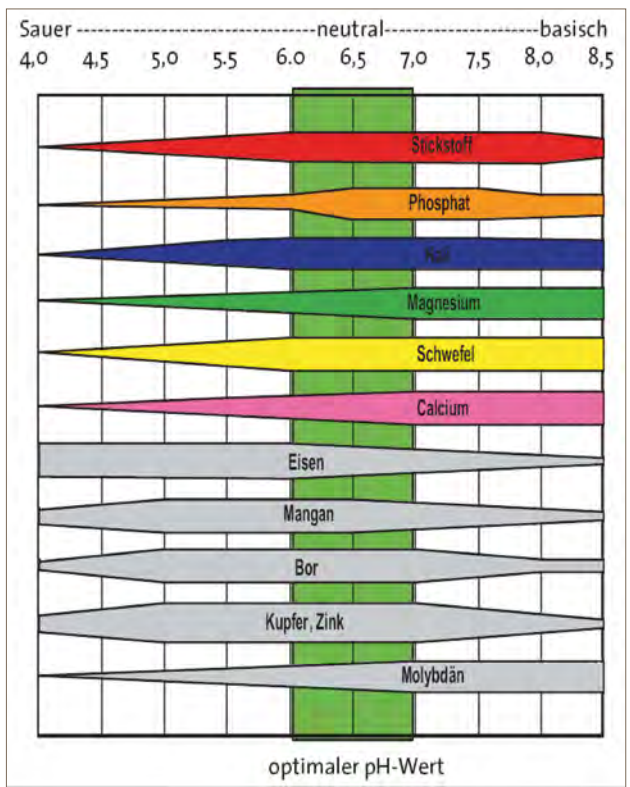


Abb. 17: pH-Wert und Nährstoffverfügbarkeit



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:

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

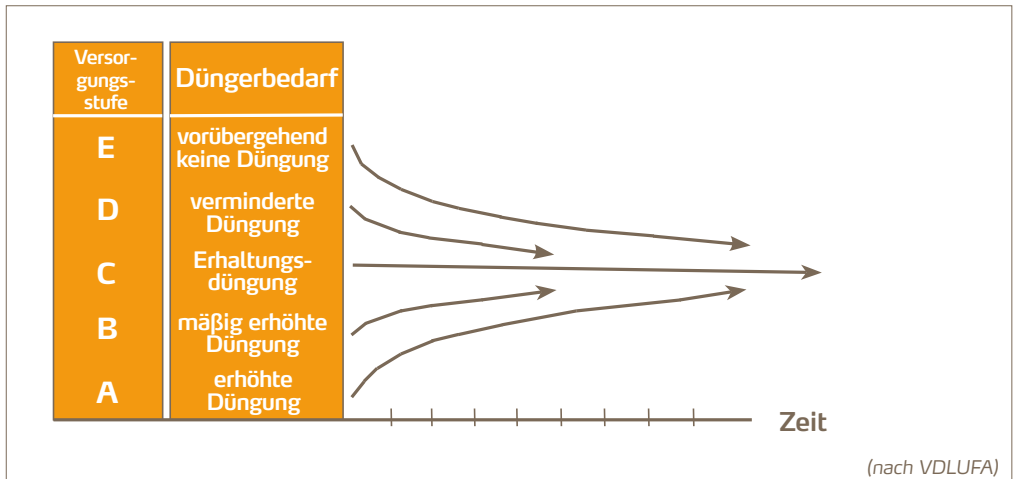
$$\text{Basische Wirksamkeit} = \text{MgO} \times 1,391 = \text{CaO} \rightarrow \text{oder } \text{MgCO}_3 \times 1,187 = \text{CaCO}_3^1$$

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 Düngekalke sehr preisgünstig angeboten.

