



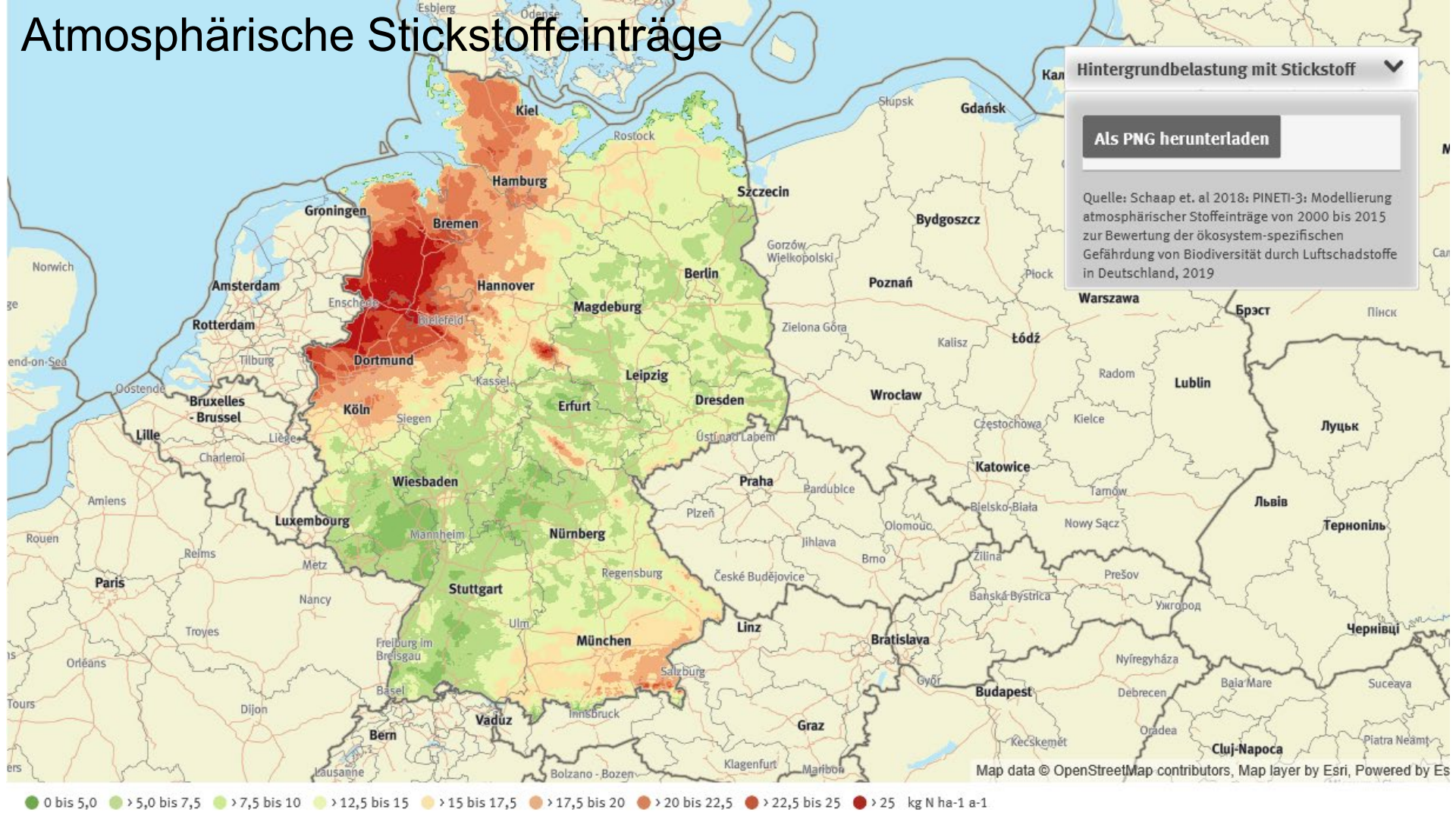
# Bodenkultur und Düngung – Stickstoff 2

AT3 – Wintersemester 2025/26

Prof. Dr. Carl-Philipp Federolf

12.11.2025

# Atmosphärische Stickstoffeinträge



# Stickstoff in der Pflanze

- Funktionen von Stickstoff in der Pflanze:
  - Bestandteil von Aminosäuren → Proteine → Eiweißgehalt
  - Baustein des Chlorophylls → wichtig für Photosynthese
  - Bestandteil von Enzymen → Stoffwechsel
  - Auch in Nukleinsäuren (DNA, RNA) ist Stickstoff enthalten.

# Exkurs Nährstoffaufnahme Wurzel

- Wie kommen die Nährstoffe zur Wurzel?
  - 1 Interzeption
    - Bodenvolumen wird durch die Wurzel verdrängt
    - Verarmungszone (0,2-2mm)
    - Wurzeln müssen wachsen
  - 2 Massenfluss
    - Abhängig vom Gradienten im Wasserpotential
  - 3 Diffusion
    - Abhängig vom Konzentrationsgradienten

