

Studiengang Agrartechnik

Modul Bodenkultur und Düngung

WS 2024/2025

Kapitel 9:

Stickstoffdüngung

Gliederung des Moduls (Vorlesung)

Teil Bodenkultur

5. Bodenmechanik

6 . Bodenschutz

- Bodenerosion
- Bodenverdichtung

7. Bodenschätzung

Teil Düngung

8. Grundlagen der Düngung

9. Stickstoffdüngung

10. Phosphor- und Kaliumdüngung

11. Schwefel-, Magnesium-, Kalzium-Düngung

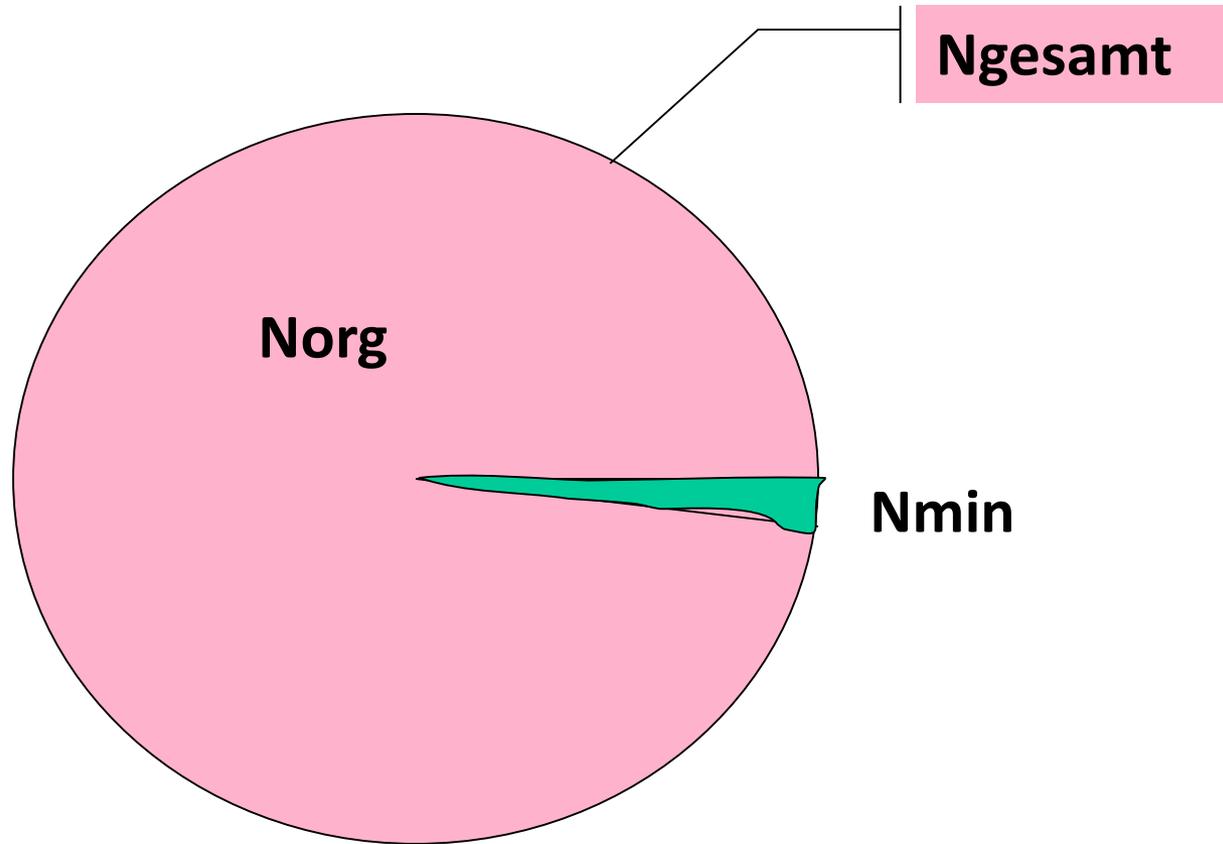
12. Organische Düngung

Stickstoffdüngung

Gliederung

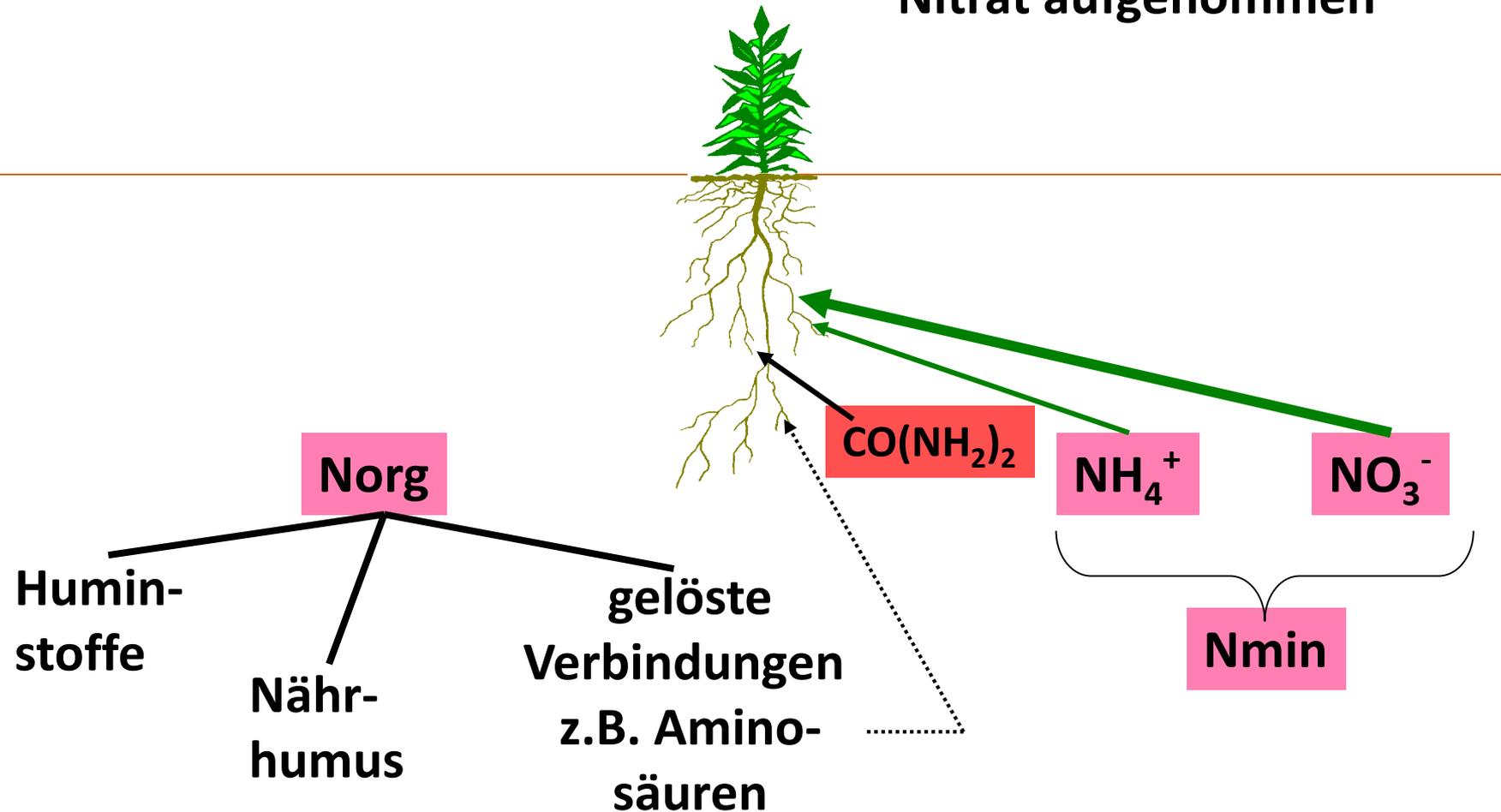
1. Stickstoffdynamik im Boden
2. Stickstoffaufnahme
3. N-Düngungssysteme
 - DSN
 - EUF
 - Pflanzenanalyse
 - N-Sensor (teilflächenspezifische Düngung)
4. N-Düngerarten
 1. Übersicht
 2. Stabilisierte N-Dünger
 3. CULTAN-Verfahren

N-Fraktionen im Boden

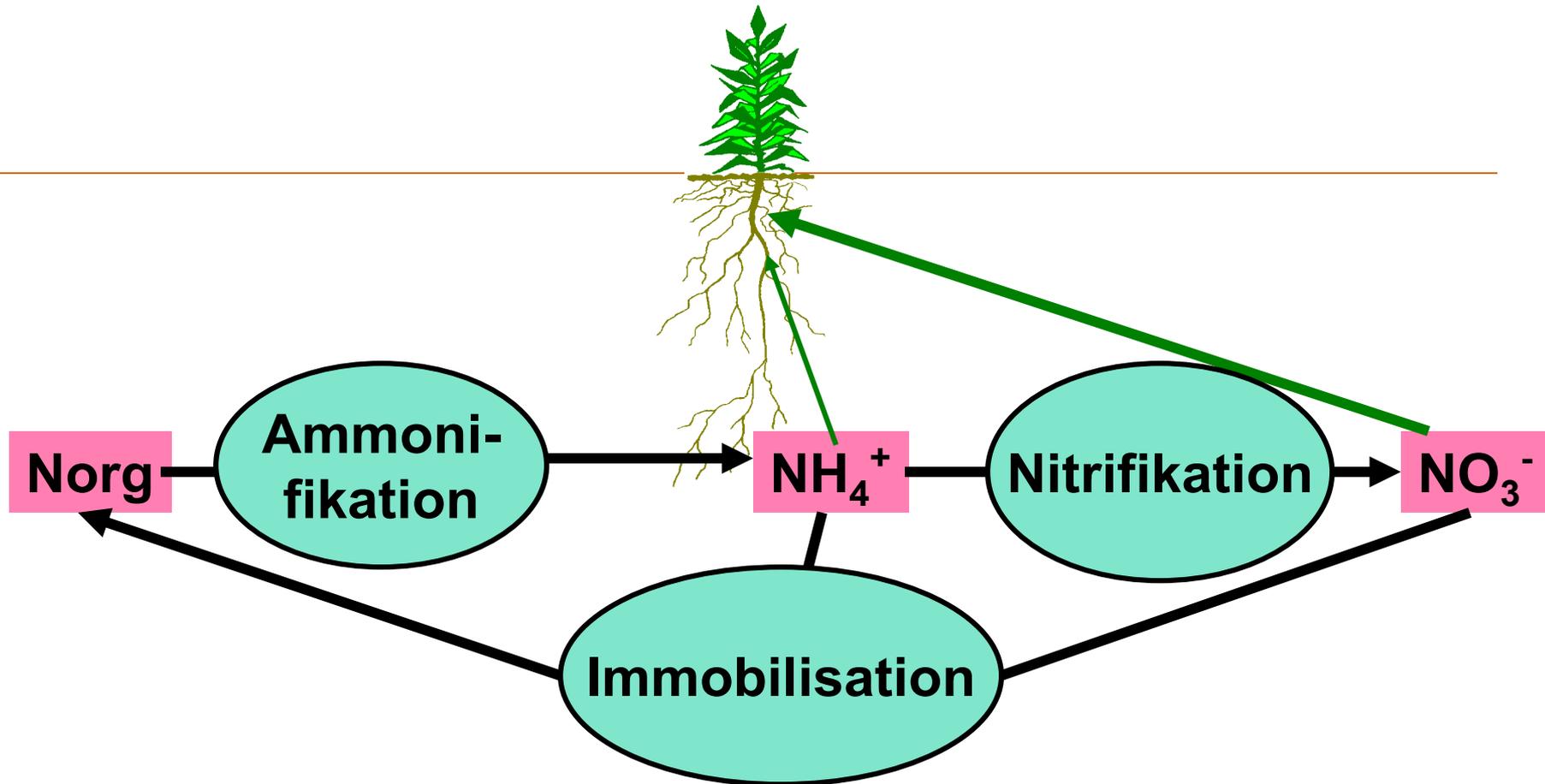


N-Formen im Boden

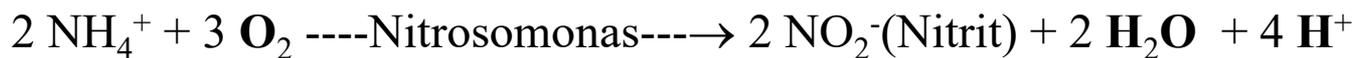
N wird überwiegend als Nitrat aufgenommen



Mobilisierung, Immobilisierung von Stickstoff



Nitrifikation:



Gehalte im Boden

Schätzung des Gesamt-N-Gehaltes in Ackerkrumen aus dem Gehalt an org. Substanz:

gegeben: 2,2 % org. Substanz

C/N = 10

Krumentiefe = 25 cm,

Rohdichte: 1,4 kg/l

gesucht: kg N/ha in der Krume,
% N

Lösung:

Bodenvolumen: $10\,000\text{ m}^2 \times 0,25\text{ m} = 2\,500\text{ m}^3 = 2\,500\,000\text{ l/ha}$

Bodenmenge: $= 2\,500\,000\text{ l/ha} \times 1,4\text{ kg/l} = 3\,500\,000\text{ kg/ha}$

100 % = 3 500 000 kg/ha

2,2 % = 77 000 kg org. Substanz/ha

org. Substanz = C x 1,72

Gehalte im Boden

$$C = 77000 \text{ kg/ha} / 1,72 = 44\,767 \text{ kg/ha}$$

$$C/N = 10$$

$$N = C/10$$

$$N = 44\,767 \text{ kg/ha} / 10 = 4\,476,7 \approx 4\,500 \text{ kg/ha}$$

$$3\,500\,000 \text{ kg/ha} = 100 \%$$

$$4\,500 \text{ kg/ha} = 0,128 \% \approx 0,13 \% = 130 \text{ mg/100 g Boden}$$

Mobilisierung, Immobilisierung

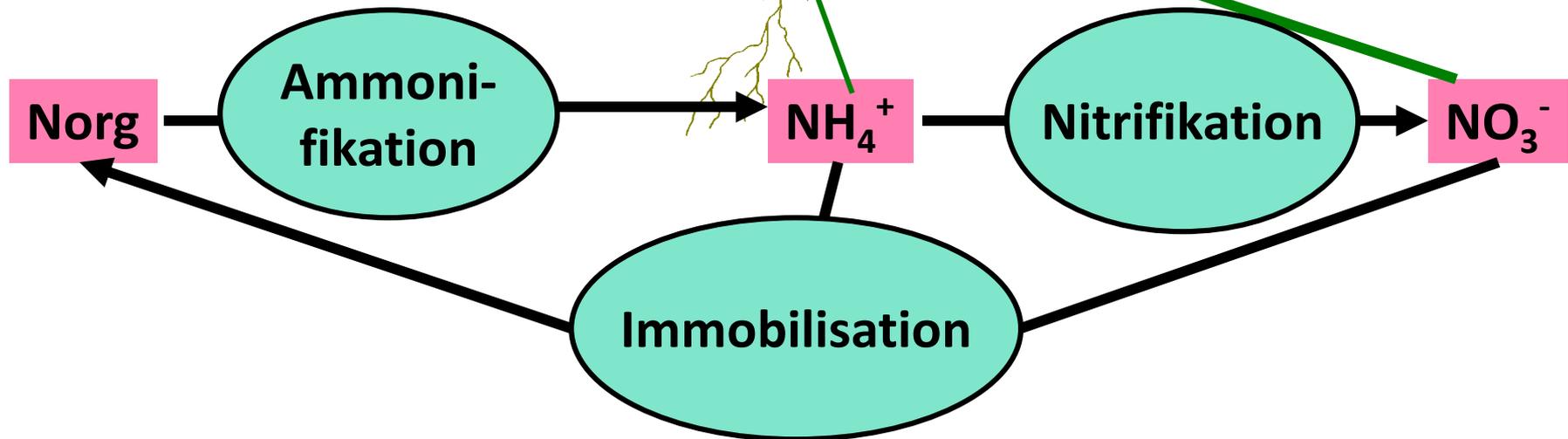
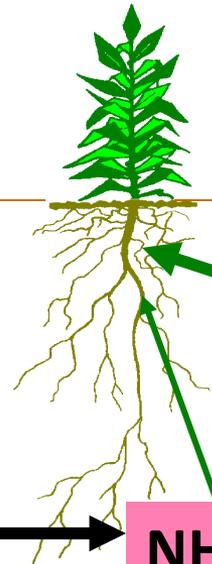
Nettomineralisation