Die Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V. (DLG) bietet eine Zertifizierung für Düngekalke 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:

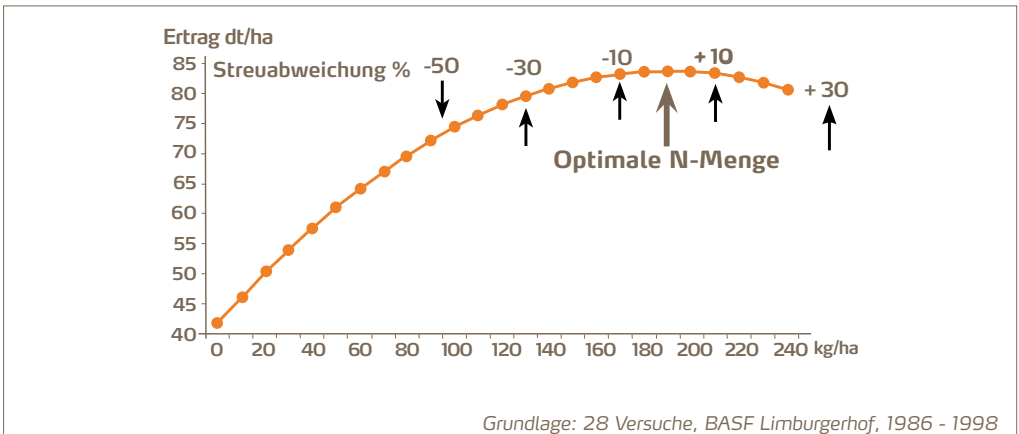
- Schwierige Bestandesführung
- Unterschiedliche Entwicklung des Bestandes
- Ernteerschwernis, vor allem bei Lager
- Negativer Einfluss auf Ertrag und Qualität

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	Ertrags- und Erlösverluste bei einer Streuabweichung von...				
	...15 %	...30 %		...50 %	
Mindererlöse bei...		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

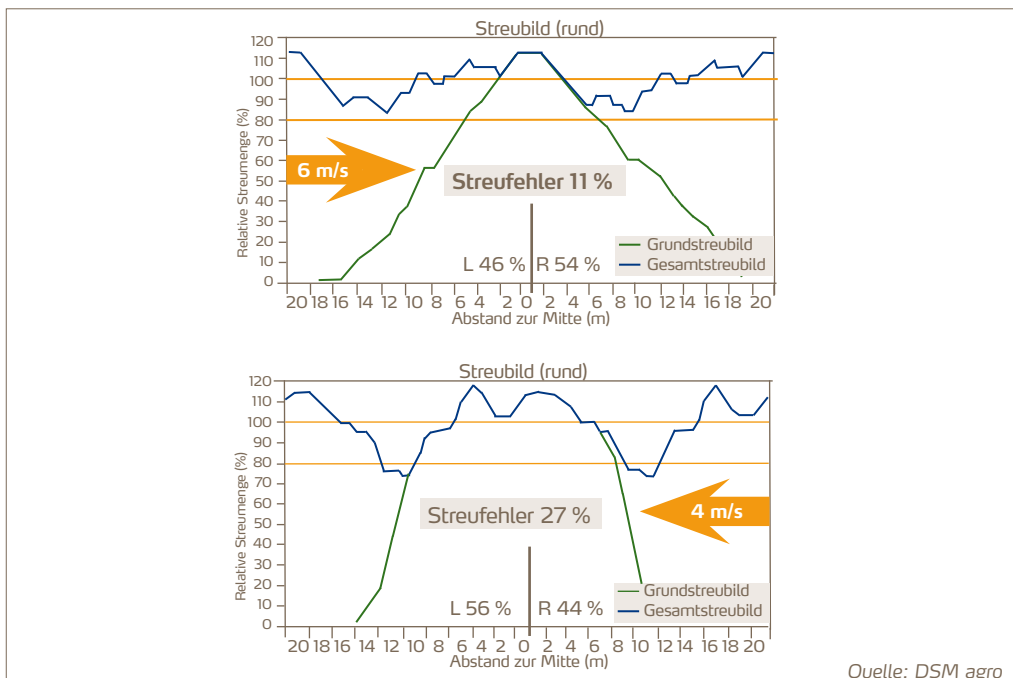
Rauch: www.rauch.de/deutsch/service/streutabellen/streutabellen-online.html

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 geprellt	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). Arbeitsbreite 21 m, Wind wie angegeben