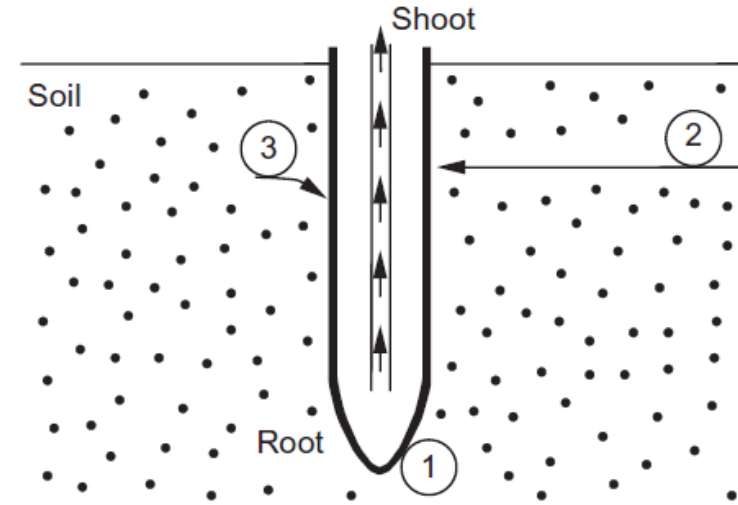
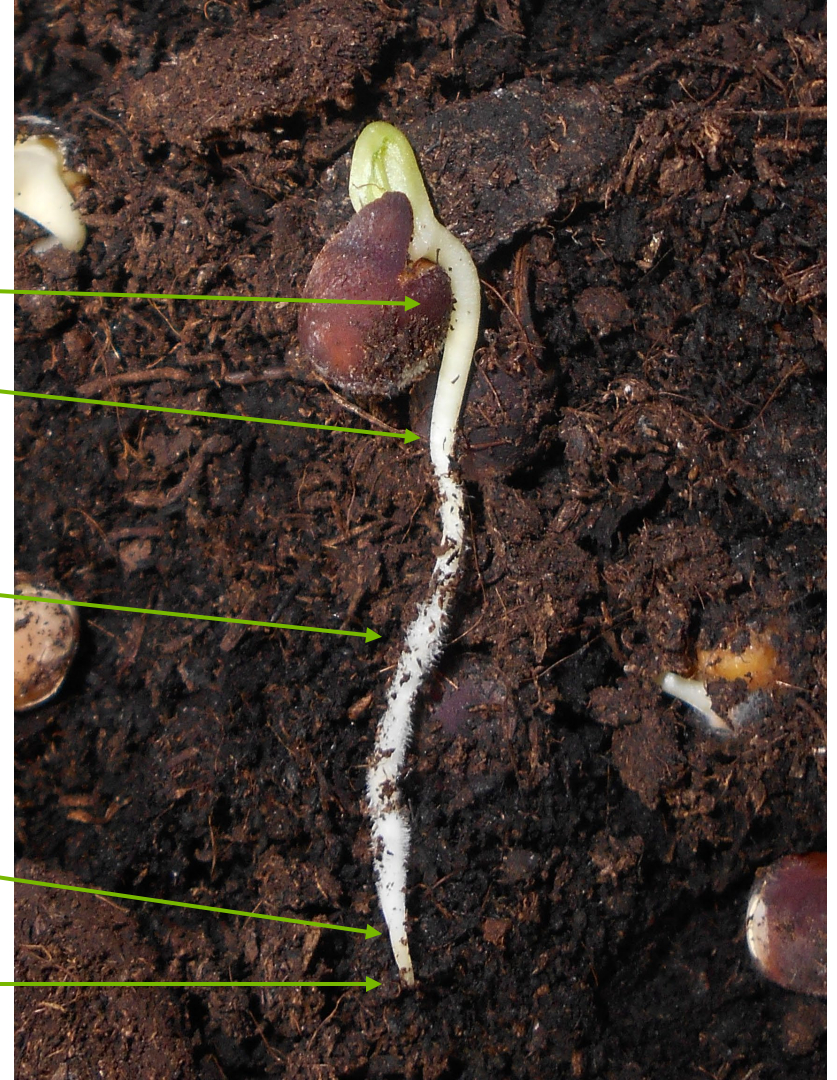


FIGURE 12.1 Schematic presentation of the movement of elements to the root surface of soil-grown plants. (1) Root interception: soil volume displaced by roots. (2) Mass flow: transport of soil solution along the water potential gradient (driven by transpiration). (3) Diffusion: element transport along a concentration gradient. • = available nutrients (as determined, e.g. by soil testing).



# Wurzelarchitektur

- Seitenwurzelzone
- Sekundäres Dickenwachstum
- Wurzelhaarzone
- Streckungszone
- Wurzelhaube



# Exkurs Nährstoffaufnahme - Wurzelhaare

- Zentrale Rolle für die Nährstoff- und Wasseraufnahme
- Ziel: Oberflächenvergrößerung; Kontakt zum Boden
  - Wasser und Nährstoffaufnahme nur in den ersten 10-12cm der Wurzelspitze
  - Besonders wichtig: Wurzelhaarzone
  - Ältere Teile der Wurzel sind “wasserdicht”





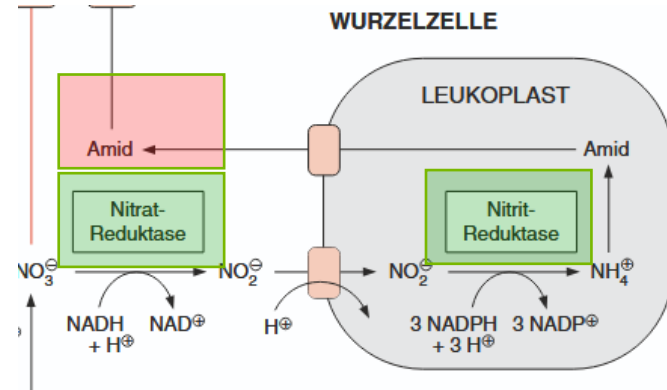
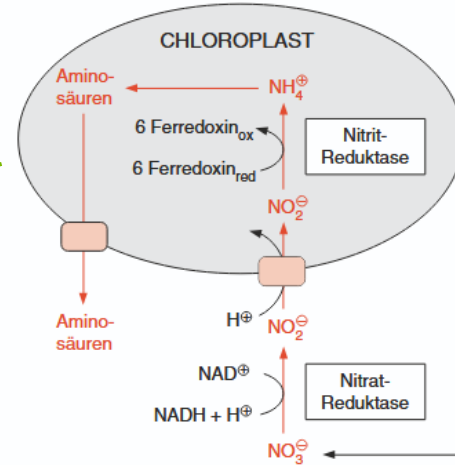
# Stickstoffaufnahme