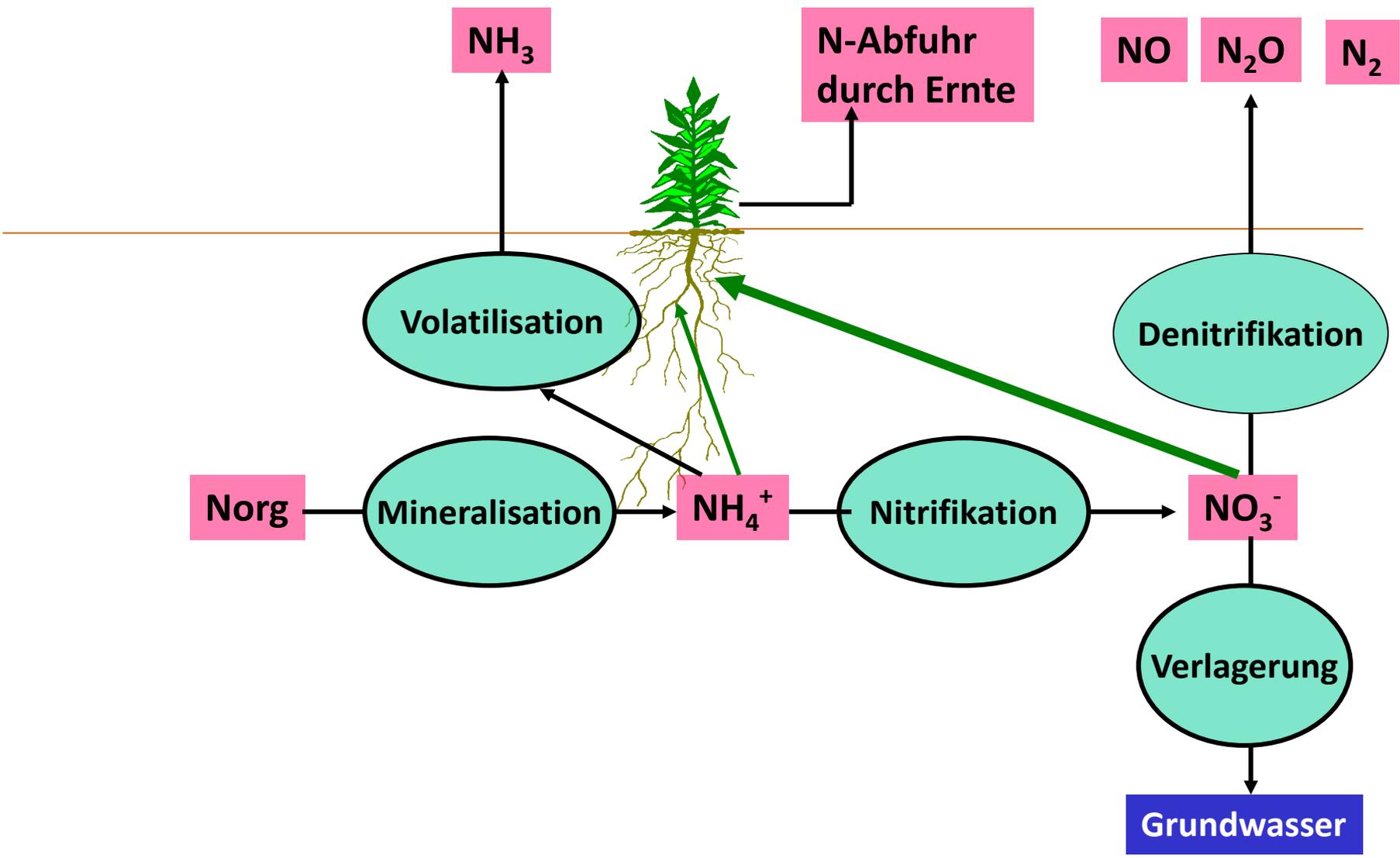
= Mineralisation minus Immobilisation

= 1 -3 % pro Jahr

Mobilisierung und Immobilisierung		
kg Norg/ha	1 %	3 %
4000	40	120
5000	50	150
6000	60	180

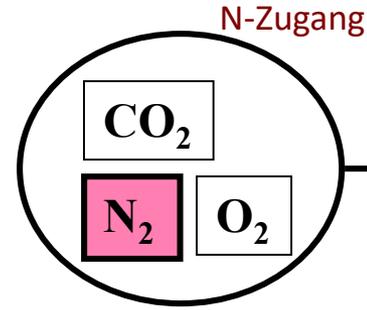
Es werden pro Jahr 120 kg N mehr mineralisiert als immobilisiert



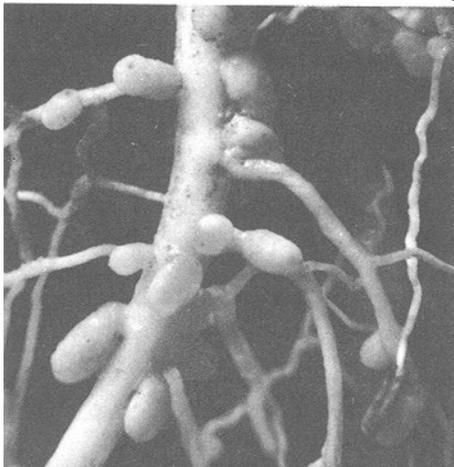
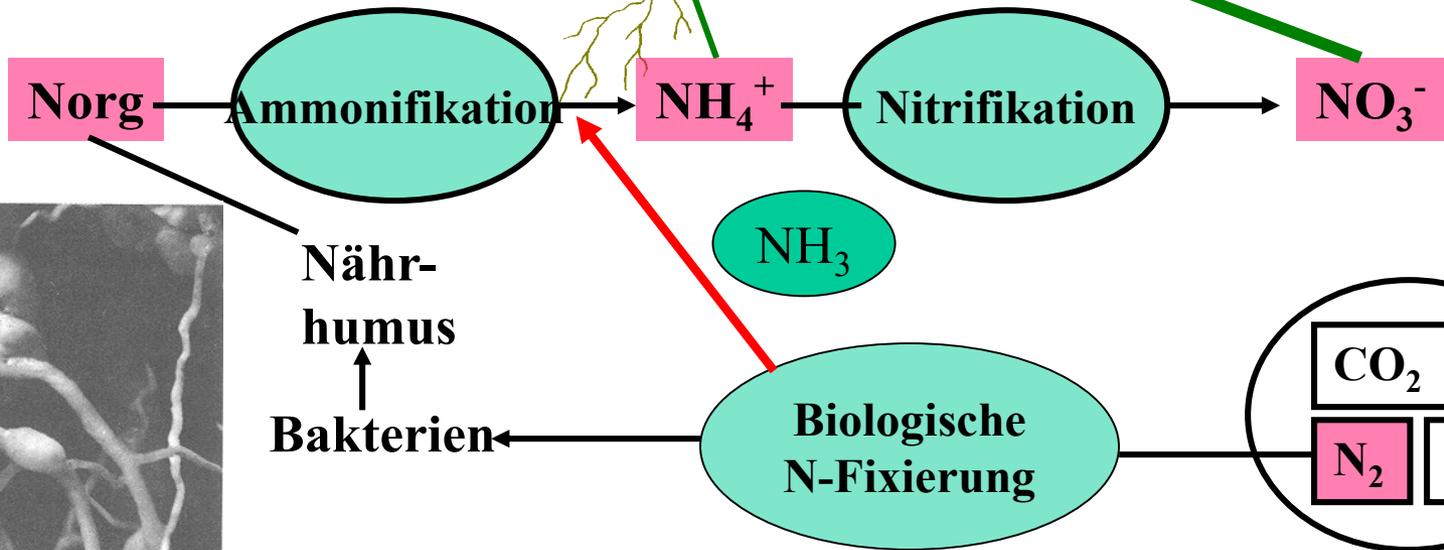
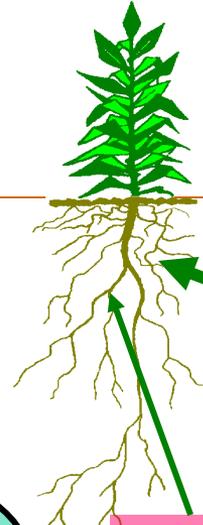


Biologische N-Fixierung

Aus welchen Gasen besteht Luft?



Welche Bakterien fixieren N_2 ?



Anzurechnende symbiotische N₂-Bindung durch Leguminosen

Fruchtart	FM-Ertrag dt/ha	N-Fixierung kg N/ha
Ackerbohnen	40	160
Körnererbsen	40	140
Buschbohnen	120	120
Erbsen	60	90
Klee gras	500	130
Rotklee	500	230
Luzerne	500	280
Leguminosen-Zwischenfrucht	300 ¹⁾	60
	150 ²⁾	30

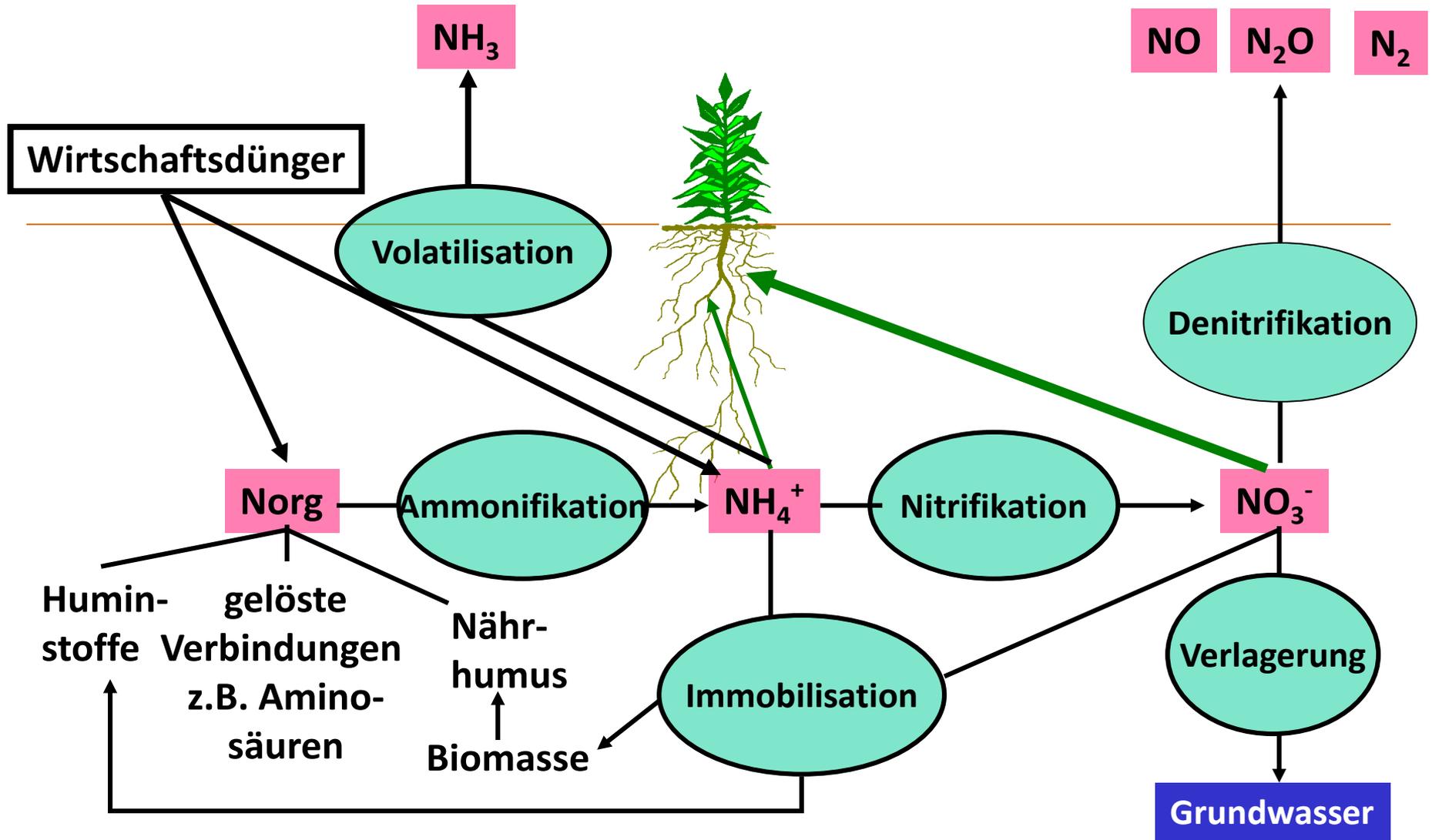
¹⁾ Saatzeit bis 15.08. ²⁾ Saatzeit ab 15.08.

aid, 2002

Leguminosen



Was passiert mit den N aus Wirtschaftsdüngern



Kumulative Ammoniak-Verluste nach der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern

Wirtschaftsdünger	Ammoniak-Verluste [in % des appl. Ammonium-N]			
	5 °C	10 °C	15 °C	25 °C, auf Stroh
Rindergülle	30	40	50	90
Schweinegülle	10	20	25	70
Jauche			20	
Tiefstall- und Stapelmist			90	
Geflügeltrockenkot			90	

mit Breitverteiler ohne Einarbeitung bei unterschiedlichen Temperaturen innerhalb 48 Stunden

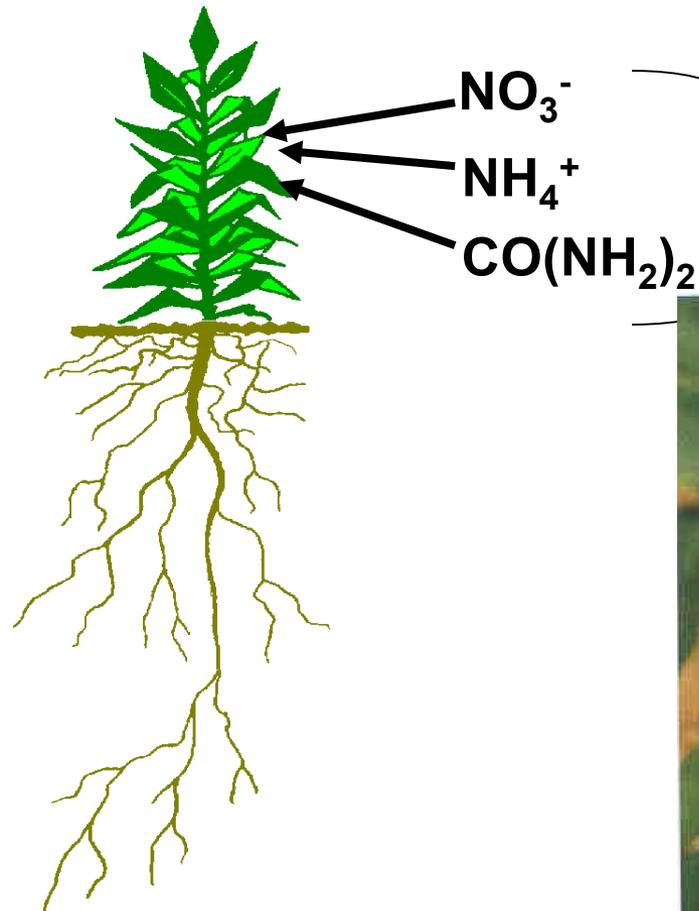
Stickstoffdüngung

Gliederung

1. Stickstoffdynamik im Boden
2. Stickstoffaufnahme
3. N-Düngungssysteme
 - DSN
 - EUF
 - Pflanzenanalyse
 - N-Sensor (teilflächenspezifische Düngung)
4. N-Düngerarten
 1. Übersicht
 2. Stabilisierte N-Dünger
 3. CULTAN-Verfahren