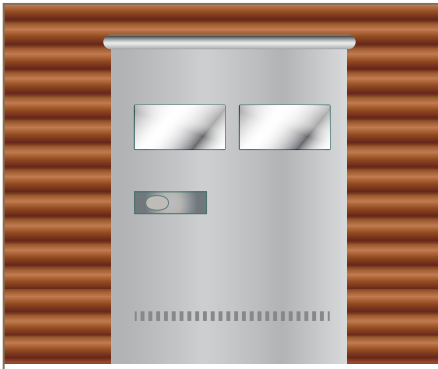
8.3. Lagerung

Düngemittel richtig lagern

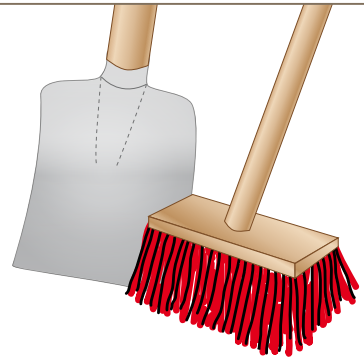
Düngemittel reagieren empfindlich auf Umwelteinflüsse. Der natürliche Feind des Düngers während des Transportes und der Lagerung ist Feuchtigkeit in jeder Form. Dies bedeutet, dass während Transport und Lagerung der Dünger vor Nässe und Feuchtigkeit - und dazu gehört auch die normale Luftfeuchte - zu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



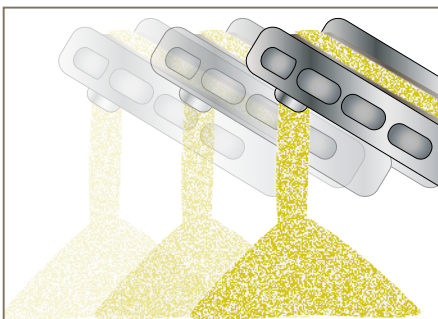
2. Halten Sie den Boden sauber und trocken.



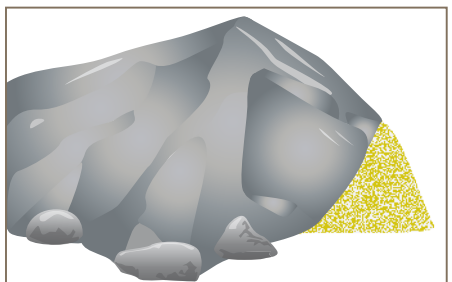
3. Fördergeräte nicht überladen, um Transportwege sauber zu halten.



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.

9. Fertigation

9.1. 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.

9.2. 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

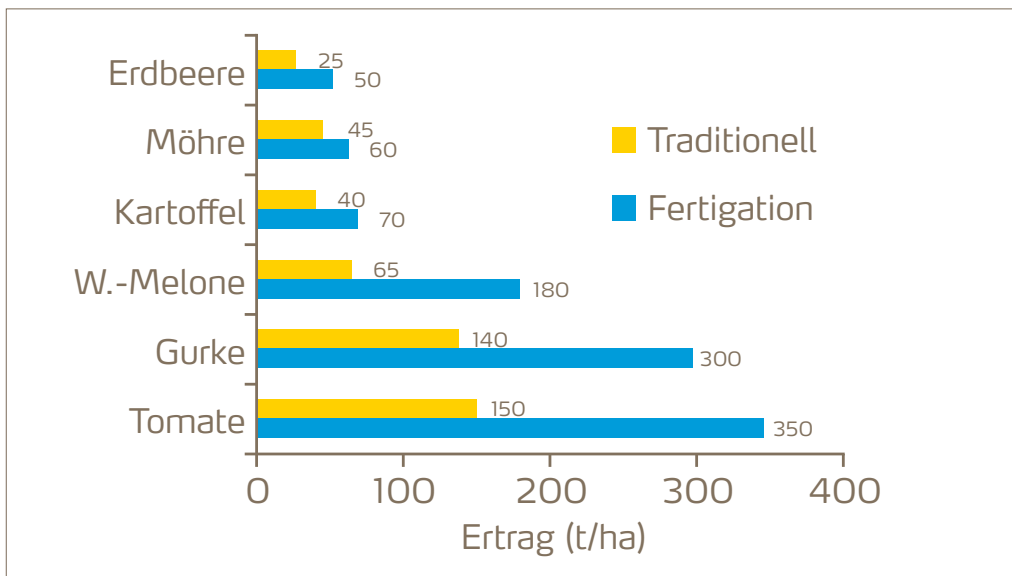
- Geringe Nährstoffverluste
 - Die genaue Platzierung des Düngers in den Wurzelbereich verhindert Auswaschung etc.
- Zeitgenaue Düngung
 - Keine Verluste von Düngern durch Düngungsmaßnahmen während Vegetationspause