Speicherung  
in  
Vakuolen

Xylem-Transport

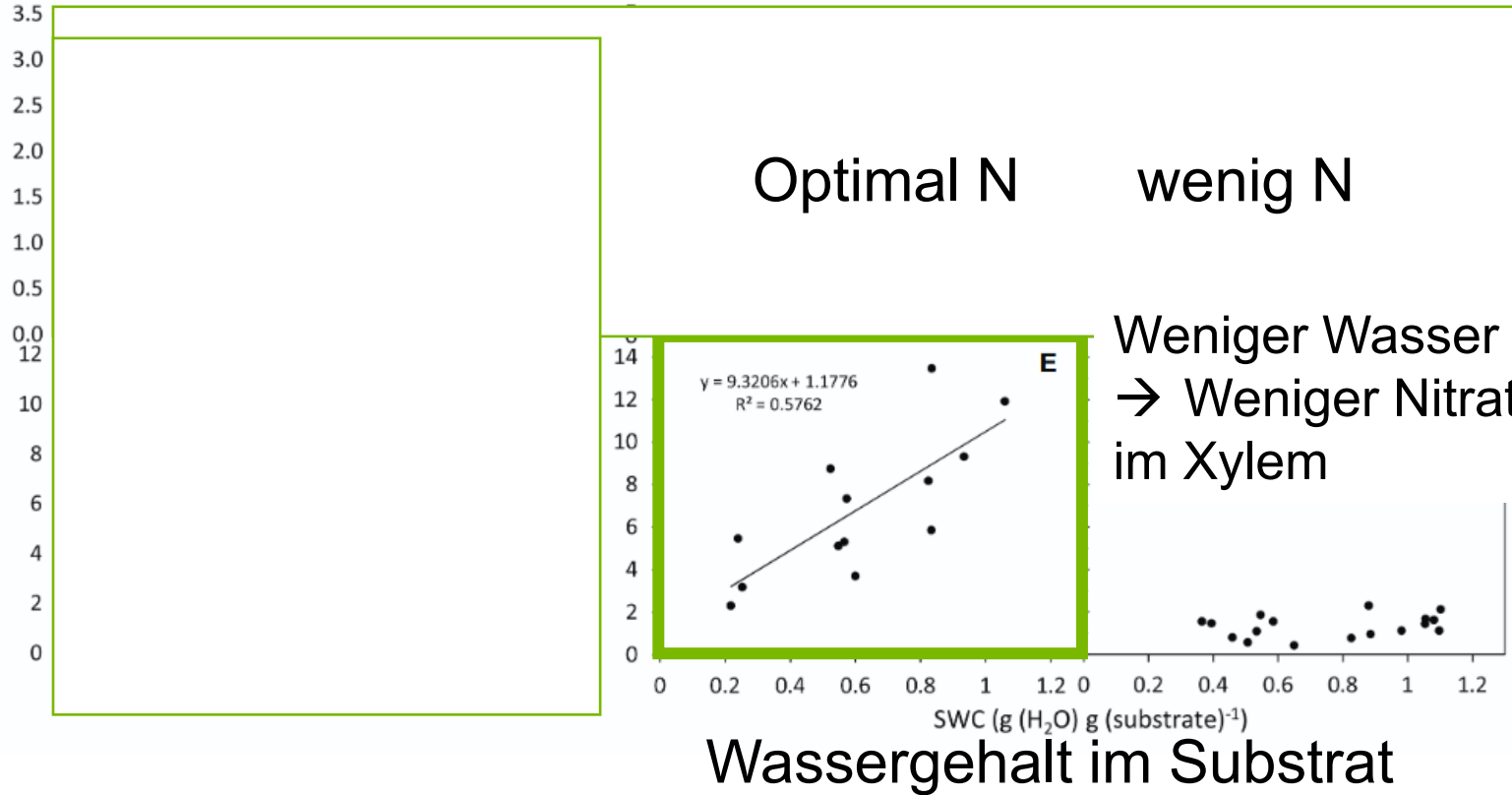
$\text{NO}_3^-$

Aufnahme in die Wurzel über Massenfluss





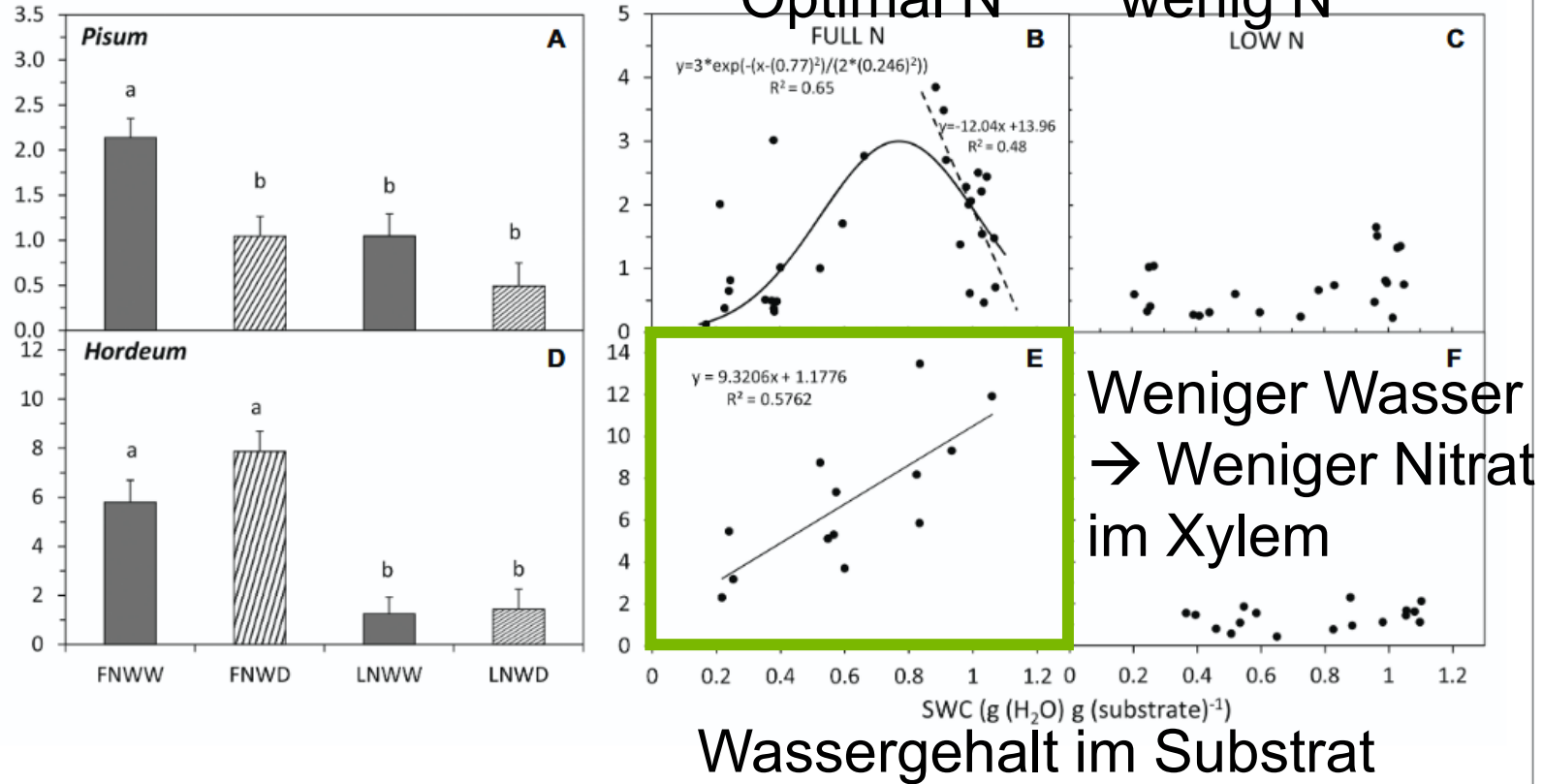
## Nitratgehalt im Xylem

Nitrate in sap ( $\mu\text{mol l}^{-1}$ )

## Wassergehalt im Substrat

**FIGURE 5 |** Mean  $\text{NO}_3^-$  concentration in xylem sap of *P. sativum* (A,B,C) and *H. vulgare* (D,E,F) plants after 2–6 days treatment with different water and nitrogen availability. FNWW plants received 4 mM  $\text{NO}_3^-$  daily, FNWD plants received 4 mM  $\text{NO}_3^-$  at the start but no water during the sampling period, LNWW plants received 0.2 mM  $\text{NO}_3^-$  daily, and LNWD plants received 0.2 mM  $\text{NO}_3^-$  at the start but no water during the sampling period. The graphs (A,D) show means in each treatment  $\pm$  SE ( $n = 6$ –17). Significant differences ( $p \leq 0.05$ ) between treatments were tested separately for each species and are marked by different letters. Dynamic changes of  $\text{NO}_3^-$  concentration in sap with declining substrate water content (SWC) are shown in (B,C) for *P. sativum*; (E,F) for *H. vulgare* under full (FN) and low (LN)  $\text{NO}_3^-$  availability. Significant relationships are marked by a regression line with the corresponding equation. In graph (B), the separate linear regression line was fitted only to SWC above 0.7  $\text{g.g}^{-1}$  (significant at  $p \leq 0.003$ ). FN, full nitrogen; LN, low nitrogen; WW, well-watered; and WD, water deficient.

