



# LFI Burgenland LK Burgenland ÖPUL-Weiterbildung

Vorbeugender Grundwasserschutz  
Die Pflanze lebt nicht allein von Stickstoff –  
Qualitätssicherung bei angemessener Düngung

Qualitätssicherung bei angemessener Düngung

23. Jänner 2017  
Prof. Dr. Hansgeorg Schönberger  
Ferenc Kornis M.Sc.  
N.U. Agrar GmbH  
Email-Anschrift: [info@nu-agrar.de](mailto:info@nu-agrar.de)



## ***N.U. AGRAR GmbH Schackenthal***

*seit mehr als 30 Jahren*  
*Forschung und Beratung für die Landwirtschaft*

***N.U. Agrar GmbH  
Lindenallee 7  
06449 Schackenthal  
Tel.: 034746-571780  
Fax: 034746-571789  
e-mail: [info@nu-agrar.de](mailto:info@nu-agrar.de)***

# *Dienstleistungsangebot der N.U. Agrar GmbH*

*Forschung*

*Beratung*

*Analysen*

*Informationen*

*Bildung*



## *Produktions- und Pflanzenbauberatung*

*Arbeitskreise  
(ca. 15-30 Teilnehmer)*

*Arbeitsgruppen  
(ca. 3-7 Teilnehmer)*

*Einzelbetriebsberatung*

*N.U. Agrar-Info*

*Info im Internet  
[www.apba.de](http://www.apba.de)*

*Telefonberatung  
e-mail*

# Dienstleistungsangebot der N.U. Agrar GmbH

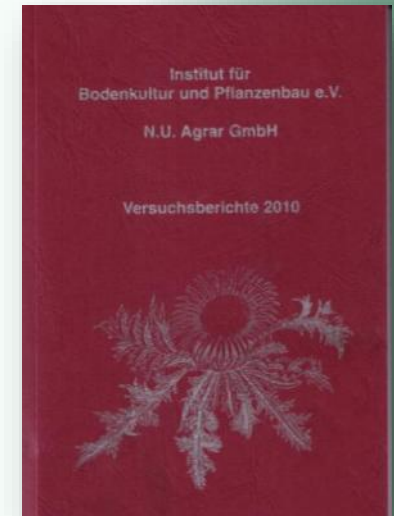
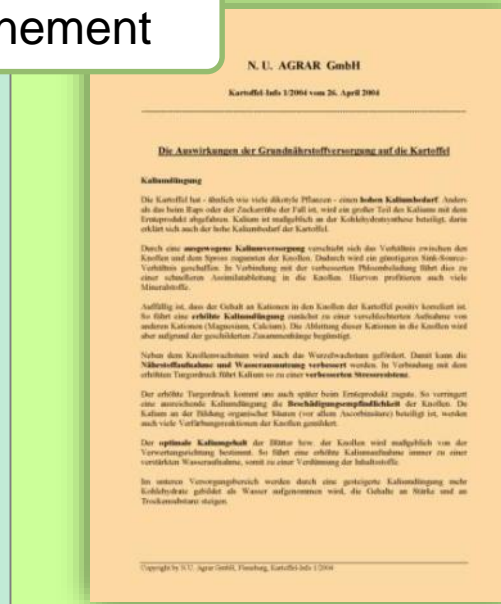
## Informationsdienst

„Grünes Info“

als Abonnement

„Kartoffel Info“

jährlicher  
Versuchsbericht



Informationsdienst

<http://www.nu-agrar.de/>

<http://www.apba.de/>



# Themen

- Weizenqualität und Sortenwahl
- mit 130 N Qualitätsweizen produzieren!  
Möglich oder nicht?
- Grund- und Spurennährstoffe nicht außer Acht lassen!
- Bodenbearbeitung muss passen
- Stickstoff effizient einsetzen  
(Termine, Formen, Mengen)