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. 22: Ertragsvorteile der Fertigation bei ausgewählten Kulturen



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

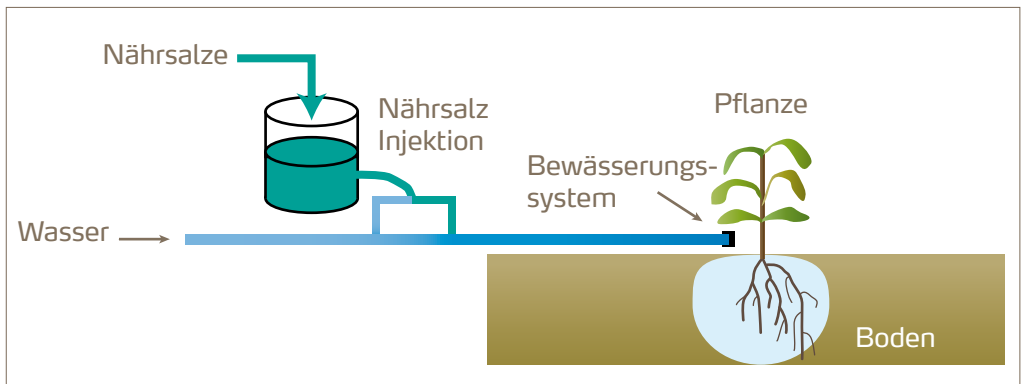
- Beerenrost allgemein
- Obst allgemein vor allem Apfel und Kirsche
- Fruchtgemüse wie Zucchini, Kohlartern
- Hopfen
- Zwiebeln

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. 23: 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).

10. Tabellen

10.1. 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	--	7 % CaO, 4 % MgO
YaraBela® SULFAN®	24	12	12	--	12 % CaO, 15 % SO ₃
YaraBela® OPTIMAG® 24	24	12	12	--	15 % SO ₃ , 8 % MgO
YaraLiva® TROPICOTE®	15,5	14,4	1,1	--	26 % 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® UREAS	38	--	6,6	31,4	18,8 % SO ₃
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

10.2. Zusammensetzung wichtiger schwefelhaltiger Dünger

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

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 (+O+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

10.3. 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-Brantkalk	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

10.4. 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

10.5. 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-Chlorid, Mg-Sulfat
Kaliumsulfat „gran.“	50	--	--	45	K-Sulfat
Patentkali	30	10	--	42,5	K-Sulfat, Mg-Sulfat

10.6. 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 Raps mit 2 % wasserl. MgO, 12,5 % wasserl. SO ₃ + 0,1 % Bor liefert alle Nährstoffe für den Raps.

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.

10.7. 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
YaraVera® UREAS (38)	-134
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

10.8. 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	3,0	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	17,0-23,0	6,35	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	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, Hl. 2007, Richtwerte für die Untersuchung und Beratung sowie zur fachlichen Umsetzung der Düngeverordnung, LVL 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	50
Schweinegülle	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	50
Biogasanlagengärrückstand fest	30

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

Quelle: DüV, 02.06.2017

Tab. 12: Ausnutzung der Nährstoffe aus Festmist im Jahr der Ausbringung

Stickstoff (N)	25-50 %
Phosphat (P ₂ O ₅)	15-30 %
Kalium (K ₂ O)	40-60 %
Spurennährstoffe	0,5-5 %

Quelle: Oehmichen, 2000

10.9. Nährstoffgehalte von Haupt- und Zwischenfrüchten

Tab. 13: 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

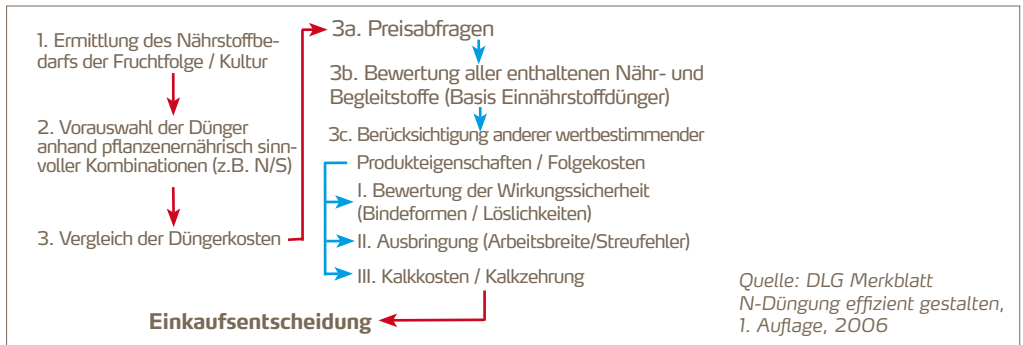
2) Haupternteprodukt-Nebenernteprodukt-Verhältnis (z.B. Korn-Stroh-Verhältnis)

11. Preisvergleiche

11.1. 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. 24: 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).