## Nitratgehalt im Xylem



**FIGURE 5 |** Mean NO<sub>3</sub><sup>-</sup> concentration in xylem sap of *P. sativum* (A,B,C) and *H. vulgare* (D,E,F) plants after 2–6 days treatment with different water and nitrogen availability. FNWW plants received 4 mM NO<sub>3</sub><sup>-</sup> daily, FNWD plants received 4 mM NO<sub>3</sub><sup>-</sup> at the start but no water during the sampling period, LNWW plants received 0.2 mM NO<sub>3</sub><sup>-</sup> daily, and LNWD plants received 0.2 mM NO<sub>3</sub><sup>-</sup> at the start but no water during the sampling period. The graphs (A,D) show means in each treatment ± SE ( $n = 6-17$ ). Significant differences ( $p \leq 0.05$ ) between treatments were tested separately for each species and are marked by different letters. Dynamic changes of NO<sub>3</sub><sup>-</sup> concentration in sap with declining substrate water content (SWC) are shown in (B,C) for *P. sativum*; (E,F) for *H. vulgare* under full (FN) and low (LN) NO<sub>3</sub><sup>-</sup> availability. Significant relationships are marked by a regression line with the corresponding equation. In graph (B), the separate linear regression line was fitted only to SWC above 0.7 g.g<sup>-1</sup> (significant at  $p \leq 0.003$ ). FN, full nitrogen; LN, low nitrogen; WW, well-watered; and WD, water deficient.