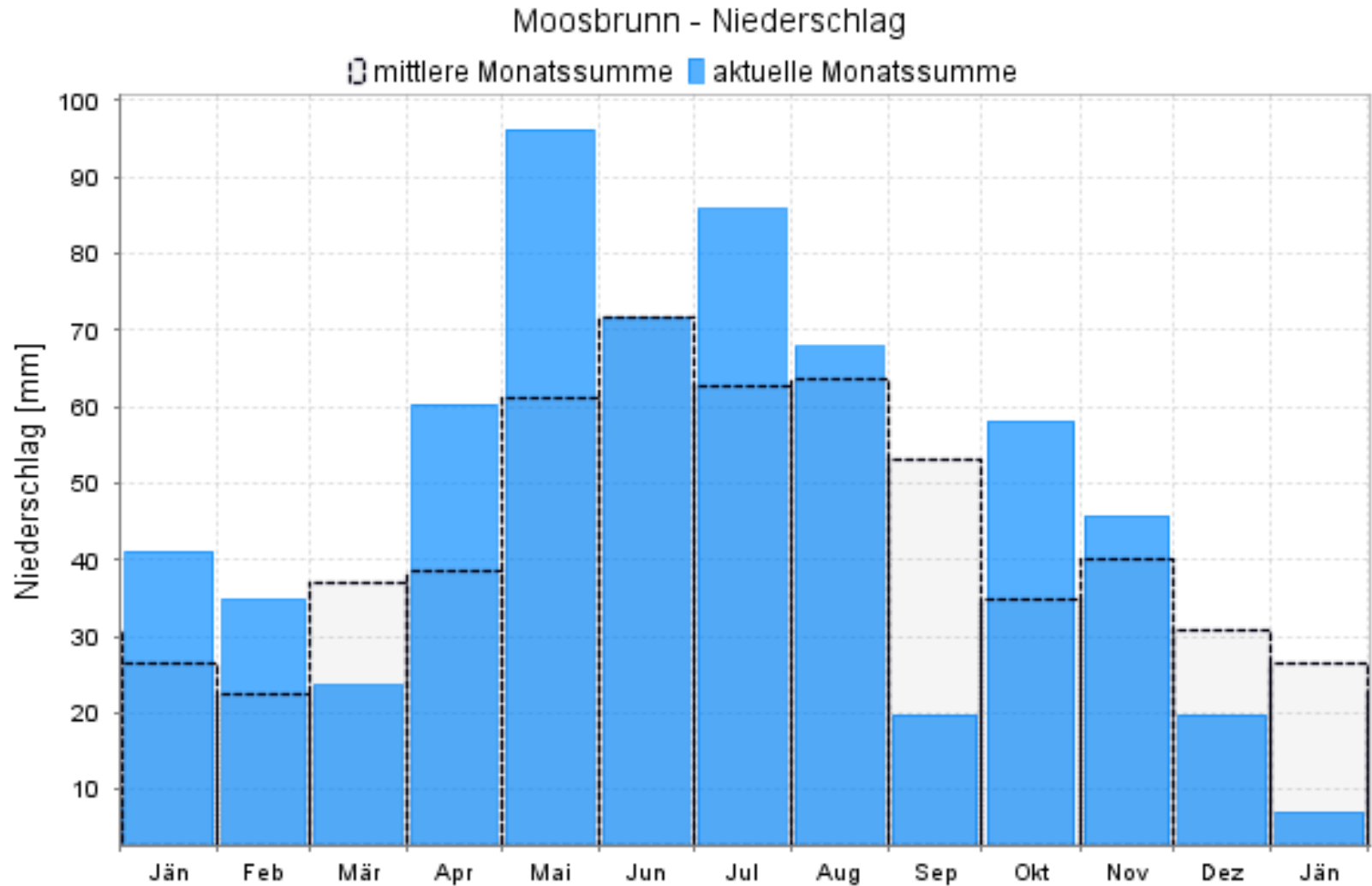
# Getreide

## Rückblick 2015/2016

- Erträge gut bis sehr gut
  - nahezu optimaler Witterungsverlauf
  - sehr gute Bekörmung → hohe Korndichten
  
- Qualitäten mittel bis schlecht
  - „normale“ Stickstoffgesamtmenge
  - Regen in der Erntephase
  - wenig Sonne Anfang Juni
  