11.2. 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 N⁴⁾

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. 15: 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	Ammoniumphosphat (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).

11.3. Warenbegleitpapier

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

Abb. 25: Warenbegleitpapier eines Mehrnährstoffdüngers, aus dem sämtliche für den Landwirt relevanten Informationen hervorgehen



YaraMila® RAPS
NPK 16 + 8 + 16 (+2+13) mit Magnesium Schwefel und Bor

EG-DÜNGEMITTEL
NPK (Mg, S) Dünger 16 + 8 + 16 (+2+12,5) mit Bor (B)

16	%	N	Gesamtstickstoff 6,2 % N Nitratstickstoff 9,8 % N Ammoniumstickstoff
8	%	P ₂ O ₅	Neutral-ammonitratlösliches und wasserlösliches Phosphat 4,8 % P ₂ O ₅ wasserlösliches Phosphat
16	%	K ₂ O	Wasserlösliches Kaliumoxid
2	%	MgO	Wasserlösliches Magnesiumoxid
12,5	%	SO ₃	Wasserlösliches Schwefeltrioxid
0,1	%	B	Bor

YARA GmbH & Co. KG, Hanninghof 35, 49249 Dülmen
Gefahrstoffverordnung: Düngemittel mit Ammoniumnitrat, Gruppe C III



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

Hinweis zur Schwefeldekларation:
Schwefel kann sowohl in Elementform (S) als auch in Oxidform (SO₃) 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:
 $12,5 \% \text{ SO}_3 \times 0,4 = 5 \% \text{ S}$

12. Düngeverordnung (DüV)

Die im Juni 2017 in Kraft getretene Düngeverordnung regelt

- die gute fachliche Praxis bei der Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln auf landwirtschaftlich genutzten Flächen,
- das Vermindern von stofflichen Risiken durch die Anwendung von
 - Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und
 - Pflanzenhilfsmitteln auf landwirtschaftlich genutzten Flächen und auf
 - anderen Flächen, soweit diese Verordnung dies ausdrücklich bestimmt.

Grundsätze für die Anwendung von N/P Düngemitteln

- Vor dem Aufbringen ist der N/P-Düngebedarf der Kultur zu ermitteln und aufzuzeichnen:
 - Der ermittelte Düngebedarf darf im Rahmen der geplanten Düngungsmaßnahme nicht überschritten werden.
 - Überschreitungen des Düngebedarfs sind nur zulässig, wenn nachträglich eintretende Umstände dies erfordern und von der Landesbehörde genehmigt wurden (u.a. Bestand/Witterung).

- Keine N/P-Düngung auf überschwemmten, gefrorenen, schneebedeckten oder wassergesättigten Böden. Ausnahme auf gefrorenen Böden darf bis zu 60 kg N/ha ausgebracht werden, wenn die folgenden Voraussetzungen erfüllt sind:
 - der Boden durch Auftauen am Tag aufnahmefähig wird,
 - kein Abschwemmen in oberirdische Gewässer oder auf benachbarte Flächen zu besorgen ist,
 - der Boden eine Pflanzendecke trägt
 - andernfalls die Gefahr einer Bodenverdichtung besteht

Berechnung des N-Düngebedarfs

- Stickstoffbedarfswert der Kultur für einen Richtertrag

Tab. 16: Vorgabe Stickstoffbedarfswerte Ackerland (Auszug)

Frucht	Ausgangsertragsniveau dt/ha	Gesamt-N-Bedarf kg N/ha
Raps-W	40	200
Weizen-W A,B	80	230
Weizen-W C	80	210
Weizen-W E	80	260
Gerste-W	70	180
Roggen-W	70	170
Gerste-S	50	140
Silomais	450	200
Zuckerrübe	650	170
Kartoffel	450	180
Frühkartoffel	400	220
....		