# Stickstoffdünger

# N-Formen und Wirkungsgeschwindigkeit

- Cyanamid
- Amid
- Ammonium
- Nitrat

langsam



schnell



# Die wichtigsten N-Düngerformen

Gruppe	Typen-Bezeichnung	N %	N-Formen	Umsetzung im Boden
<b>Ammonium-Dünger</b>	Ammoniumsulfat = Ammonsulfat = schwefelsaures Ammoniak	21	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	$\text{NH}_4^+$ : Volatilisation, Adsorption, Fixierung, Immobilisierung, Pflanzenaufnahme, Nitrifizierung
<b>Nitrat-Dünger</b> = <b>Salpeter-Dünger</b>	Kalksalpeter	15	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	$\text{NO}_3^-$ : Denitrifizierung, Ein(Aus)waschung, Immobilisierung, Pflanzenaufnahme
<b>Ammonnitrat-Dünger</b>	Kalkammonsalpeter = KAS	27	$\text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$	
	Ammonsulfatsalpeter = ASS	26	$\text{NH}_4\text{NO}_3 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	
<b>Amid-Dünger</b>	Harnstoff = Carbamid = Urea Kalkstickstoff = Cyanamid	46	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ;	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{Urease}} (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{NH}_4^+$ a) anorg. Hydrolyse: $\text{N}\equiv\text{C}-\text{N}=\text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{N}\equiv\text{C}-\text{NH}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2$ b) enzymatische u. anorg. Umsetzung: $\text{N}\equiv\text{C}-\text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}(\text{NH}_2)_2$
		19.8	$\text{CaCN}_2 + \text{C}$	
<b>Ammonnitrat-amid-Dünger</b>	Ammonnitrat-Harnstoff-Lösung = AHL	28	$\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CO}(\text{NH}_2)_2$	

# Zusammensetzung wichtiger N-Dünger

	KAS	ASS	AHL	Harnstoff
%N	27	26	28 kg N /100 kg 36 kg N /100 l	46
Anteile der N-Formen (%)				
Nitrat	50	30	25	
Ammonium	50	70	25	
Amid			50	100

## Übersicht 2: Wie schnell starten die einzelnen N-Formen?

Düngemittel	Anteil N-Form, %	Wochen zwischen Düngung und Vegetationsbeginn bei 3 – 5°C Tagestemperatur					
		1 Woche		2 Wochen		3 Wochen	
		Starten	Bestocken	Starten	Bestocken	Starten	Bestocken
Kalkammonsalpeter (KAS)	13,5 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 13,5 NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Ammonsulfatsalpeter (ASS)	7,0 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 19,0 NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	+	+	++	++	++	++
Schwefelsaures Ammoniak	21,0 NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	–	–	+	+	++	+(+)
Piamon S	10,4 NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 22,6 HST	+++	–	+(+)	+	+	++
Harnstoff	46,0 HST	+++	–	++	(+)	++	++
Harnstoff + UI*	46,0 HST	+++	–	+++	–	+++	–
Harnstoff + NI**	46,0 HST	+++	–	++	–	+	–

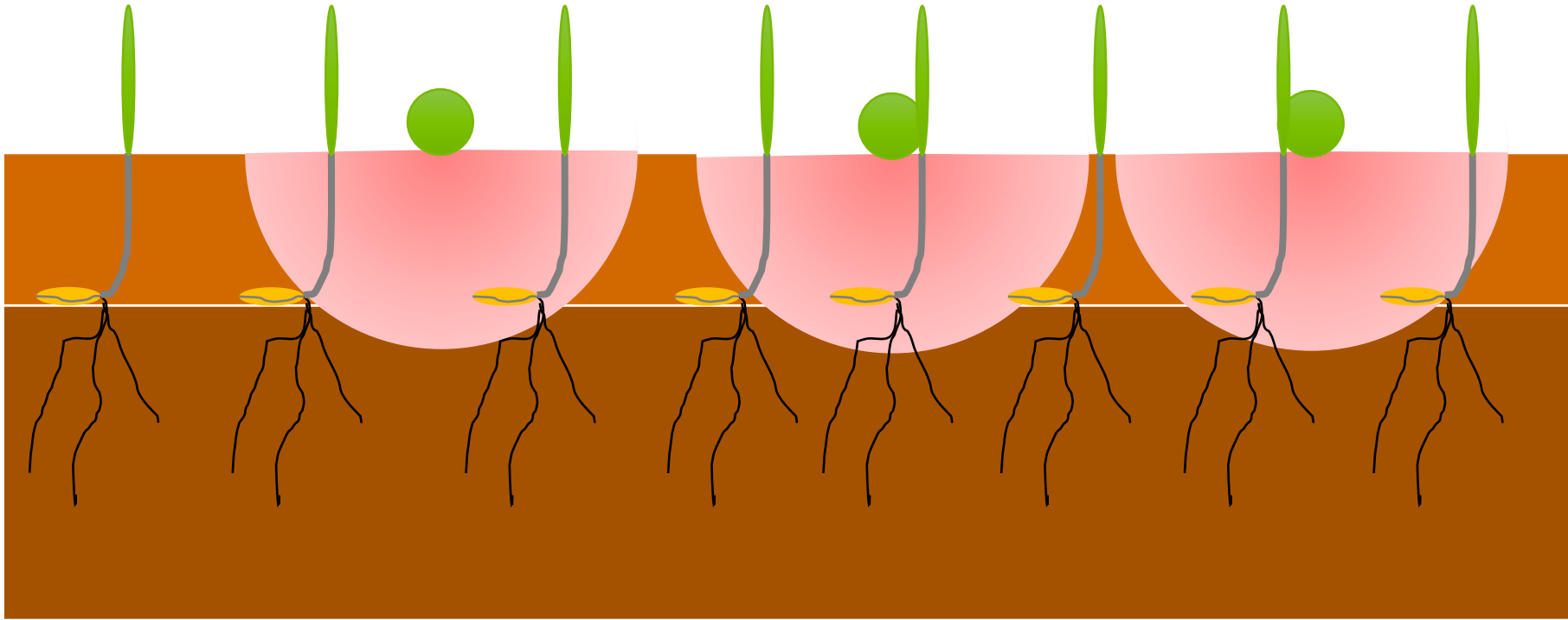
\*) UI = Urease-Inhibitor: \*\*) NI = Nitrifikations-Inhibitor

Quelle: Bauer, IPK Gatersleben

Mit nitrathaltigen Düngern wie KAS werfen Sie den Stoffwechsel der Pflanzen nach der Vegetationsruhe schnell wieder an und fördern zudem die Bestockung.