- „krankes“ Jahr
  - Fusarien
  - Gelbrost



# Wetterrückblick 2016

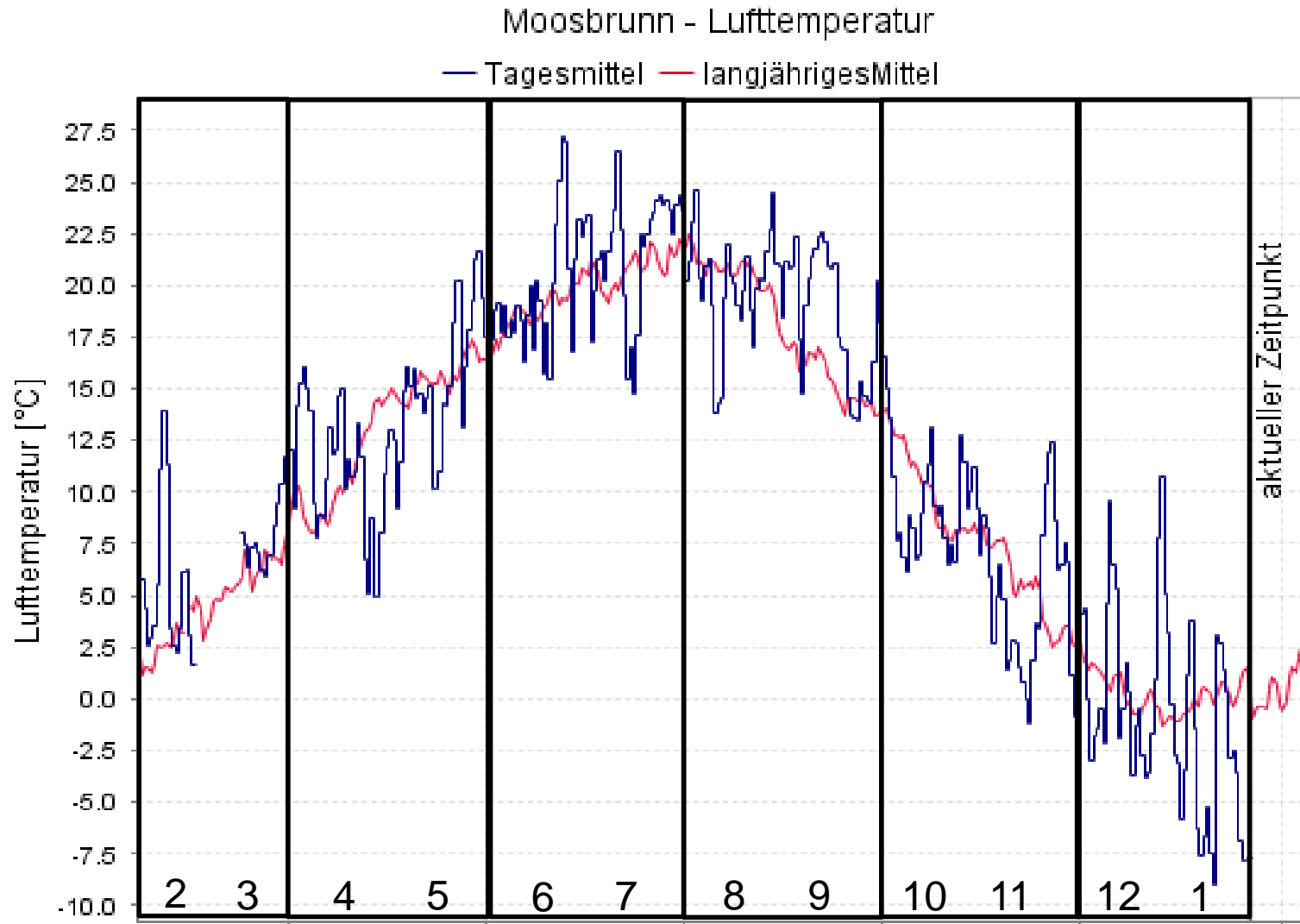


Quelle: <http://www.noel.gv.at/>





# Wetterrückblick 2016



Quelle: <http://www.noel.gv.at/> 01.04. 00:00 01.06. 00:00 01.08. 00:00 01.10. 00:00 01.12. 00:00 01.02. 00:00



- Qualität von Weizen
- Was beeinflusst die Qualität ?
- Was können wir beeinflussen ?



# Weizen - Qualitäten

| Gruppe |                              | Eigenschaften   |
|--------|------------------------------|---|
| E      | Premiumweizen<br>Eliteweizen | hohe Backqualität, „Aufmischweizen“<br>Export Ware                                    |
| A      | Qualitätsweizen              | hoher Proteingehalt<br>und Sedimentationswert-Wert                                    |
| B      | Brotweizen                   | ausreichende Backqualität<br>für die Gebäckherstellung im Allgemeinen<br>gut geeignet |
| C      | Futterweizen                 | niedriger Proteingehalt<br>und niedriger Sedimentationswert-Wert                      |
| K      | Keksweizen                   | niedriger Protein- und Glutengehalt,<br>geringe Wasseraufnahme                        |
|        | Saatweizen                   | hohe Keimfähigkeit, Triebkraft,<br>frei von Krankheiten, kein Fremdbesatz             |