N-Aufnahme

über das Blatt



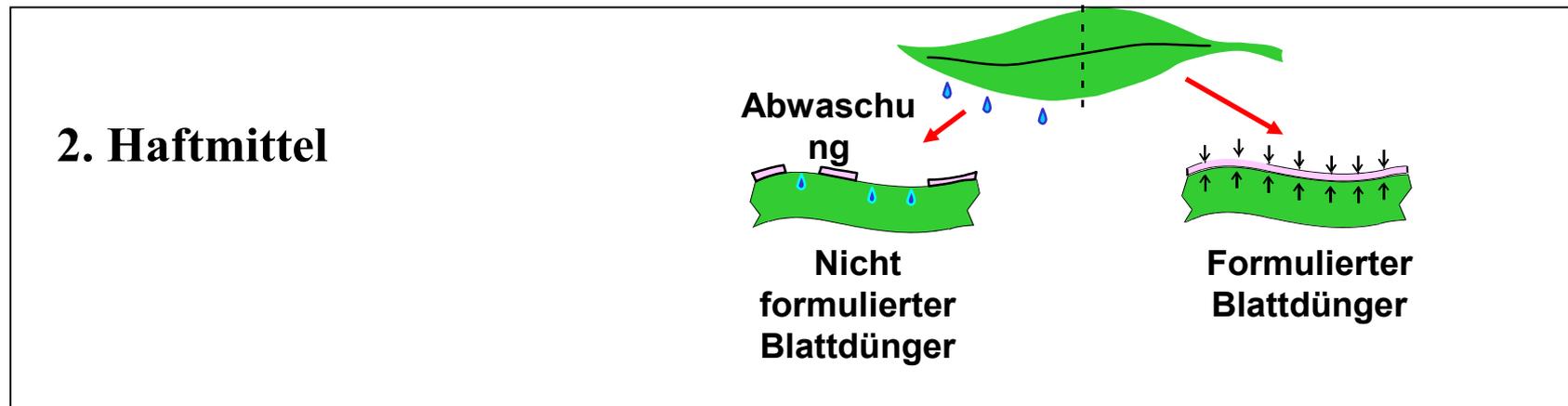
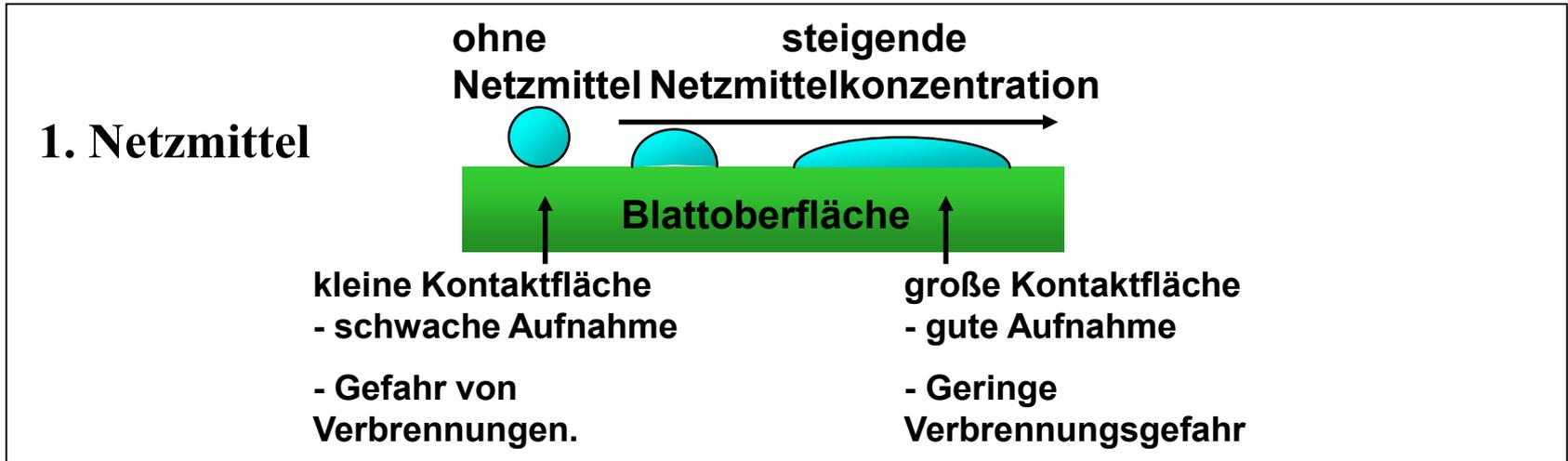
Blattdüngung

Nur begrenzte Mengen
Verätzungsgefahr!

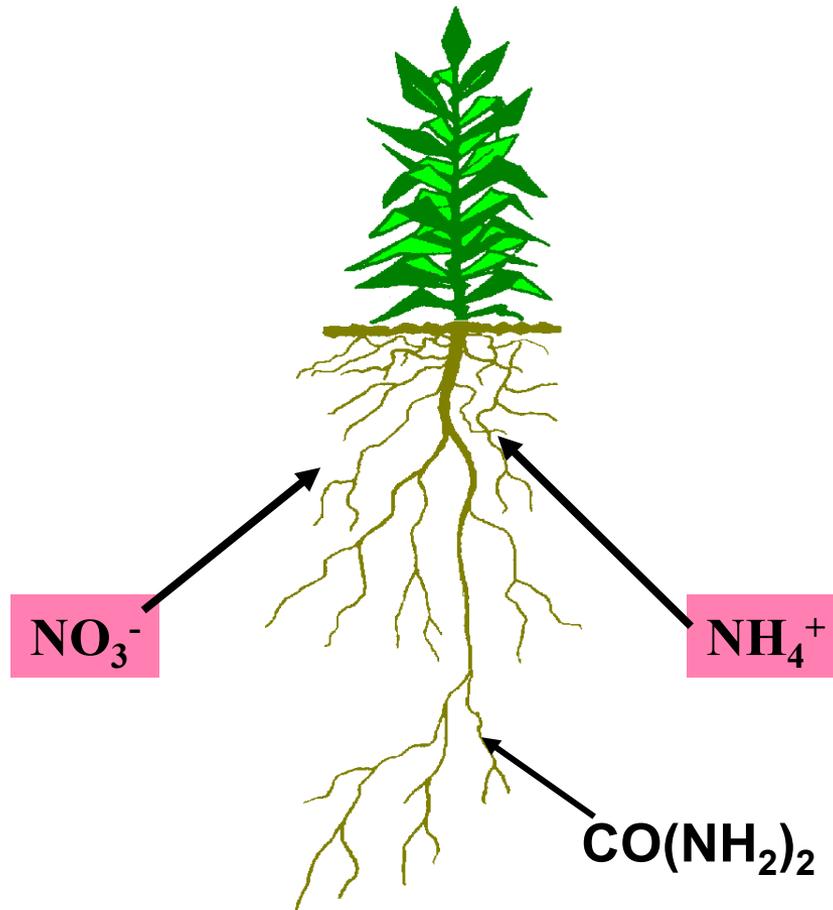


Blattverätzungen, verursacht durch 30 kg N/ha als AHL bei Sonne ausgebracht.

Wirkung der Formulierung von Blattdüngern



3. Dispergiermittel: Nährstoffe werden homogen in der Suspension gehalten



Funktionen des Stickstoffs in die Pflanze

N = Bestandteil von

Aminosäuren → Baustein von Enzymen, Proteinen, Proteiden

N-Basen → Baustein von von Nukleinsäuren (Erbinformation)

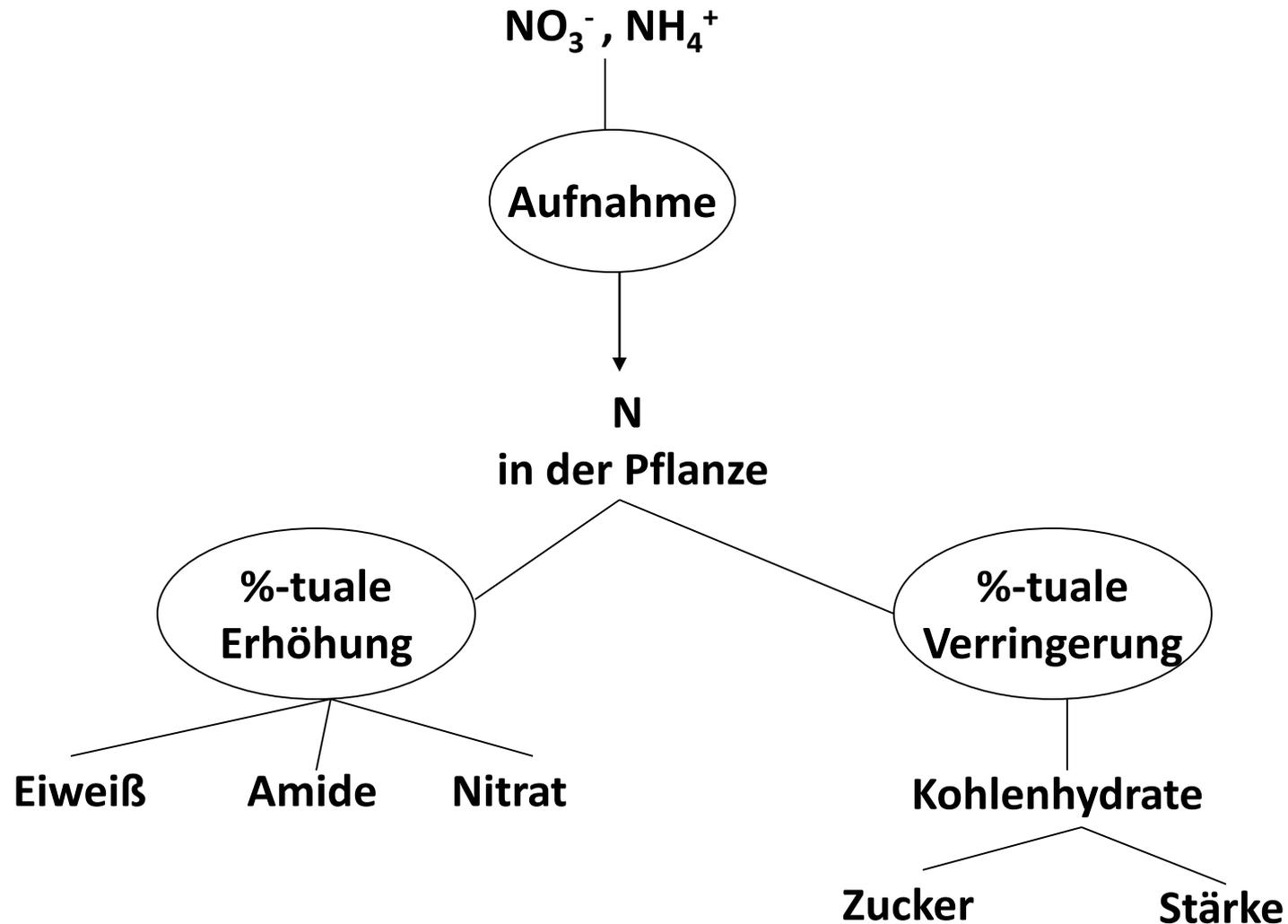
Bestandteil (Adenin) des energieübertragenden Coenzym ATP

Chlorophyll → Fotosynthese, grüne Farbe

Cytokinine → Pflanzenhormone (z.B. Kinetin), die Chlorophyllabbau verzögern
= Verzögerung der Alterung

Alkaloiden z.B. Solanin

Einfluss von Stickstoff auf die Qualität

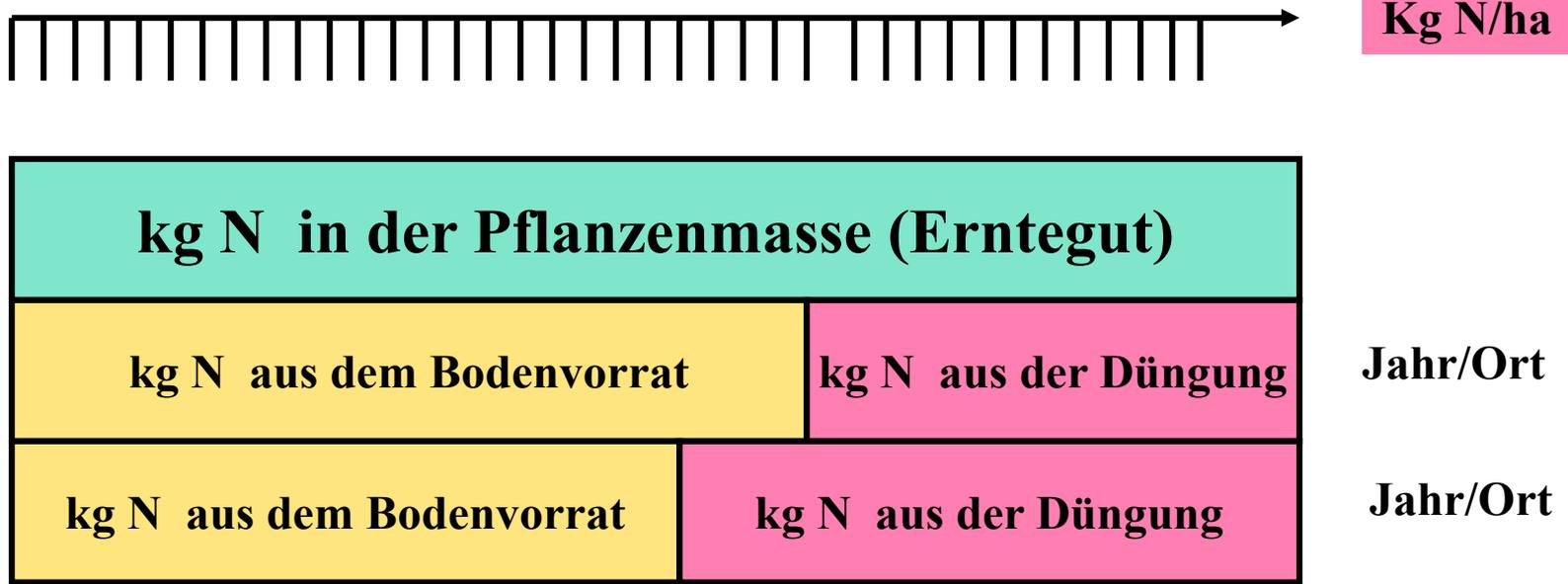


Stickstoffdüngung

Gliederung

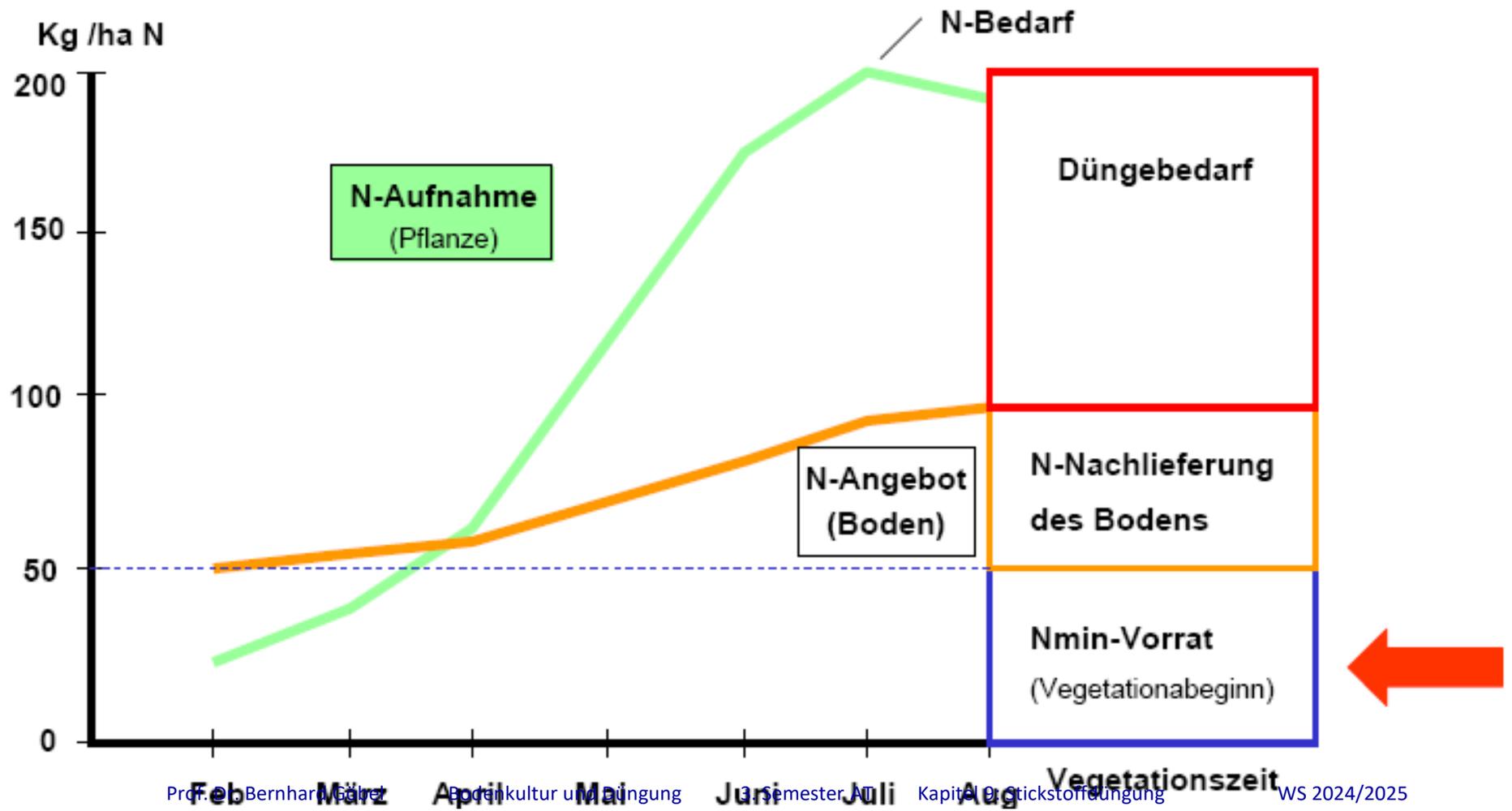
1. Stickstoffdynamik im Boden
2. Stickstoffaufnahme
3. N-Düngungssysteme
 - DSN
 - EUF
 - Pflanzenanalyse
 - N-Sensor (teilflächenspezifische Düngung)
4. N-Düngerarten
 1. Übersicht
 2. Stabilisierte N-Dünger
 3. CULTAN-Verfahren