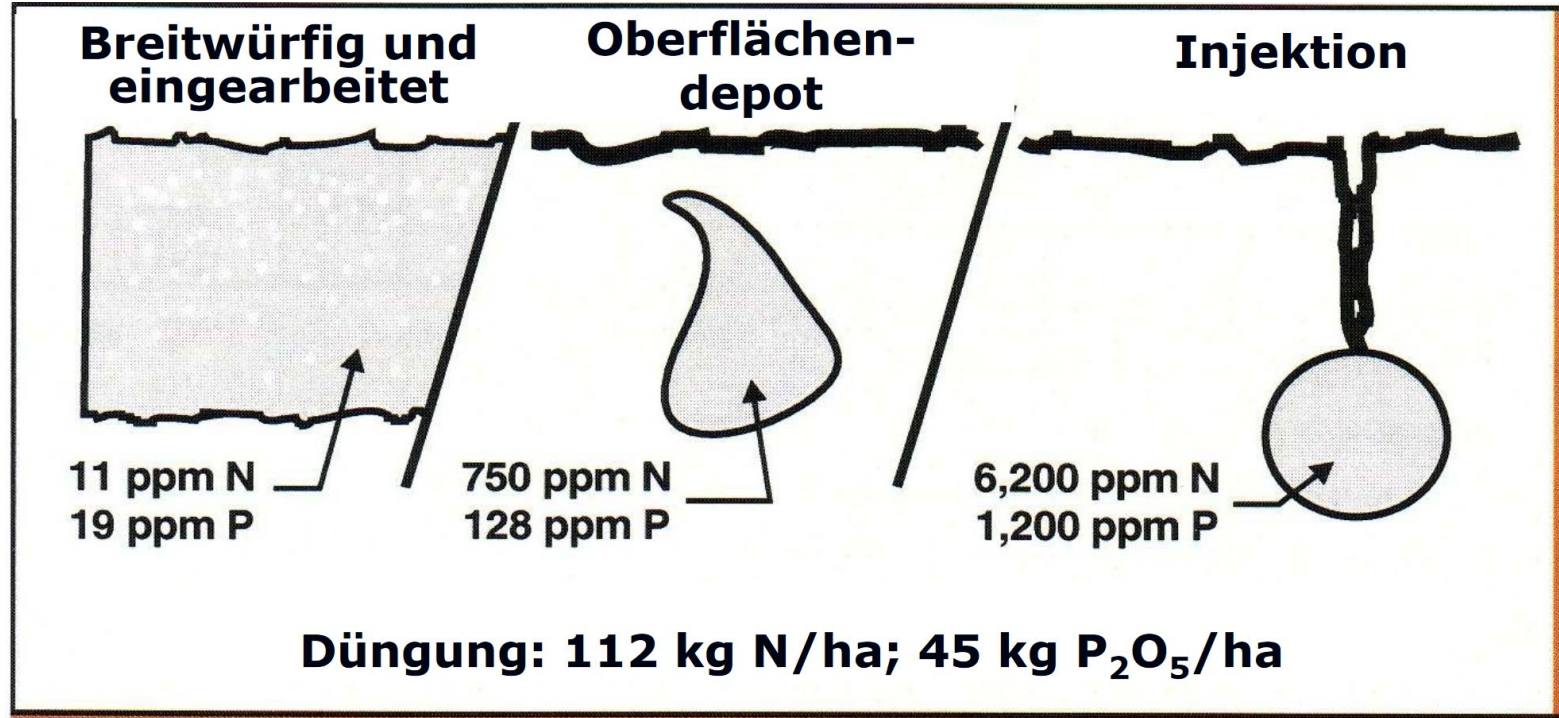
15 Mit Harnstoff und Ammoniumdüngern hemmen Sie dagegen die Bestockung.