# Weizen - Backqualität

## Qualitätsparameter

- Rohproteingehalt
- Sedimentationswert
  - Qualität des Eiweiß (Quellfähigkeit)
- Feuchtkleber
  - Wasseraufnahmefähigkeit des Mehls
  - aus wenig Mehl große Brötchen backen
- Fallzahl
  - Stärkeeigenschaft, Auswuchs, Löcher im Teig
- Backvolumen
- Mehlausbeute

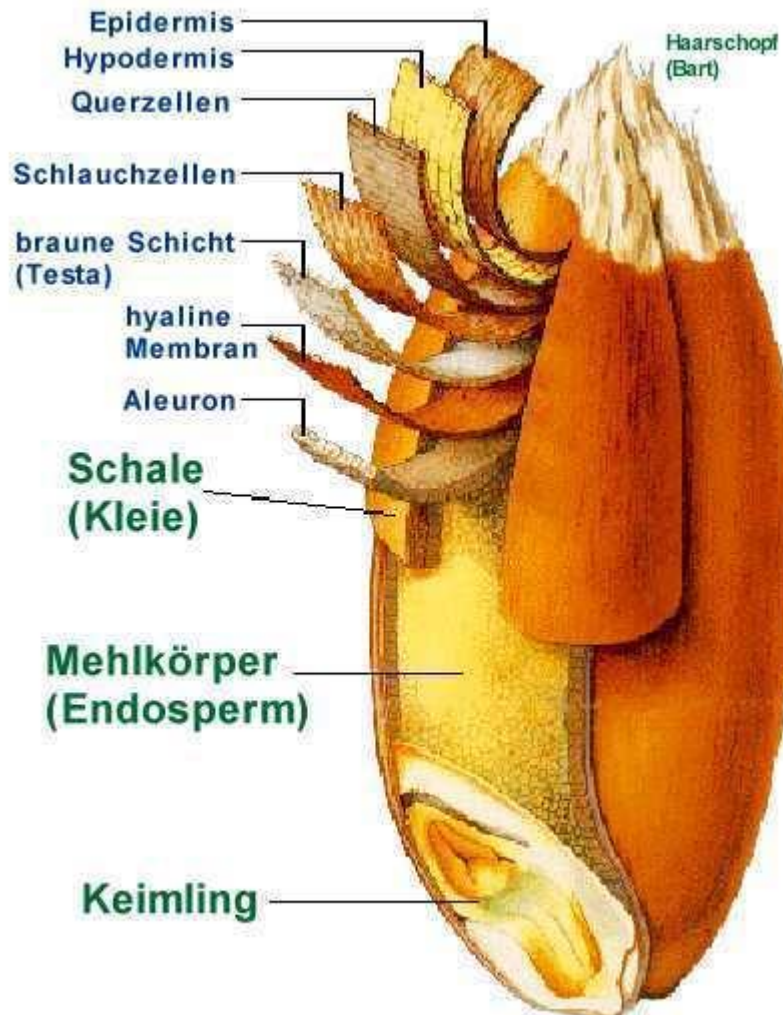


# Qualitätsweizen

| Kriterien    | Premium<br>(Ö)     | E – Weizen<br>(D)  | A – Weizen<br>(D)  | Backweizen<br>(Ö)  |
|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Eiweiß       | 15,0 %             | 14,0 %             | 13,0 %             | 12,5 %             |
| Sedi-Wert    | 60 cm <sup>3</sup> | 55 cm <sup>3</sup> | 40 cm <sup>3</sup> | 30 cm <sup>3</sup> |
| Fallzahl     | 280                | 280 sec            | 240 sec            | 220 sec            |
| Backvolumen  | 750 ml             | 720 ml             | 650 ml             | 600 ml             |
| Mehlausbeute | 75 %               | 75 %               | 75 %               | 75 %               |



# Weizen - Qualitäten



Quelle: Dr. K. Münzing, MRI



# Was beeinflusst die Qualität ?

## Hauptfaktoren

- Sorte - Genotyp
- Wetter, Witterungsverlauf
- Nährstoffversorgung



# Sortenwahl

- Die Grundlage für die Erzeugung eines Weizens mit hoher Qualität wird durch die Auswahl der angebauten **Sorte** gelegt.
  