- Zu- und Abschläge für
 - Abweichung des durchschnittlichen Ertrags vom Standardertrag nach DüV
 - Mineralische Stickstoffmenge im Boden (N_{\min})
 - N-Nachlieferung aus dem Bodenvorrat
 - N-Nachlieferung aus der org. Düngung des Vorjahres (10 %)
 - N-Nachlieferung aus Vor- und Zwischenfrucht
 - Fleece-Abdeckung bei Gemüse

N-Düngebedarfsermittlung am Beispiel von Winterweizen A

Vorfrucht W-Raps, Mittlerer Ertrag der letzten 3 Jahre: 90 dt/ha

N-Bedarfswert A-Weizen Ertrag 80 dt/ha 230 kg/ha N

Ertragszuschlag für 10 dt/ha Mehrertrag + 10 kg/ha N

N_{\min} - 30 kg/ha N

N-Nachlieferung aus dem Boden

Humusgehalte unter Richtwert der DüV ± 0 kg/ha N

N-Nachlieferung organische Düngung Vorjahr
(keine ausgebracht) ± 0 kg/ha N

N-Nachlieferung Vorfrucht Winterraps - 10 kg/ha N

Summe der Zu- und Abschläge vom N-Bedarf - 30 kg N/ha

N-Düngebedarf gesamt 200 kg/ha N

N-Herbstdüngung

- Grundsätzliches N-Düngeverbot nach der Ernte der Hauptfrucht auf Ackerland bis 31. Januar
- Ausnahme: Auf Ackerland ist nach der Ernte der Hauptfrucht eine N-Düngung in Höhe des N-Düngebedarfs bis zum 30. September zulässig wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:
 - zu Winterraps, Zwischenfrüchten und Feldfutter bei Aussaat bis zum 15. September
 - zu W-Gerste nach Getreidevorfrucht bei Aussaat bis zum 1. Oktober
 - maximal 60 kg/ha Gesamtstickstoff oder 30 kg/ha Ammonium-N
 - Ermittlung des Düngebedarfs. Beachten Sie hierzu bitte die länderspezifischen Vorgaben.
- N-Düngeverbot zu Gemüse-, Erdbeer- und Beerenobstkulturen vom 1. Dezember bis 31. Januar
- N-Düngeverbot auf Grünland vom 1. November bis 31. Januar
- Das Düngeverbot gilt für alle mineralischen und organischen N-Dünger mit Ausnahme von Festmist von Huf- und Klautentieren. Dieser darf lediglich in der Zeit vom 15. Dezember – 15. Januar nicht aufgebracht werden.

N/P-Düngung - Ausbringungsregeln

- Kein direkter Eintrag und kein Abschwemmen
 - in oberirdische Gewässer
 - auf benachbarte Flächen
- Abstandsregelung zur Vermeidung von Einträgen:
 - Grundsätzlicher Abstand 4 m zur Gewässeroberkante
 - Ein Abstand von 1 m zur Gewässeroberkante ist erlaubt wenn
 - Streubreite = Arbeitsbreite
 - oder
 - Grenzstreueinrichtung genutzt werden
- Auf stark geneigten Flächen dürfen N/P-Dünger im Bereich vom 5-20 m von der Gewässeroberkante nur unter folgenden Voraussetzungen aufgebracht werden:
 - Auf unbestellten Ackerflächen nur bei sofortiger Einarbeitung,
 - Auf bestellten Ackerflächen
 - bei Reihenkultur mit einem Reihenabstand von 45 cm und mehr, nur bei entwickelter Untersaat oder bei sofortiger Einarbeitung,
 - ohne Reihenkultur nur bei hinreichender Bestandsentwicklung oder nach Anwendung von Mulch- oder Direktsaatverfahren.
- Absolutes Düngeverbot
 - im Bereich von der Gewässeroberkante bis 1 m auf die Fläche,
 - auf stark geneigten Flächen im Bereich von der Gewässeroberkante bis 5 m auf die Fläche.