# Grundproblem: Wie kommt Stickstoff an die Wurzel?



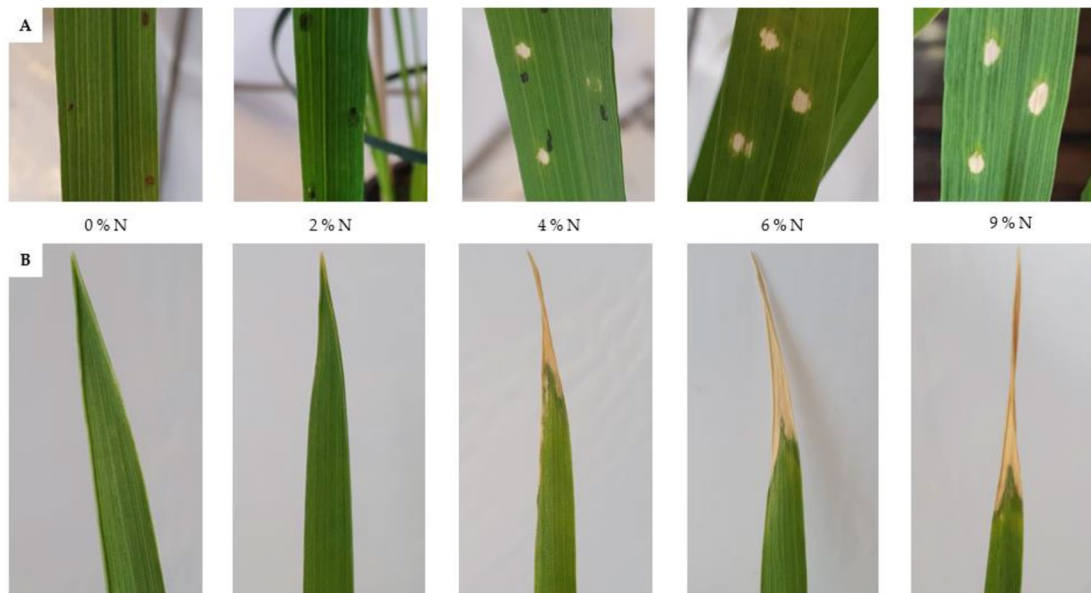


# Düngerinjektion



# Blattdüngung mit Stickstoff

## ■ Problem: Verbrennen



# Blattdüngung mit Stickstoff

- Weizen kann 10 kg N / ha über Blatt und Ähre aufnehmen
  - Insbesondere interessant bei Trockenheit
- Blatt- / Ährendüngung zur Proteinsteigerung 10 – 14 Tage nach Blüte
  - Vorwiegend Nicht-Protein-N wird gesteigert → „echte“ Qualitätseigenschaften werden nicht beeinflusst
- Mindestens 1:3 Verdünnung mit Wasser bei AHL
- Besser löslichen Harnstoff (20 kg / ha) mit SSA (2 kg/ha mischen)

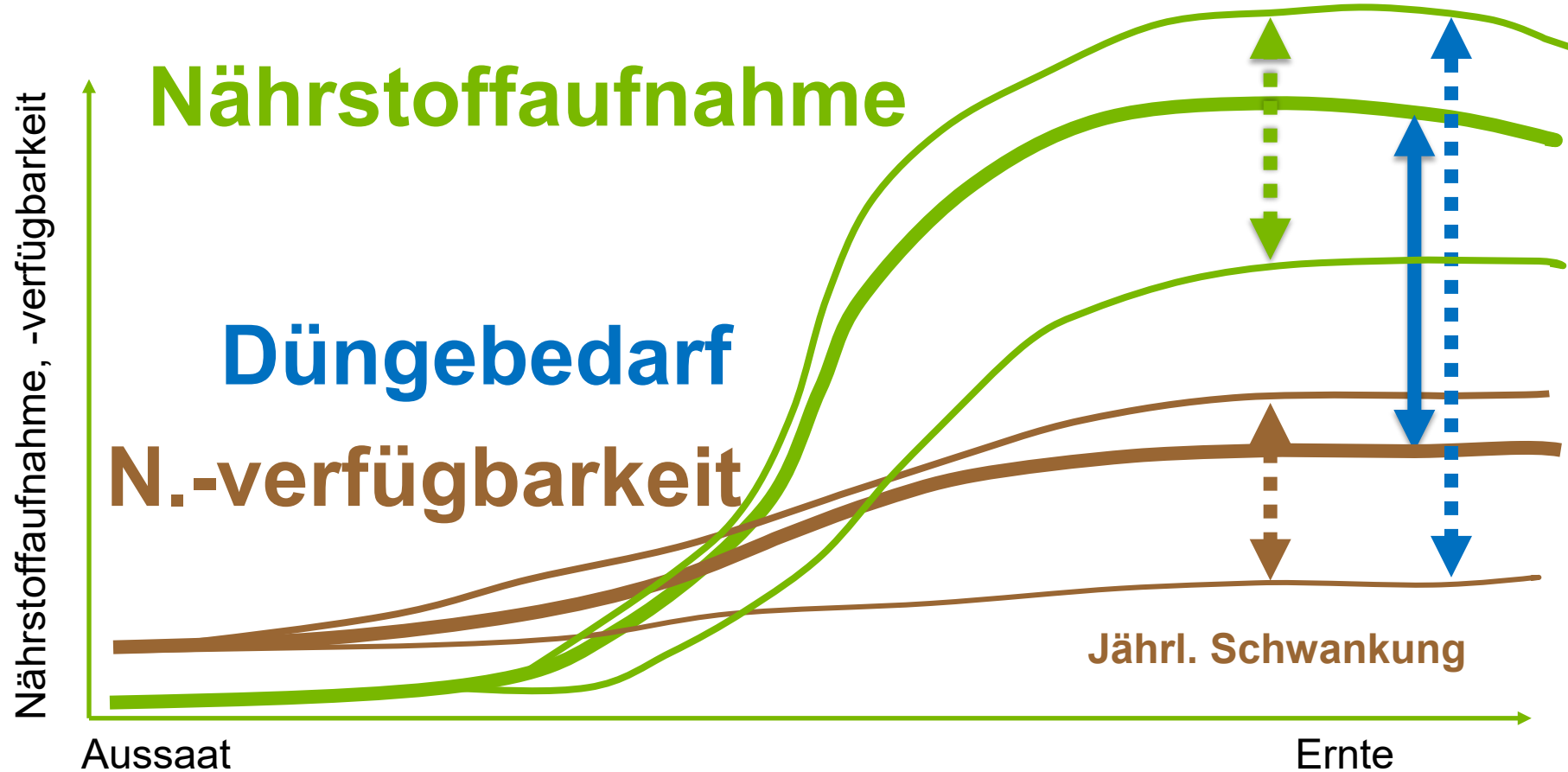
NU Agrar. (2012). Spätdüngung in die Ähre im Qualitätsweizen. *Agrarheute*. <https://www.agrarheute.com/pflanze/getreide/spaetduengung-aehre-qualitaetsweizen-472284>  
Benecke, C. (2025, Januar 25). Winterweizen. Mit AHL in die Ähre Qualitäten absichern. *DLG Mitteilungen*.