Bemessung der N-Düngung in Menge (kg N/ha) und Zeitpunkt



- **Wieviel kg N/ha wird zu welchem Zeitpunkt durch Mineralisierung und Nitrifizierung pflanzenverfügbar?**
- **Wieviel kg N/ha muss zu welchem Zeitpunkt gedüngt werden, damit das gesamte N-Angebot aus Bodenvorrat plus N-Düngung für den angestrebten Ertrag nicht zu hoch und nicht zu niedrig ausfällt?**

N-Düngung unter Berücksichtigung des N-Bedarfs der Pflanze und des N-Angebotes des Bodens



DSN = Düngeberatungssystem Stickstoff (N)
der staatlichen Beratung in Bayern
(jetzt angewendet in der Düngebedarfsermittlung der DVO)

Kennzeichnung der Bodenuntersuchung für das Düngeberatungssystem DSN

Kennzeichen	DSN
Probenahmetiefe	0 bis 30, 30 bis 60 cm, Schätzwert(=berechnet) für 60 bis 90 cm
Probenahmezeitpunkt	im Frühjahr vor der N-Erstgabe
Extraktionsmethode	Calciumchlorid = CaCl_2
Untersuchungs- ergebnis	N_{min} -Wert kg N/ha (NO_3^- -N + NH_4^+ -N) in 0 bis 90 cm; bei Sommerweizen, Sommergerste u. Kartoffeln : 0 bis 60 cm

Düngebedarfsermittlung (ähnlich DSN)

- **N-Bedarfswert (Sollwert)** abhängig von Fruchtart und Düngungszeitpunkt: Erfahrungswerte aus Feldversuchen, der angibt, wieviel N dem Pflanzenbestand zur Verfügung gestellt werden soll.

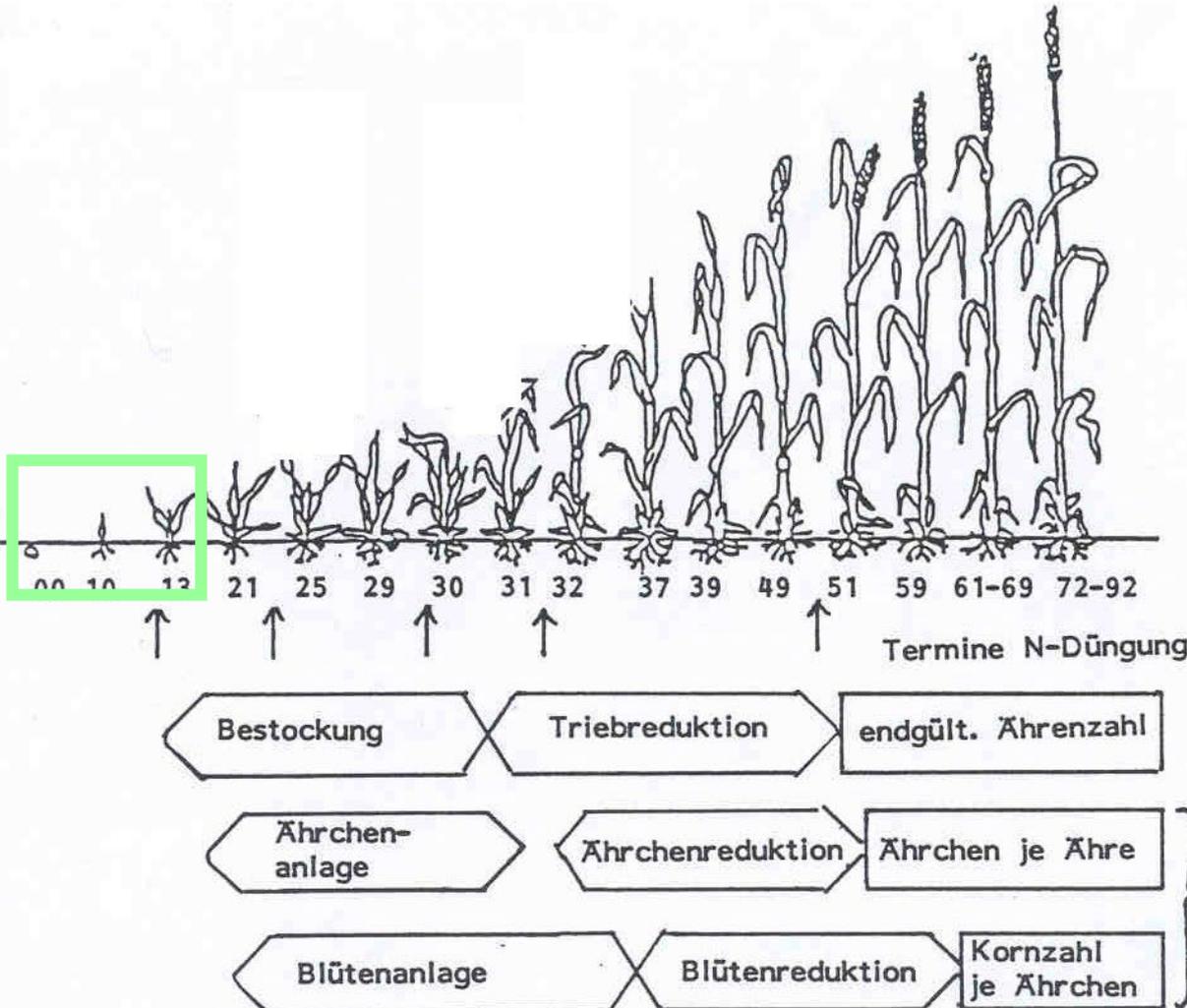
- **Zu-bzw. Abschläge** nach schlagspezifischen Gegebenheiten für:
 - Niveau des angestrebten Ertrages,
 - N_{\min} -Wert im Frühjahr
 - Art der Vorfrucht und Verbleib der Ernterückstände der Vorfrucht (Stroh-/Blattbergung),
 - Art (Leguminosen oder Nichtleguminosen) und Nutzung der Zwischenfrucht (abgefahren oder eingearbeitet),
 - Stickstoffnachlieferung aus dem Bodenvorrat (abhängig von Humusgehalt)
 - Stickstoffnachlieferung aus der organischen Düngung des Vorjahres
 - Art, Menge und Zeitpunkt der Ausbringung von Wirtschaftsdünger und sonstiger org. Dünger (geplant)
 - Zuschläge aufgrund nachträglich eintretender Umstände (schlechte Bestandesentwicklung, Witterungsereignisse)

Stickstoffbedarfswerte in Abhängigkeit vom Ertragsniveau

Kultur	Ertragsniveau in dt/ha	N-Bedarfswert in kg/ha	(je Ertragsdifferenz) Zu-/Abschlag in kg/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) 10/10
Frühkartoffel	400	220	(50 dt) 10/10

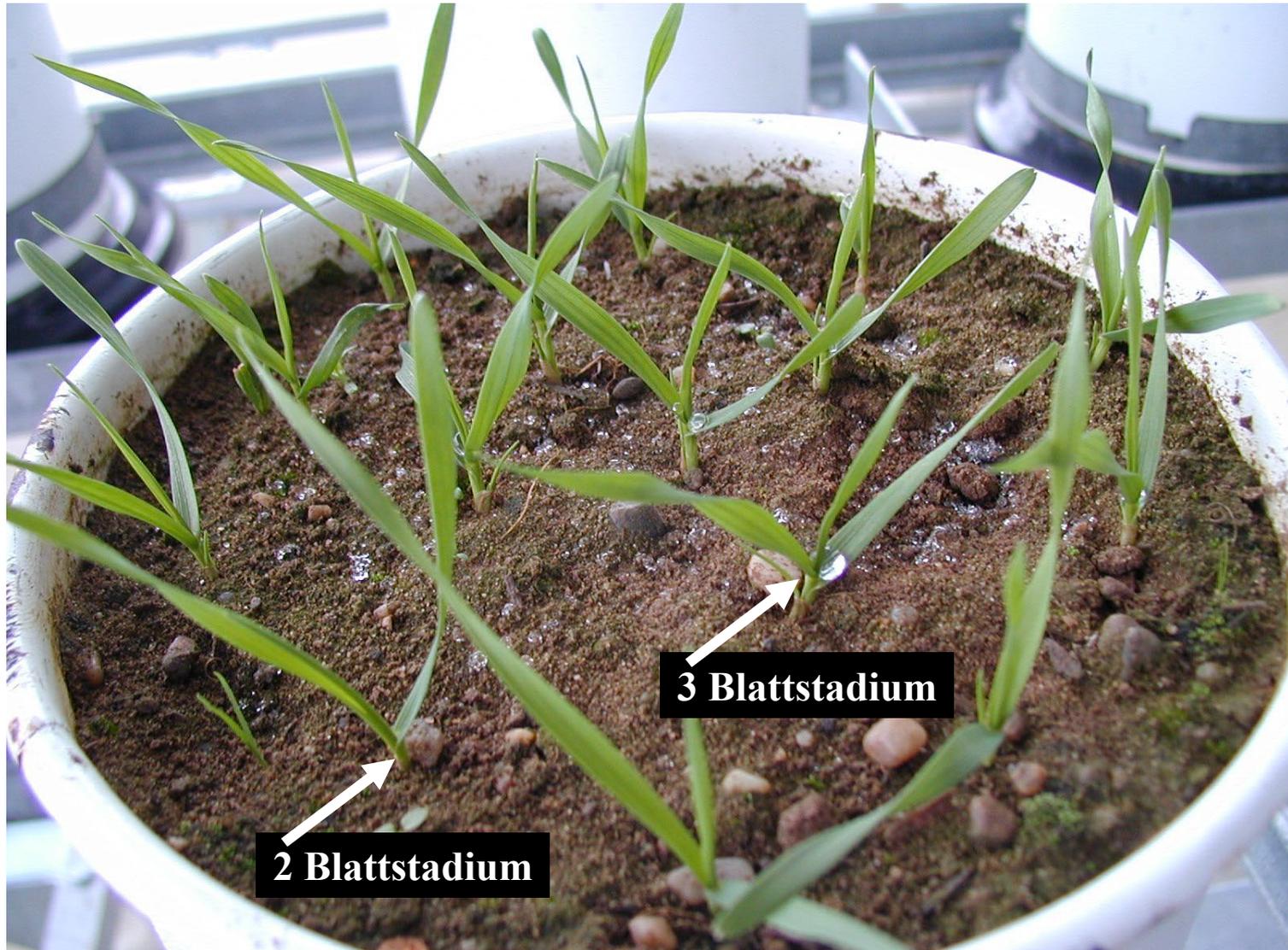
Quelle: Gelbes Heft)

EC/BBCH = Entwicklungscode bei Getreide



Entwicklungsstadien bei Getreide

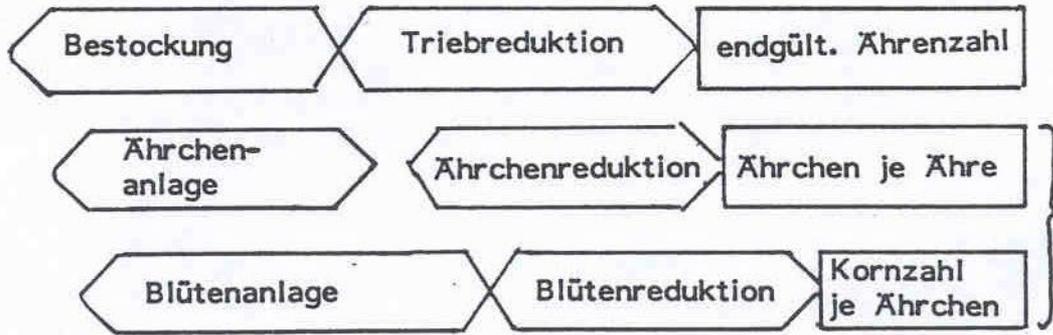
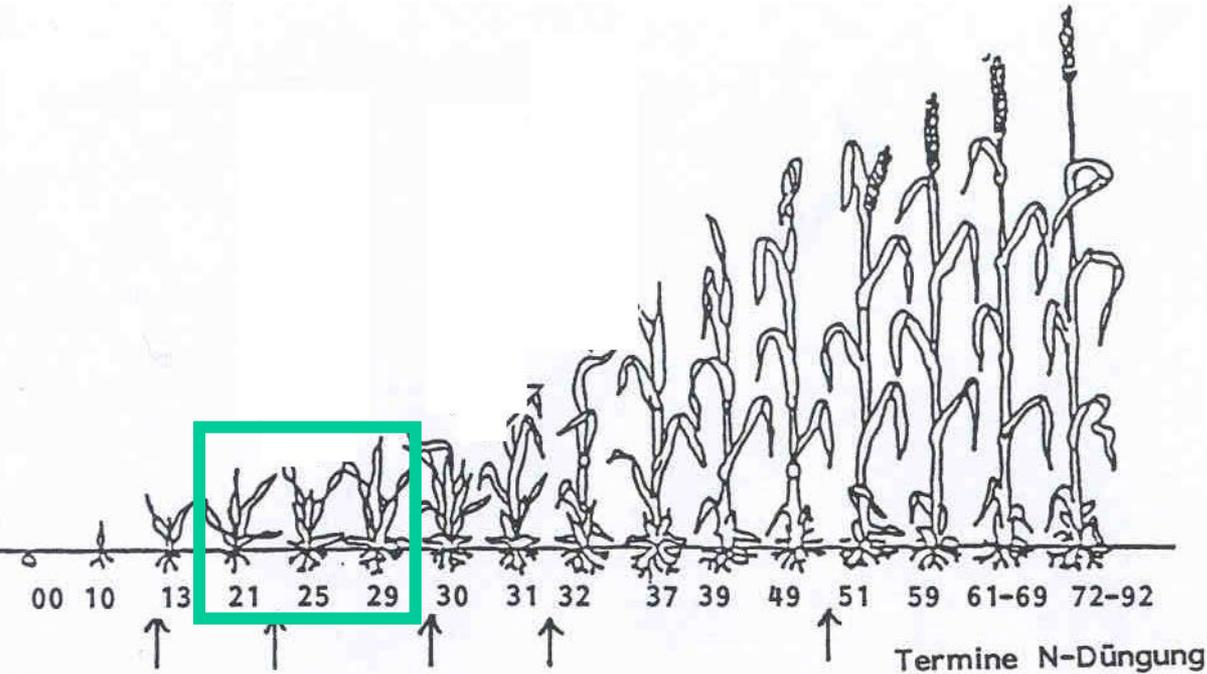
- 00 - Trockenes Saatkorn
- 07 - Austritt aus der Keimscheide
- 10 - Keimkeule
- 11 - 1-Blatt-Stadium
- 12 - 2-Blatt-Stadium
- 13 - 3-Blatt-Stadium
- 21 - Bestockungsbeginn
- 25 - Hauptbestockung
- 29 - Bestockungsende
- 30 - Schoßbeginn
- 31 - 1-Knoten-Stadium
- 32 - 2 Knoten-Stadium
- 37 - Erscheinen des letzten Blattes
- 39 - Blatthäutchen-Stadium
- 49 - Öffnen der Blattscheide
- 51 - Beginn des Ährenschiebens
- 55 - Mitte des Ährenschiebens
- 59 - Ende des Ährenschiebens
- 61 - Blüh-Beginn
- 65 - Voll-Blüte
- 69 - Blüh-Ende
- 71 - Kornbildung
- 75 - Milchreife
- 85 - Teigreife
- 87 - Gelbreife
- 91 - Vollreife
- 92 - Totreife