Besondere Anwendungsvorgaben

- Harnstoff darf ab 2020 nur noch mit Ureasehemmstoff aufgebracht werden oder muss innerhalb von 4 Stunden eingearbeitet werden.
- Flüssige organische Düngemittel dürfen nur noch streifenförmig ausgebracht oder müssen direkt in den Boden eingebracht werden.
 - auf Ackerland ab 2020
 - auf Grünland und Feldgras ab 2025

NP-Flächenbilanzen

Salden für Stickstoff im Ø der letzten 3 Jahre: ab 2018

maximal 50 kg/ha

Salden für Phosphat im Ø der letzten 6 Jahre: ab 2018

maximal 10 kg/ha

Maximale N-Menge aus organischen Düngern

Im Durchschnitt der landwirtschaftlich genutzten Fläche des Betriebes dürfen maximal 170 kg/ha Gesamtstickstoff aufgebracht werden. Dabei müssen alle N-Mengen aus organischen und organisch-mineralischen Düngemitteln tierischer UND pflanzlicher Herkunft einbezogen werden (z.B. Gülle, Dung, HTK, Gärrest, Klärschlamm, Kompost, Fleischknochenmehl)

Lagerkapazitäten für Wirtschaftsdünger und Gärrückstände ab 2020

- Mindestens 9 Monate für flüssige Wirtschaftsdünger, wenn der Tierbesatz größer als 3 GV/ha ist oder keine eigenen Aufbringflächen vorhanden sind,
- Mindestens 2 Monate für Festmist oder eigenen Kompost.

Nützliche Links zur Düngeverordnung:

- Gesetzestext Düngeverordnung: http://www.gesetze-im-internet.de/d_v_2017/
- BLZ-Heft „Die neue Düngeverordnung“: <http://shop.aid.de/1756/die-neue-duengeverordnung>

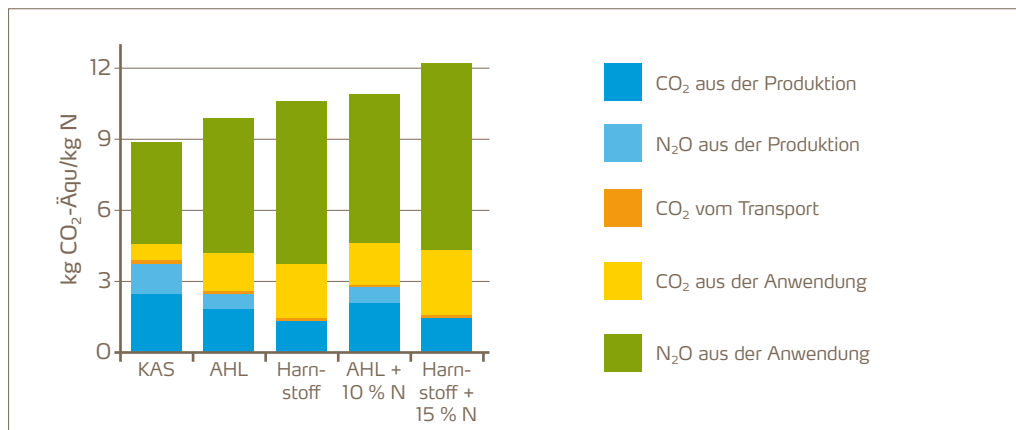
13. Düngung und Klimaschutz

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.

13.1. 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 Düngeranwendung kann vor allem die Erhaltung natürlicher CO₂-Speicher (wie z.B. Urwälder, Moore) aktiv zum Klimaschutz beitragen. Als Stickstoffdünger sind Nitratdünger wie Kalkammonsalpeter zu bevorzugen, da diese einen geringeren CO₂-Fußabdruck aufweisen als Harnstoff oder AHL (siehe Abb.26), vor allem wenn die geringere Effizienz von Harnstoff und AHL durch eine höhere applizierte Stickstoffmenge ausgeglichen wird.

Abb. 26: Über den gesamten Lebenszyklus gesehen, ist der CO₂-Fußabdruck von KAS 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.