# Zusammenfassung

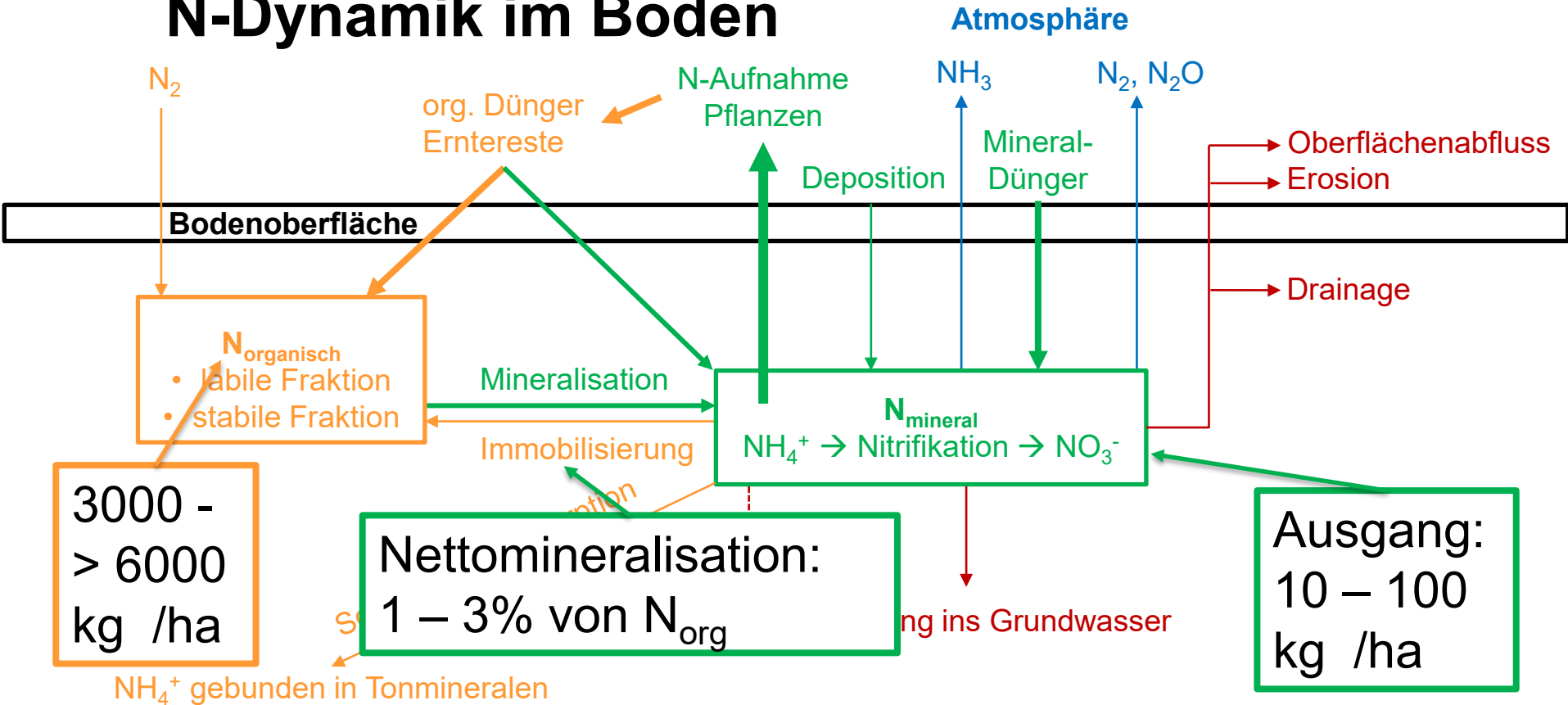


# Typische Kurve für die Nährstoffaufnahme

Jährl. Schwankung



# N-Dynamik im Boden



## Kultur- und standortbezogene N-Obergrenze (n. DüV)

=

### N-Sollwert [kg N/ha]

#### Summe aus

- **N-Bedarfswert** [kg N/ha] - Gesamtpflanze (Tab. 1) und
- **Zu- oder Abschlag** (Tab. 2) aus der Differenz „5-jähriges Ertragsmittel“ und „mittlerer Ertrag“ (Tab. 1) [kg N/ha]

#### abzüglich:

- **im Boden verfügbare Stickstoffmenge** ( $N_{\min}$ /Nitrat-N, NID) und  
Gleiche Anrechnung beider Größen, da  $NH_4$ -N in Ackerböden zum Zeitpunkt der Düngbedarfsermittlung in der Regel in vernachlässigbarer Menge vorliegt.
- **pflanzennutzbare N-Lieferung aus:**
  - Ernteresten der **Vorfrucht** (Tab. 3)
  - Zwischenfrucht** (Tab. 3)
  - organischer Düngung** der letzten Jahre (Tab. 4) und
  - Bodenvorrat** (Humusgehalt) (Tab. 5)

**Hinweis:** Wenn im Herbst bereits eine Andüngung von Winterraps oder Wintergerste erfolgt ist, sind diese Düngungsmaßnahmen auf die im Frühjahr ermittelte Obergrenze anzurechnen. Angerechnet werden muss der ausnutzbare Stickstoff bei organischen Düngern:  $N_{\text{ausnutzbar}} = N_{\text{gesamt}} \cdot \text{Mindestwirksamkeit (Anlage 3 DüV)}$  oder Ammoniumgehalt bzw.  $N_{\text{verfügbar}}$  (wenn dieser größer ist). Mineralische Dünger werden zu 100 % angerechnet.

- Urease
- Ureaseinhibitoren
- Nitrifikation (Nitrosomonas, Nitrobacter)
- Nitrifikationshemmstoffe



# Ammoniumstabilisierte Dünger

- Nitrifikationsinhibitoren unterbinden zeitweilig die Umsetzung von  $\text{NH}_4$  zu  $\text{NO}_3$
- Ziele:
  - N-Freisetzung an Bedarf der Kulturen anpassen
  - weniger Nitratverlagerung/-auswaschung, Lachgas-Emissionen
  - Düngungsstrategie: Zusammenfassung mehrerer Teilgaben

**Vielen Dank für die Aufmerksamkeit**