Bestockungsphase

Entwicklungsstadien bei Getreide

- 00 - Trockenes Saatkorn
- 07 - Austritt aus der Keimscheide
- 10 - Auflaufen
- 11 - 1-Blatt-Stadium
- 12 - 2-Blatt-Stadium
- 13 - 3-Blatt-Stadium
- 21 - Bestockungsbeginn**
- 25 - Hauptbestockung**
- 29 - Bestockungsende**
- 30 - Schoßbeginn
- 31 - 1-Knoten-Stadium
- 32 - 2 Knoten-Stadium
- 37 - Erscheinen des letzten Blattes
- 39 - Blatthäutchen-Stadium
- 49 - Öffnen der Blattscheide
- 51 - Beginn des Ährenschiebens
- 55 - Mitte des Ährenschiebens
- 59 - Ende des Ährenschiebens
- 61 - Blüh-Beginn
- 65 - Voll-Blüte
- 69 - Blüh-Ende
- 71 - Kornbildung
- 75 - Milchreife
- 85 - Teigreife
- 87 - Gelbreife
- 91 - Vollreife
- 92 - Totreife







2. /1.
Bestockungstrieb

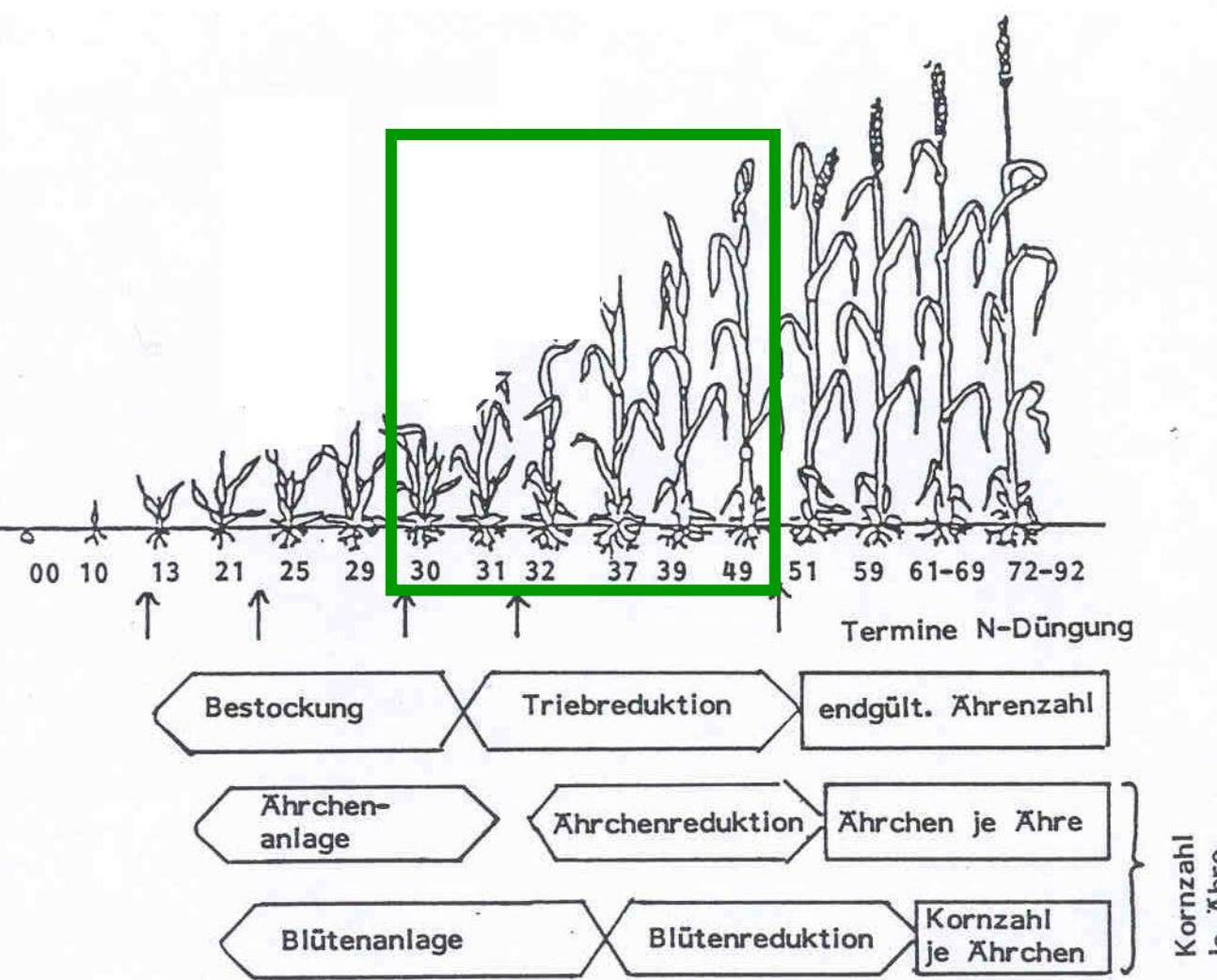
N-Düngung in der Bestockung



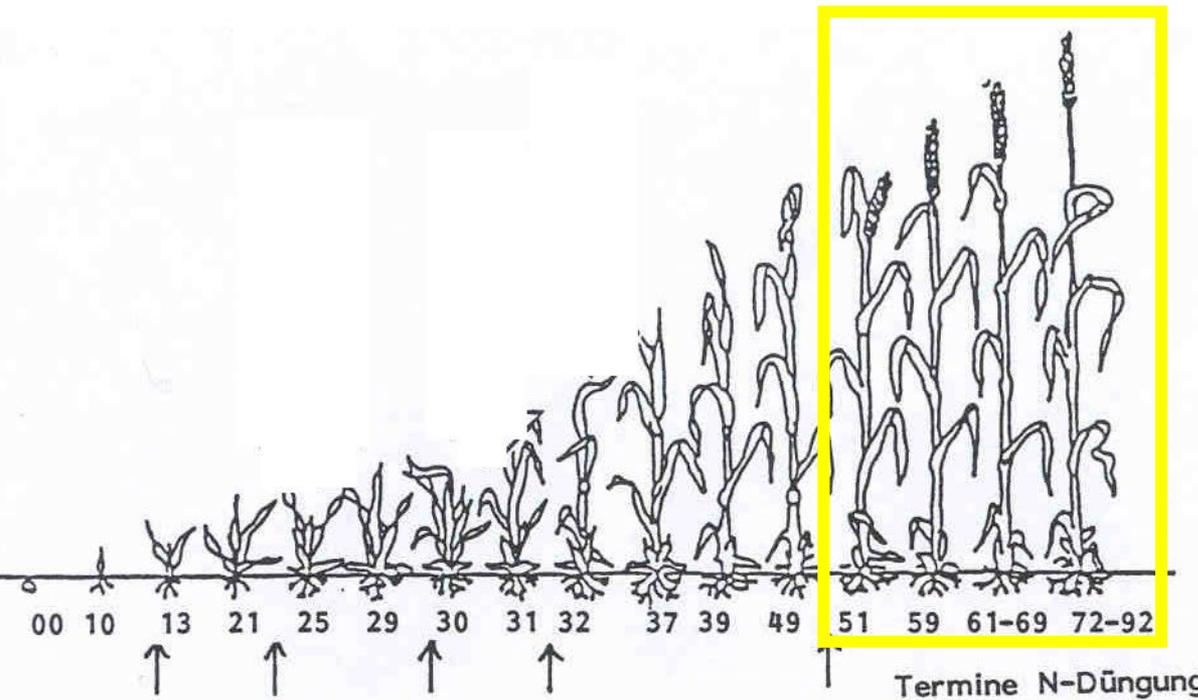
Schoßphase; Hauptwachstumsphase

Entwicklungsstadien bei Getreide

- 00 - Trockenes Saatkorn
- 07 - Austritt aus der Keimscheide
- 10 - Auflaufen
- 11 - 1-Blatt-Stadium
- 12 - 2-Blatt-Stadium
- 13 - 3-Blatt-Stadium
- 21 - Bestockungsbeginn
- 25 - Hauptbestockung
- 29 - Bestockungsende
- 30 - Schoßbeginn
- 31 - 1-Knoten-Stadium
- 32 - 2 Knoten-Stadium
- 37 - Erscheinen des letzten Blattes
- 39 - Blatthäutchen-Stadium
- 49 - Öffnen der Blattscheide
- 51 - Beginn des Ährenschiebens
- 55 - Mitte des Ährenschiebens
- 59 - Ende des Ährenschiebens
- 61 - Blüh-Beginn
- 65 - Voll-Blüte
- 69 - Blüh-Ende
- 71 - Kornbildung
- 75 - Milchreife
- 85 - Teigreife
- 87 - Gelbreife
- 91 - Vollreife
- 92 - Totreife

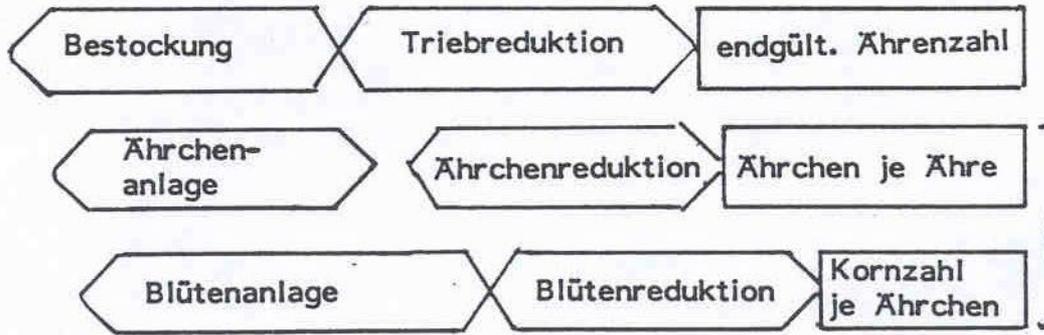


Ährenschieben; Kornfüllungsphase



Entwicklungsstadien bei Getreide

- 00 - Trockenes Saatkorn
- 07 - Austritt aus der Keimscheide
- 10 - Auflaufen
- 11 - 1-Blatt-Stadium
- 12 - 2-Blatt-Stadium
- 13 - 3-Blatt-Stadium
- 21 - Bestockungsbeginn
- 25 - Hauptbestockung
- 29 - Bestockungsende
- 30 - Schoßbeginn
- 31 - 1-Knoten-Stadium
- 32 - 2 Knoten-Stadium
- 37 - Erscheinen des letzten Blattes
- 39 - Blatthäutchen-Stadium
- 49 - Öffnen der Blattscheide
- 51 - Beginn des Ährenschiebens
- 55 - Mitte des Ährenschiebens
- 59 - Ende des Ährenschiebens
- 61 - Blüh-Beginn
- 65 - Voll-Blüte
- 69 - Blüh-Ende
- 71 - Kornbildung
- 75 - Milchreife
- 85 - Teigreife
- 87 - Gelbreife
- 91 - Vollreife
- 92 - Totreife

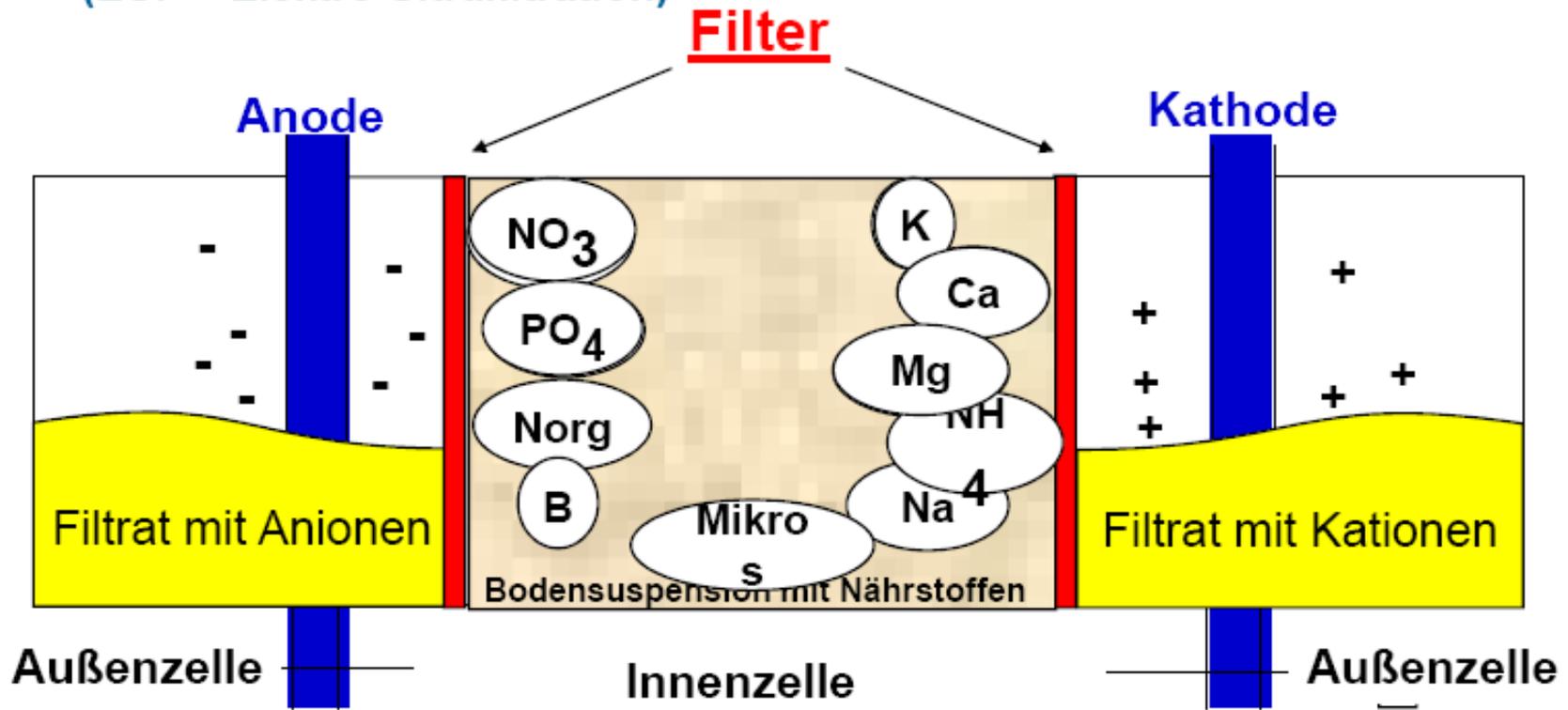


EUF = Düngeberatungssystem auf der Grundlage des EUF-Bodenuntersuchungsverfahrens (Elektro-Ultra-Filtration) Vergleich der Bodenuntersuchungsverfahren von DSN und EUF

Kennzeichen	DSN	EUF
Probenahmetiefe	0 bis 30, 30 bis 60 cm, Schätzwert(=berechnet) für 60 bis 90 cm	0 bis 30 cm
Probenahmezeitpunkt	im Frühjahr vor der Erstgabe	Sommer (Herbst) des Vorjahres
Extraktionsmethode	Calciumchlorid = CaCl_2	Wasserextraktion, durch Strom und Temperatur gesteuert: elekt. geladene Verbindungen wandern durch ultrafeine Filter zu Elektroden.
Untersuchungsergebnis	N_{\min} -Wert kg N/ha (NO_3^- -N + NH_4^+ -N) bezogen auf 0 bis 90 cm; bei Sommerweizen, Sommergerste u. Kartoffeln: 0 bis 60 cm Bodentiefe	mg/100 g Boden *Zeit <ul style="list-style-type: none"> • EUF-NO_3^--N, • EUF-Norg (= NH_4^+-N plus leicht lösliche, leicht mineralisierbare org. N-Verbindungen, = Umwandlungsprodukte der mikrobiellen Biomasse u. der Wurzelrückstände (freie Aminosäuren))

Aufbau einer EUF-Zelle

(EUF = Elektro Ultrafiltration)





EUf- Nährstoff- Fraktionen

- 1. Fraktion: sofort pflanzenverfügbare Nährstoffmengen**
- 2. Fraktion: in der Vegetationszeit nachlieferbare Nährstoffmengen**