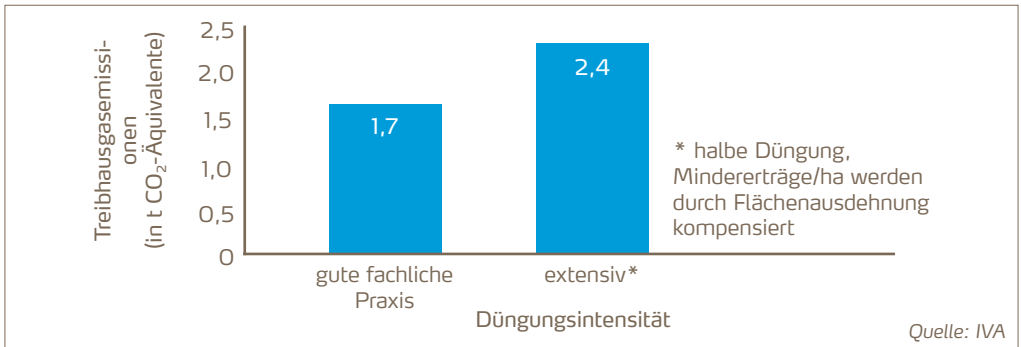


13.2. Moderne Landwirtschaft schont das Klima

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. 27: Treibhausgasemissionen durch die Erzeugung von 10 t Weizen



14. Yara Tools & Services

Optimal auf den Bedarf der Pflanzen abgestimmte Düngemittel und Pflanzenernährungskonzepte sind das Markenzeichen von Yara. Aber Yara bietet mit den Tools & Services noch mehr, von der Düngeplanung bis zur Bestandesführung:

- Yara Plan ermöglicht eine fachgerechte Düngeplanung nach den Vorgaben der neuen Düngeverordnung. Registrieren Sie sich einfach unter www.myara.de und testen Sie Yara Plan kostenlos.
- Mit dem Yara N-Tester und dem Yara N-Sensor können Sie direkt auf dem Feld die erforderliche Stickstoffmenge ermitteln.
- Falls Sie eine komplette Pflanzenanalyse benötigen bieten wir Ihnen mit Yara Megalab einen Analyseservice an: www.yara-webshop.de
- Satellitengestützte teilflächenspezifische Düngung können Sie ganz leicht mit atfarm auf Ihrem Betrieb verwirklichen. Mehr unter www.atfarm.de
- Unser Online-Beratungsservice heißt effizient düngen. Auf www.effizientduengen.de finden Landwirte, Händler und Berater, aber auch allgemein Interessierte umfangreiche Informationen zum Thema Düngung.
- Yara bietet für die landwirtschaftliche Praxis einen besonderen Service an: In der Düngeaison erhalten Sie kostenlos aktuelle Informationen zur Düngung von Haupt- und Nebennährstoffen und speziell zur Blattdüngung.
- Mit den Yara Apps können Sie unseren Service auch unterwegs nutzen.
- Unter dem Motto Dünger. Punkte. Prämien. startet Yara das neue Prämienprogramm Yara Premium. So können Landwirte direkt von Yara-Düngern profitieren. www.yarapremium.de
- Sie haben Yara-Dünger in Big Bags bezogen? Dann bieten wir den Service für Landwirte innerhalb Deutschlands, leere Yara Big Bags kostenlos zu entsorgen. www.bigbagweg.de

Detailliertere Informationen zu unseren Tools und Services finden Sie unter: www.yara.de/pflanzenernaehrung/tools-services

Ihr Rundumservice von Yara!

Fachberatung Dünger Süd



Adrian Urban
Fachberater
adrian.urban@yara.com
Mobil: +49 (0)160-3628471
Region:
Mittel- und Südbayern



Richard Beumers
Fachberater
richard.beumers@yara.com
Mobil: +49 (0)151-46705450
Region:
Rheinland, nördliches Rheinland-
Pfalz, Süd-Hessen, Saarland



Thomas Ludwig
Fachberater
thomas.ludwig@yara.com
Mobil: +49 (0)171-3013690
Region:
Nord-Bayern, Thüringen, südliches
Sachsen



Roland Stamm
Fachberater
roland.stamm@yara.com
Mobil: +49 (0)151-40557093
Region:
Baden-Württemberg,
südliches Rheinland-Pfalz

Fachberatung Dünger Nord



Sören Hersemann
Fachberater
soeren.hersemann@yara.com
Mobil: +49 (0)171-5264296
Region:
Südliches Niedersachsen, NRW,
Nord-Hessen



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



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



Jens Grube
Fachberater
jens.grube@yara.com
Büro: +49 (0)4533-6108555
Mobil: +49 (0)151-17418117
Region: Schleswig-Holstein,
Nördliches Niedersachsen

effizient düngen

Stand: 10/2018

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

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

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.