EUF - Bodenstickstoff

Anorganische Fraktion

Organische Fraktion

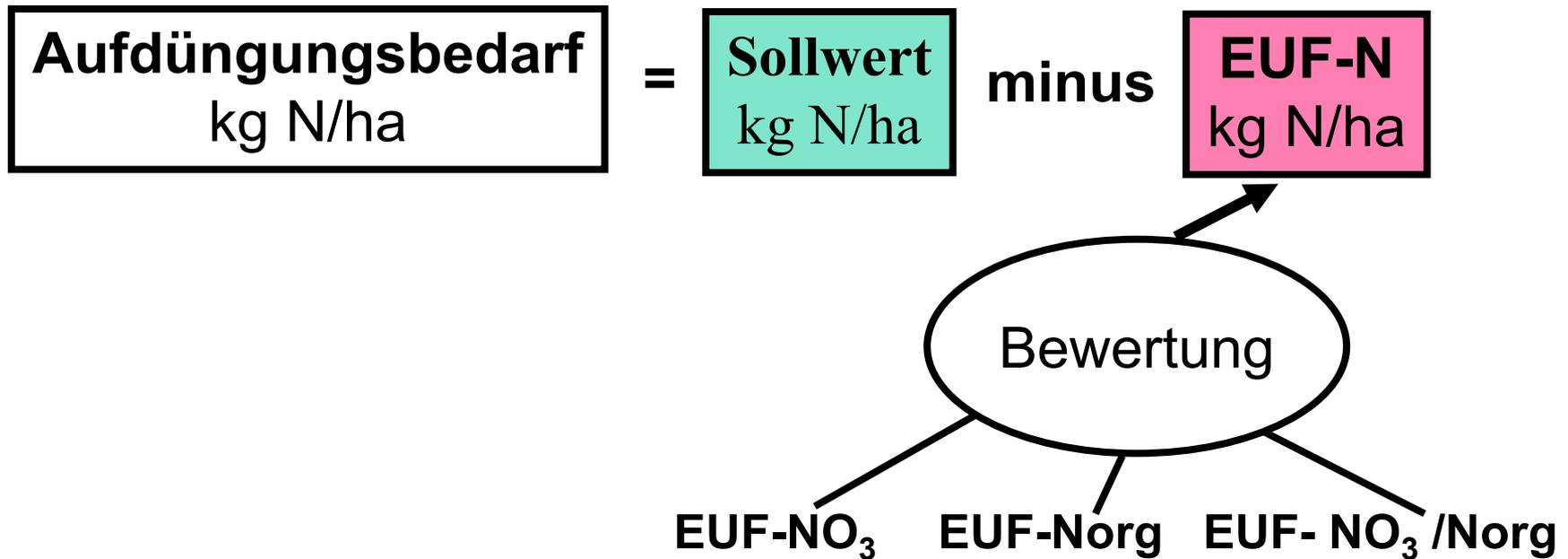
Ammonium

Nitrat

Biomasse

Ableitung der EUF-Düngeempfehlung

1. „Aufdüngungsbedarf“ schätzen



Ableitung der EUF-Düngeempfehlung

2. Schlagspezifische Besonderheiten berücksichtigen

EUF-Düngeempfehlung
kg N/ha

=

Aufdüngungsbedarf
kg N/ha

minus

**N aus Vorfrucht/Ernterückstände
Zwischenfrüchten
organischer Düngung**
kg N/ha

N-Tester

Durchführung der Messung im Feld

Auf den zum N-Tester gehörigen Sortenkorrekturkarten erscheinen jedes Jahr die wichtigsten Sorten sowie neue Sorten, für die bereits ausreichend gesicherte Messwerte vorliegen. Die Karten sind für Winterweizen, Wintergerste, Winterroggen und Triticale verfügbar.

Beispiel

1. Winterweizen, Sorte Akteur.
2. N-Gabe zum Schossen, EC 31.

1. Ermittelter Messwert nach min. 30 Messungen im Feld:
625

2. Ablesen des sorten- und stadienabhängigen Messwertes in der Tabelle:
Batis, EC 31 -
-10



Winterweizen			
Erschölter düngen mit dem YARA N-Tester			
Sorte	Erntebestand	Sorte	Erntebestand
Aktuator	20	Batis	30
Alexander	0	Batis	-10
Batis	-20	Batis	-20

Winterweizen			
zum Schossen und Ährenschieben			
Schossen (BBCH 30/32)	gilt nur für 2017	Ährenschieben (BBCH 37/51)	
Messwert: kg N/ha	Düngempfehlung:	Messwert: kg N/ha	
< 70	0	< 700	0
70-150	20	700-1000	20
150-200	30	1000-1500	30
200-300	40	1500-2000	40
300-400	50	2000-3000	50
400-500	60	3000-4000	60
500-600	70	4000-5000	70
600-700	80	5000-6000	80
700-800	90	6000-7000	90
800-900	100	> 7000	90

Der Messwert und der Sortenkorrekturwert ergeben den korrigierten Messwert:

Messwert: **625**
Sortenkorrekturwert: **-10**

korrigierter Messwert: **615**

Ablesen der Düngempfehlung: **70 kg N/ha**



Weitere Infos finden Sie hier.

1. Messung der Chlorophyll-Konzentration in Getreideblättern
2. Gemessen wird zum Schossen und Ährenschieben am jüngsten vollentwickelten Blatt
3. Mindestens 30 Einzelmessungen

N-Tester



N-Tester Generation ab Baujahr 2010

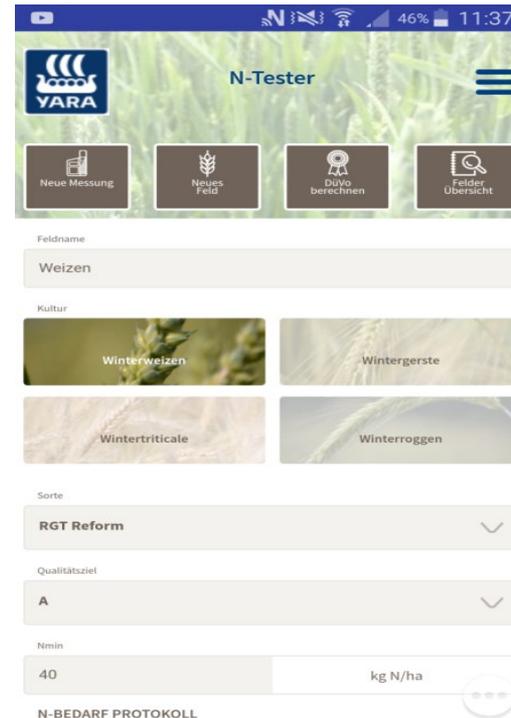
- Entfallen der Sortenkorrekturkarten
- Direkte Ausgabe der Dünge-Empfehlung
- Speicherung, Druck der Daten
- Das jährliche Update erfolgt online



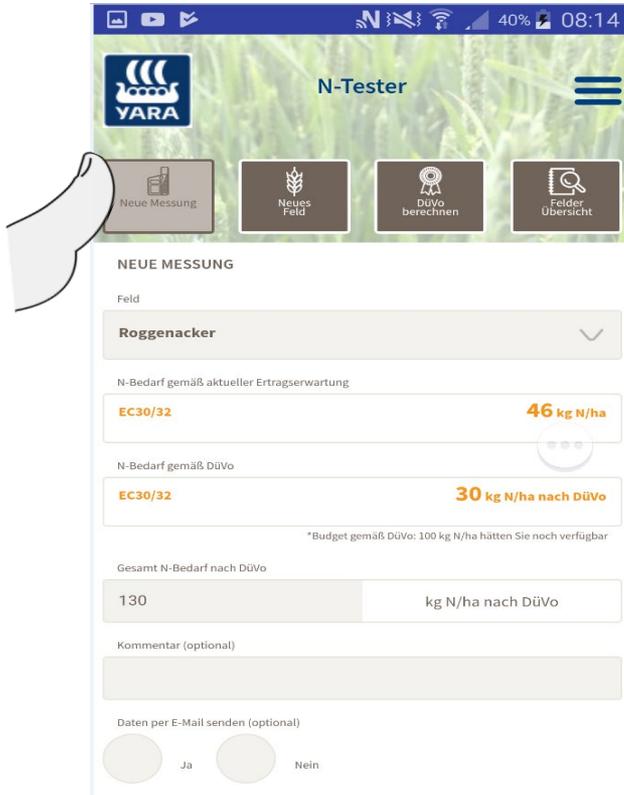
N-Tester App berechnet den feldspezifischen aktuellen N-Düngungsbedarf

Input

- Sorte
- Aktuelle Ertragserwartung
- Qualitätsziel
- Bereits gedüngt
- N-Tester Messung



Die eigentliche Messung beginnt



The screenshot shows the YARA N-Tester mobile application interface. At the top, there is a status bar with icons for camera, video, and social media, along with signal strength, Wi-Fi, and battery (40%) indicators, and the time 08:14. Below the status bar is the YARA logo and the text 'N-Tester'. A hamburger menu icon is on the right. Below this is a row of four buttons: 'Neue Messung' (highlighted with a hand icon), 'Neues Feld', 'DüVo berechnen', and 'Felder Übersicht'. The main content area is titled 'NEUE MESSUNG' and contains a form with the following fields:

- 'Feld' dropdown menu with 'Roggenacker' selected.
- 'N-Bedarf gemäß aktueller Ertragserwartung' field with 'EC30/32' and '46 kg N/ha'.
- 'N-Bedarf gemäß DüVo' field with 'EC30/32' and '30 kg N/ha nach DüVo'.
- A note: '*Budget gemäß DüVo: 100 kg N/ha hätten Sie noch verfügbar'.
- 'Gesamt N-Bedarf nach DüVo' field with '130' and 'kg N/ha nach DüVo'.
- 'Kommentar (optional)' text input field.
- 'Daten per E-Mail senden (optional)' section with radio buttons for 'Ja' and 'Nein'.

- Eingabe des BBCH Stadiums
- Abfrage der Ertragserwartung
- Kurze Info zur bisherigen Düngung
- Abfrage ob es sich um die zweite oder dritte Gabe handelt
- Daten können per email versendet werden

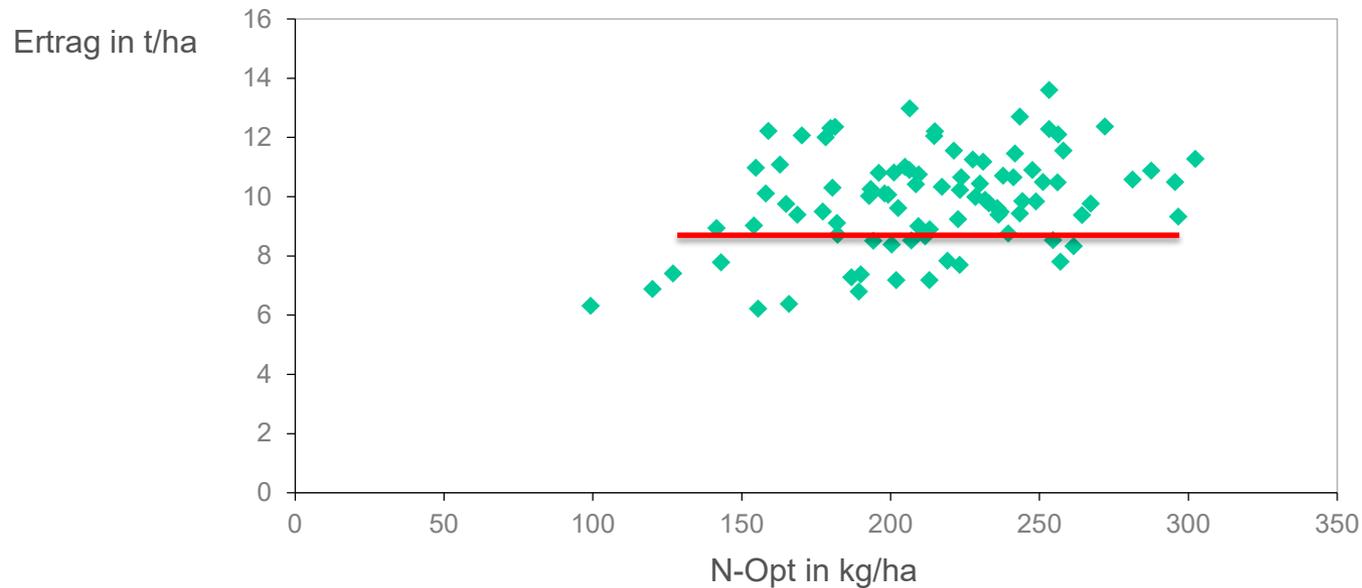


Stickstoffdüngung-Tabellen zur Ermittlung von Stickstoffbedarf

Kultur	Ertragsniveau in dt/ha	Stickstoffbedarfswert in kg N/ha
Winterraps	40	200
Winterweizen A, B	80	230
Winterweizen C	80	210
Winterweizen E	80	260
Hartweizen	55	200
Wintergerste	70	180
Winterroggen	70	170
Wintertriticale	70	190
Sommergerste	50	140
Hafer	55	130
Körnermais	90	200
Silomais	450	200
Zuckerrübe	650	170
Kartoffel	450	180
Frühkartoffel	400	220
Sonnenblume	30	120
Öllein	20	100

Quelle: Stickstoffbedarfswerte für landwirtschaftliche Ackerkulturen in Abhängigkeit vom Ertragsniveau unter der DüV 2017

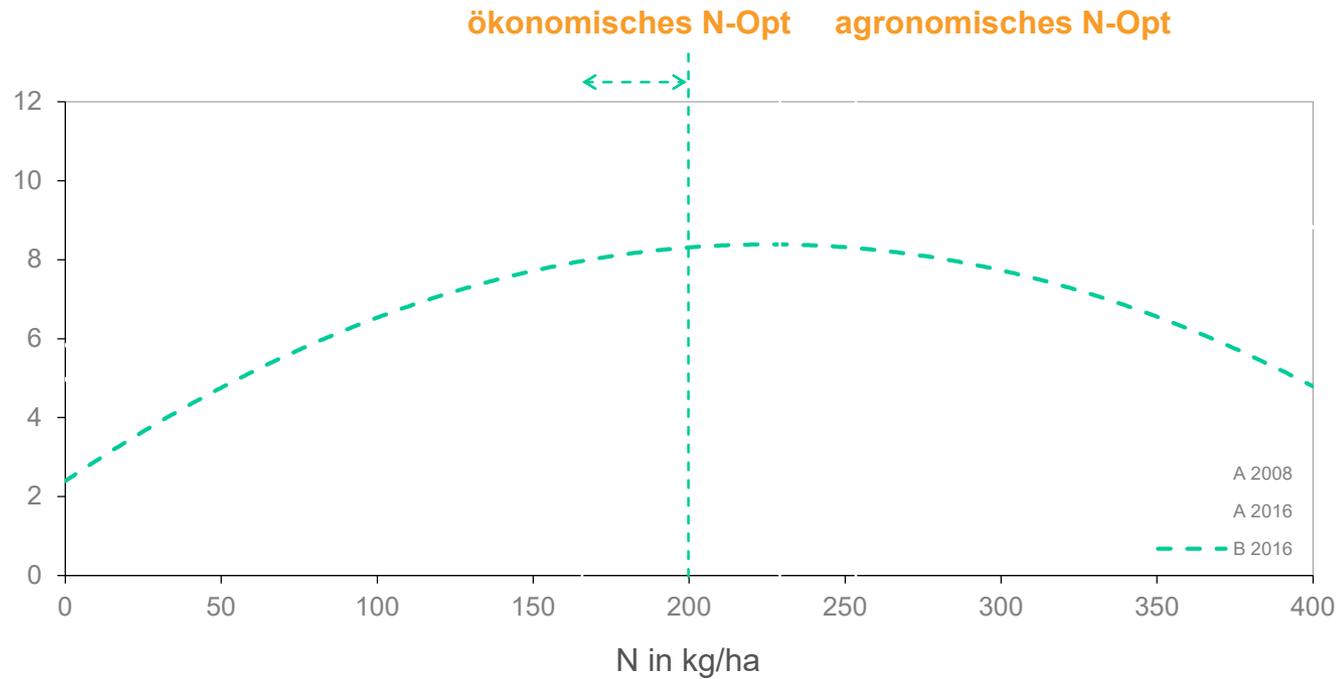
Ertrag eignet sich nicht zur Bemessung von Stickstoffbedarf



Quelle: 98 Versuche mit Winterweizen 2007 bis 2016, R. Große-Scharmman, Yara International, RC Hanninghof

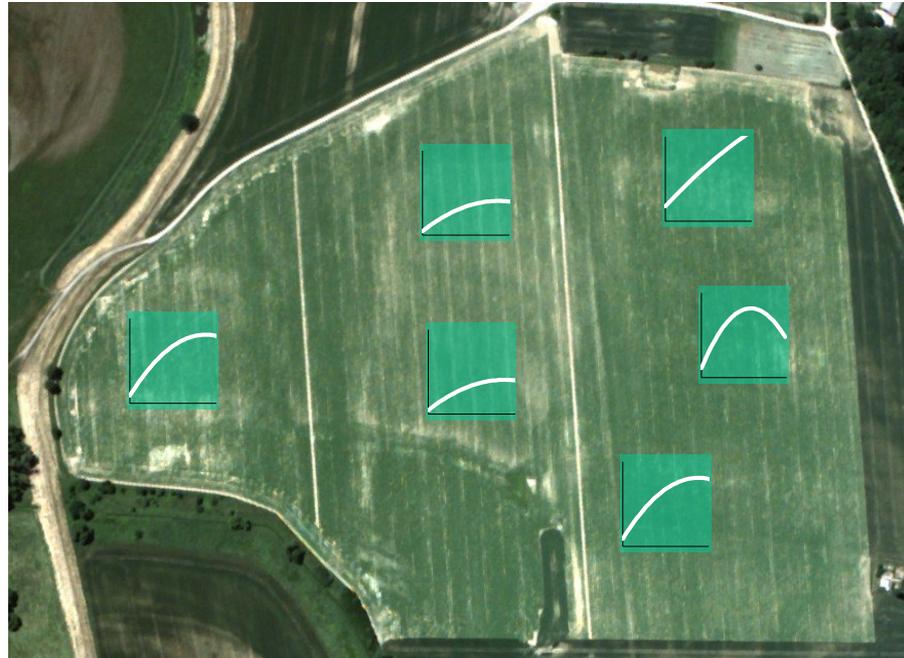
Das N-Optimum hängt von Standort und Jahr ab

Ertrag in t/ha



Quelle: Ergebnisse aus drei N-Steigerungsversuchen, R. Große-Scharmann, Yara International, RC Hanninghof 2018

Auch innerhalb eines Schlags schwankt der Stickstoffbedarf

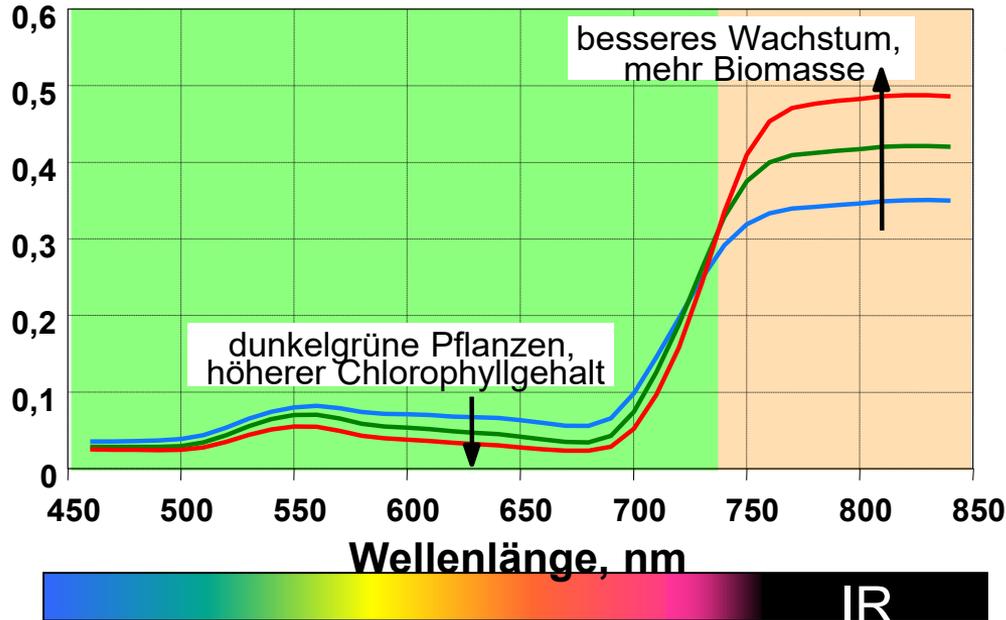


Quelle: Smart Farming Tools Düngung – Dr. Philipp Drerup, Yara Deutschland 2017

Yara N-Sensor:

Messung des vom Pflanzenbestand reflektierten Lichts zur Bestimmung der N-Versorgung

Lichtreflektion



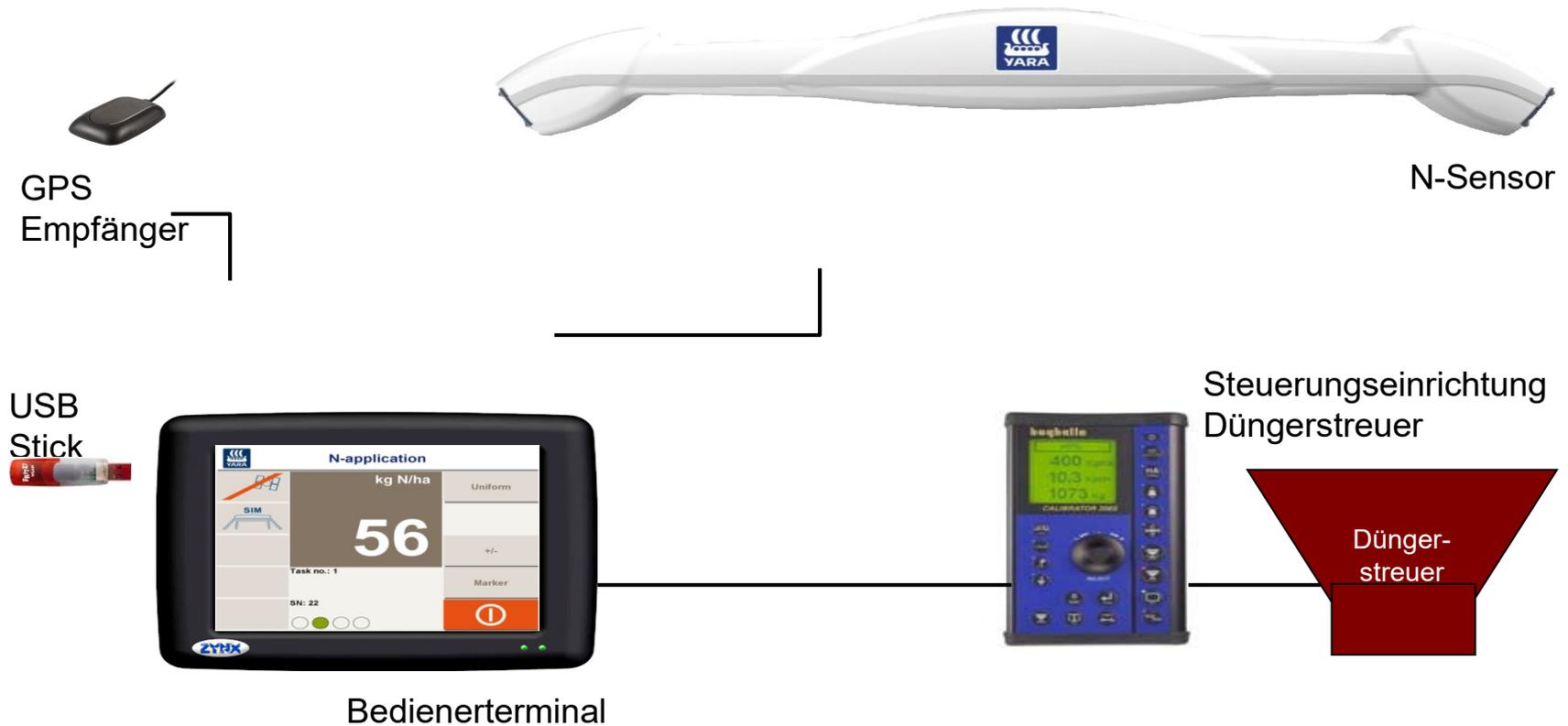
N-Angebot

200 kg/ha

120 kg/ha

60 kg/ha

System Layout



Vergleich der Traktor basierten Sensorsysteme

Name Händler	GreenSeeker® Trimble, FarmFacts	OptRx Ag Leader, PH Roden	Isaria Fritzmeier, BayWa, Agravis, Claas Agrosystems	Yara N-Sensor® Agri Con
				
Montage	Frontanbau oder am Spritzbalken	Frontanbau oder am Spritzbalken	Frontanbau	Auf der Traktor Kabine
Abstand Pflanze-Sensor	60 - 140 cm	75 - 150 cm	40 - 100 cm	300 - 600 cm
Messfeld	4 x 0.6 m	2 x 0.8 m	2 x ca. 0.5 m	2 x 3 m
Kalibration, agromische Algorithmen	Freie Kalibrierung auf dem Feld durch den Landwirt	Freie Kalibrierung auf dem Feld durch den Landwirt	Freie Kalibrierung auf dem Feld durch den Landwirt, optional 1-Punkt Kalibrierung und absolut Kalibrierung für Weizen	1-Punkt Kalibrierung (auf dem Feld oder Zielwertdüngung) für Getreide, Mais, Kartoffel; absolut Kalibrierung für WRa

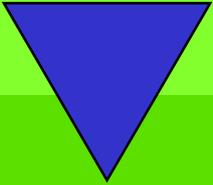
Stickstoffdüngung

Gliederung

1. Stickstoffdynamik im Boden
2. Stickstoffaufnahme
3. N-Düngungssysteme
 - DSN
 - EUF
 - Pflanzenanalyse
 - N-Sensor (teilflächenspezifische Düngung)
4. N-Düngerarten
 1. Übersicht
 2. Stabilisierte N-Dünger
 3. CULTAN-Verfahren

Gruppe	Typen- Bezeichnung	N %	N-Formen	Umsetzung im Boden	
N-Dünger- formen	Ammonium- Dünger	Ammoniumsulfat = Ammon-sulfat = schwefelsaures Ammoniak	21	(NH₄)₂SO₄ 24 % S	NH₄[*] : Volatilisation, Adsorption, Fixierung Immobilisierung, Pflanzenaufnahme Nitrifizierung
	Nitrat-Dünger =Salpeter- Dünger	Kalksalpeter	15	Ca(NO₃)₂ 19 % CaO	NO₃⁻ : Denitrifizierung, Ein(Aus)waschung, Immobilisierung, Pflanzenaufnahme
	Ammonnitrat -Dünger	Kalkammon- salpeter =KAS	27	NH₄NO₃ · CaCO₃ 13,5 % NO ₃ , 13,5 % NH ₄ ,12 % CaO	
		Ammonsulfat- salpeter = ASS	26	NH₄NO₃ (NH₄)₂SO₄ 7 % NO ₃ , 19 % NH ₄ 14 % S	
	Amid-Dünger	Harnstoff = Carbamid= Urea	46	CO(NH₂)₂	CO(NH ₂) ₂ + H ₂ O ---Urease→ (NH ₄) ₂ CO ₃ → NH ₄ ⁺
		Kalkstickstoff	19,8	CaCN₂ + C bis 3 % NO ₃ , 55 % CaO	a) anorg. Hydrolyse: N≡C-N=Ca + 2H ₂ O → N≡C-NH ₂ + Ca(OH) ₂ b) enzymatische u. anorg. Umsetzung: N≡C-NH ₂ + H ₂ O → CO(NH ₂) ₂
Ammon- nitratamid- Dünger	Ammonnitrat- Harnstoff-Lösung = AHL	28	NH₄NO₃ + CO(NH₂)₂ , 7 % NO ₃ 7 % NH ₄ , 14 % CO(NH ₂) ₂		

Die wichtigsten Stickstoffformen in Mineraldüngern und ihre Wirkungsgeschwindigkeit

Nitrat, Salpeter	NO₃	Kalksalpeter	schnell
Ammonium	NH₄	schwefels. Ammoniak	
Amid	CO(NH₂)₂	Harnstoff	
Cyanamid	CN₂	Kalkstickstoff	langsam

Diese N- Formen sind alleine oder in unterschiedlichen Anteilen in N- haltigen Düngern enthalten.

Die Zusammensetzung der wichtigsten Stickstoffdünger für den Ackerbau

	KAS	ASS	AHL	Harnstoff
N-Gehalt (%)	27	26	28	46
Anteile der N-Form (%)				
Nitrat	50	30	25	-
Ammonium	50	70	25	-
Amid	-	-	50	100

Die Zusammensetzung der enthaltenen N- Formen bestimmen die Wirkungsgeschwindigkeit der Dünger.



Zusammensetzung wichtiger N-Dünger

(Gehaltsangaben in Gewichts-% [= kg/dt] nach Herstellerangaben bzw. Volumen-% [= kg/100 Liter])

Dünger	Stickstoffgehalt*				Kalkwert (kg CaO je 100 kg N)	weitere Nährstoffe (Gew.-%) Bemerkungen	
	Gewichts-% (kg/dt)			Vol.-% N (kg/100 l)			
	N	NO ₃	NH ₄ Amid				
Kalkammonsalpeter (KAS)	27	13,5	13,5	-	-55	bis 4 % MgO	
KAS + S (z. B. YaraBela Sulfan)	24	12	12	-	-87	6 % S	
KAS + Mg + S (YaraBela Optimag 24)	24	12	12	-	-92	8 % MgO, 6 S	
Ammonsulfatsalpeter (ASS)	26	7	19	-	-196	13 % S	
ASS stabilisiert (Entec 26)	26	7,5	18,5	-	-196	13 % S	
Ammoniumsulfat (Schwefelsaures Ammoniak, SSA)	21	-	21	-	-299	24 % S	
Harnstoff	46	-	-	46	-100		
Harnstoff stabilisiert (Alzon 46)	46	-	-	46	-100		
Harnstoff + Schwefel (YaraUreas)	38	-	6,6	31,4	-134	7,5 % S	
Harnstoff-Ammonsulfat (Piamon 33 S)	33	-	10,4	22,6	-180	12 % S	
Kalkstickstoff, gepert (Perka)	19,8	1,5	-	-	+152	18,3 % Cyanamid-N	
Ammonitratharnstofflösung (AHL)	28	7	7	14	36	-100	1,28 kg/l
Ammonitratharnstofflösung (AHL)	30	7	8	15	40	-100	1,32 kg/l
AHL stabilisiert (Alzon flüssig)	28	7	7	14	36	-100	1,28 kg/l
AHL + Schwefel (Piasan-S 25/6)	25	5	9	11	33	-142	6 % S; 1,31 kg/l
AHL + Schwefel stabilisiert (Alzon flüssig S 25/6)	25	5	9	11	33	-142	6% S; 1,31 kg/l
Ammoniumsulfatlösung (ASL)	8	-	8	-	10	-299	9 % S; 1,25 kg/l
AS-Düngerlösung (Lenasol)	15	3,5	8,6	2,9	19	-170	6 % S; 1,25 kg/l
Ammoniumsulfat-Harnstoff-Lösung (Domamon L26)	20	-	6	14	25	-153	6 % S; 1,25 kg/l
Ammoniumthiosulfat (ATS)	12	-	12	-	16	-480	26 % S; 1,32 kg/l

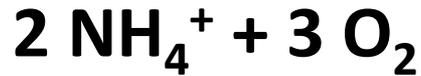
Wirkung von stabilisierten N-Düngern im Boden

Umsetzung von Ammonium im Boden



DMPP, DCD, 3MP, Nitrapyrin

Nitrosomonas



Ammonium



Nitrit



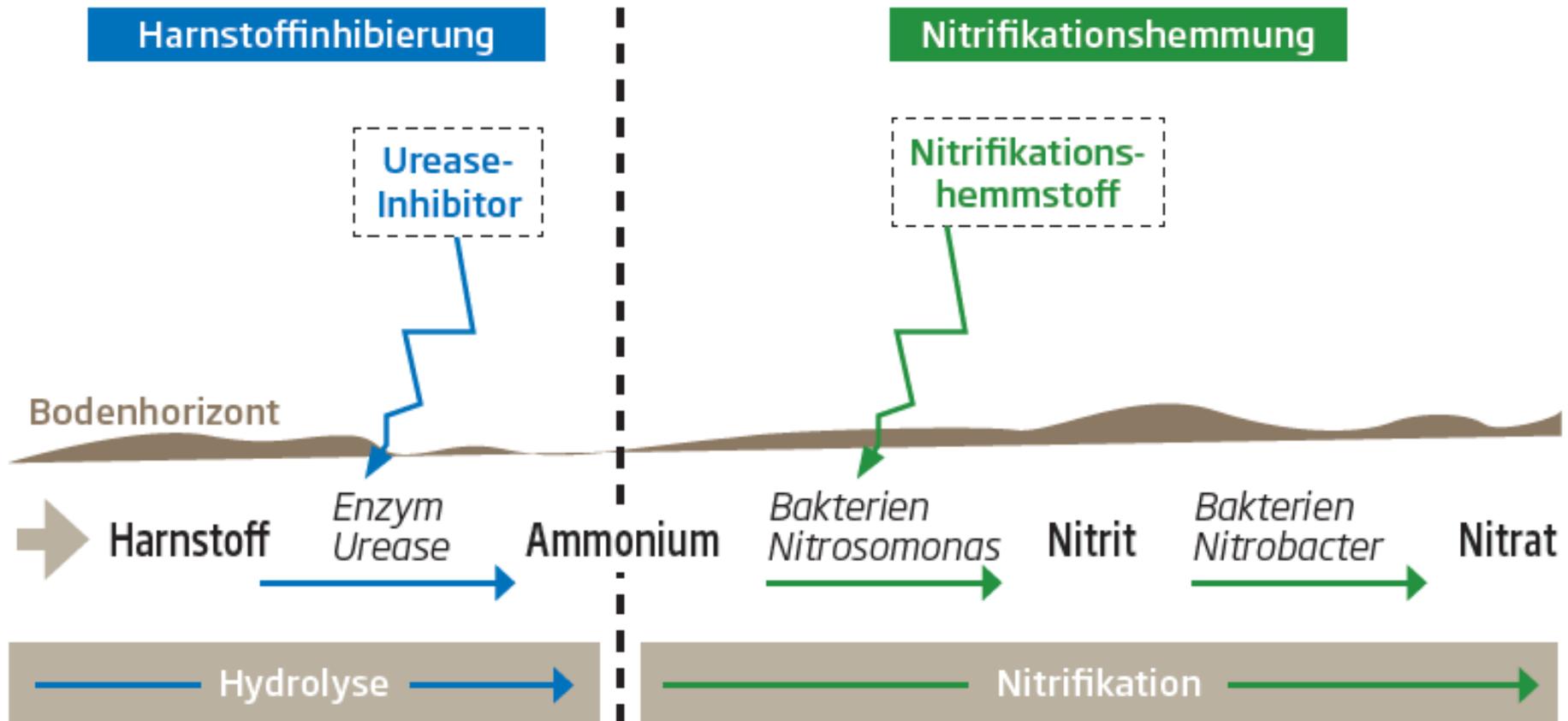
Nitrit

Nitrobacter



Nitrat

Urease- und Nitrifikationsinhibitoren



Quelle: DLZ

Vorteile von stabilisierten N-Düngern für den Landwirt:

- **bessere N-Ausnutzung**
- **Einsparung von Arbeitsgängen**
- **größere Flexibilität bei den Düngungsterminen**
- **ausgewogener N-Ernährung (?)**
- **höhere Erträge (?)**

Vorteile von stabilisierten N-Düngern für die Umwelt:

- **Bessere N-Ausnutzung:**
mehr N in der Pflanze führt zu geringeren Stickstoffrestmengen im Boden.
- **Geringeres Risiko der Nitrat-Auswaschung:**
Nitratkonzentration wird um bis zu 1/3 vermindert.
- **Geringere Abgabe von klimarelevanten Gasen:**
N₂O bis zu 50%, NO bis zu 90%, Methan bis zu 35%.
- **Auf auswaschungsfährdeten Standorten kann der N-Aufwand um die Verlustmenge (ca. 20-30 kg/ha) reduziert werden (Wasserschutzgebiete)**

CULTAN

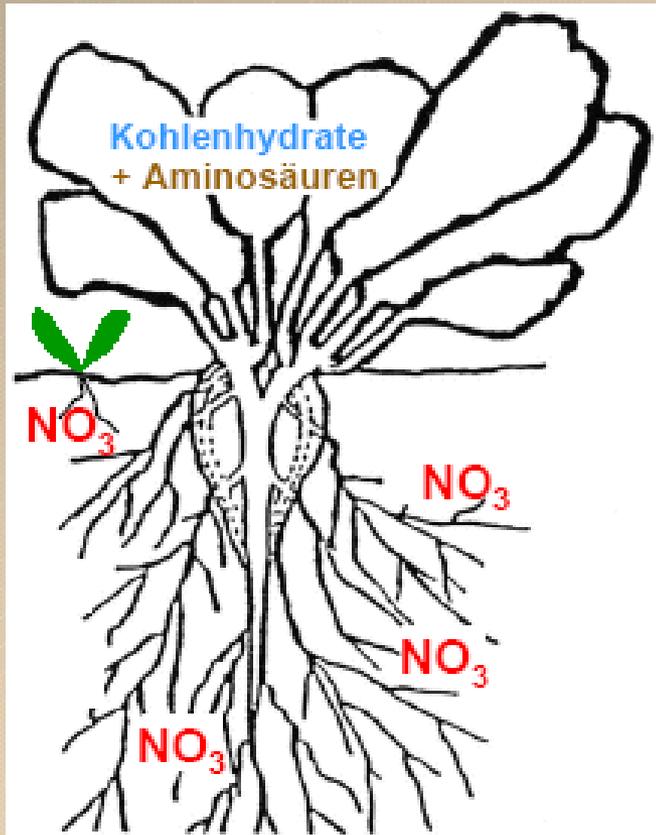
„Controlled Uptake Long Term Ammonium Nutrition
(oder Ammonium-Depotdüngung)

Nach Prof. Karl Sommer, Uni Bonn

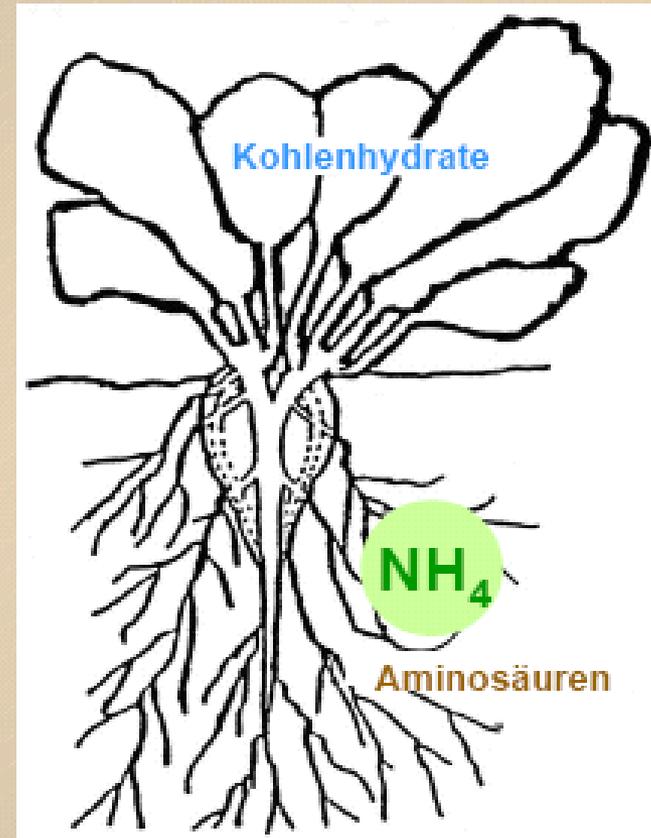


NH₄ - Depot

CULTAN: Stoffwechsel unterschiedlich



**Herkömmli.
Nitratdüngung**

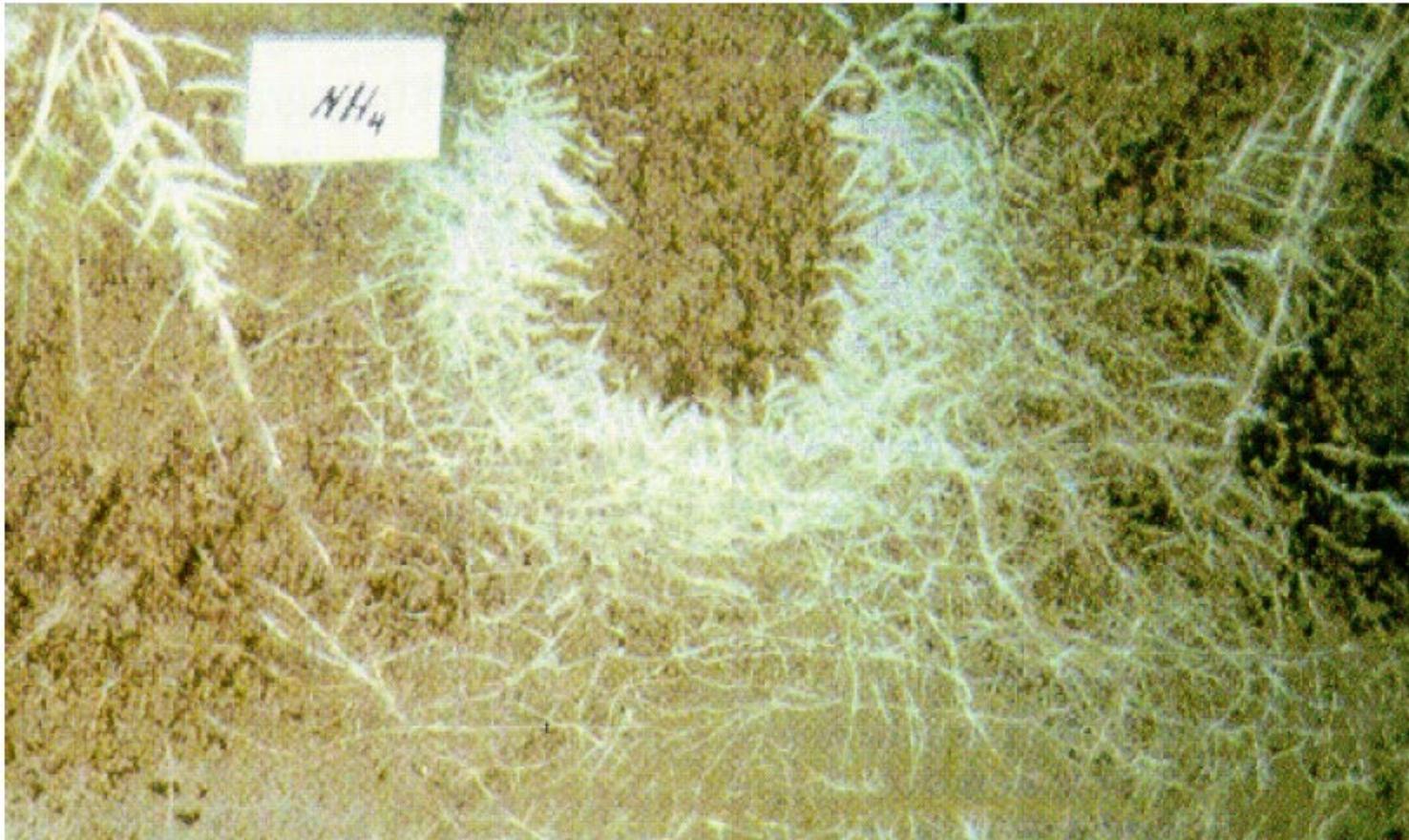


**CULTAN: Ammonium-
Depotdüngung**

Argumente für die CULTAN-Düngung

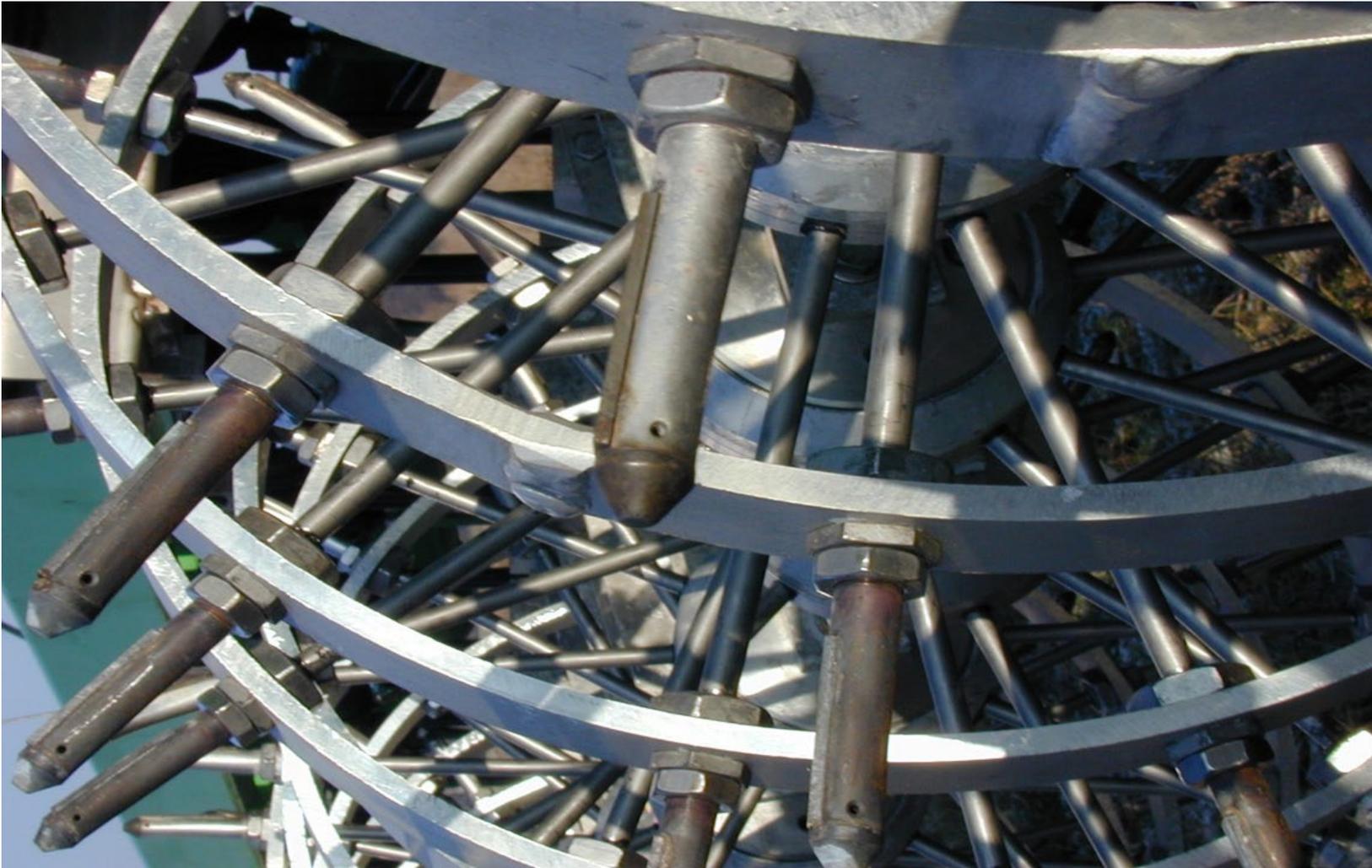
- ◆ Ammonium-Depot ist im Zentrum toxisch, Erschliessung durch Wurzeln daher nur an der Peripherie
- ◆ Abbau erfolgt nach Bedarf (bzw. der assimilatorischen Leistung) der Pflanzen
- ◆ Nitratauswaschung geringer (in vielen Versuchen nachgewiesen)
- ◆ Statt Sprossdominanz (Nitratdüngung) entsteht Wurzel dominanz (vorteilhaft für Ertragsbildung vor allem bei Wurzelfrüchten)
- ◆ Durch gezielte Anbautechnik (Strohdüngung ohne Nitratgabe) soll Dezimierung des Unkrautes möglich sein
- ◆ Leichte Ertragsvorteile und evtl. Qualitätsvorteile
- ◆ Reduzierung der Anreicherung von Nitrat im Gemüse
- ◆ Bessere Ertragssicherheit bei Trockenheit
- ◆ Kostengünstige Flüssigdünger (evtl. auch Recyclingprodukte)

Erschließung eines CULTAN-Depots durch die Wurzeln zweier Maispflanzen





Cultan-Injektoren (Spokes)



15 m Sternradinjektor (Güstrow)