- Sorteneigenschaften beachten, je nach Standort
  - Eiweißgehalt
  - Kleber
  - Fallzahl und Fallzahlstabilität
  - Backvolumen
  
- Qualitätsorten sind in der Lage, spät wirkenden Stickstoff in hohe Eiweißgehalte umzusetzen.

Priorität bei Qualität

**Fallzahl/Fallzahl-Stabilität > Backvolumen > Eiweißgehalt**





# Weizen - Qualitäten

## **Premium-Sorten:**

Capo, Antonius, Astaro, Arnold, Lukullus

## **E – Sorten:**

Akteur, Axioma, Bernstein, Energo, Genius,

## **A – Gruppe: Qualitätsweizen**

Meister, Findus, Ludwig, Pedro



# Wetter

## ➤ Temperatur

- negativ → kühl, heiß
- positiv → mild, warm

## ➤ Sonneneinstrahlung

- negativ → bewölkt
- positiv → Intensive Strahlung

## ➤ Regen

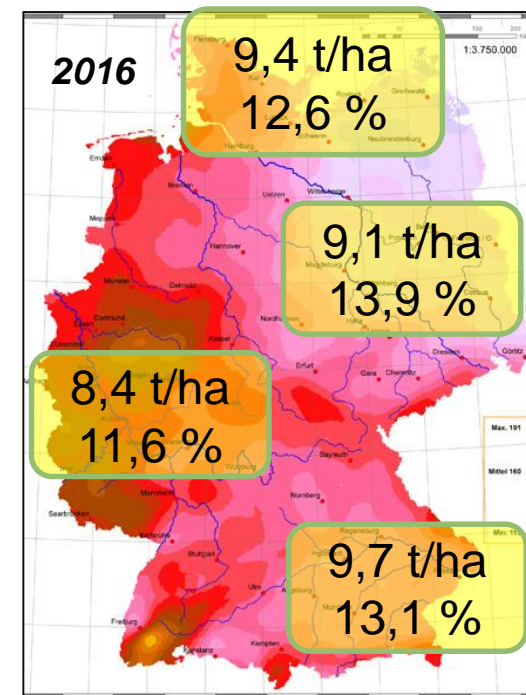
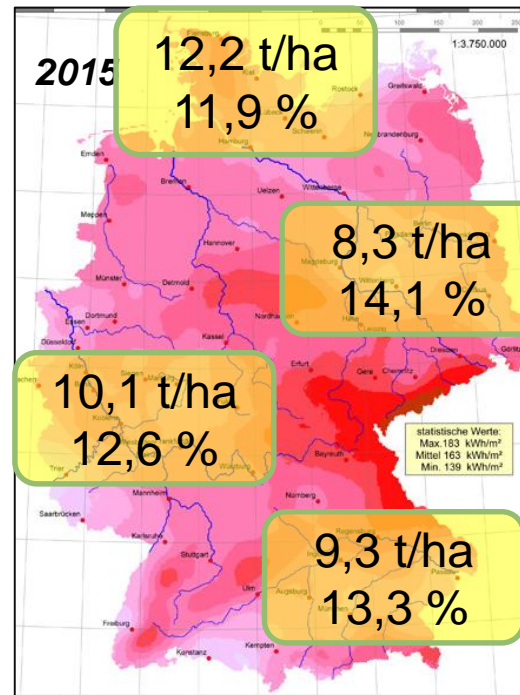
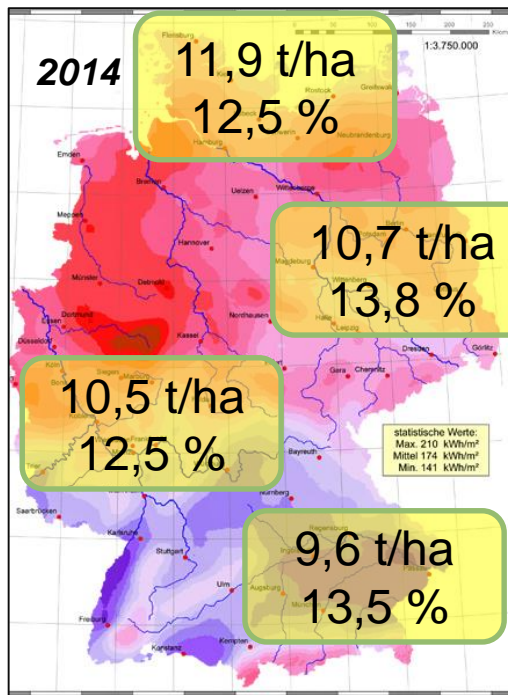
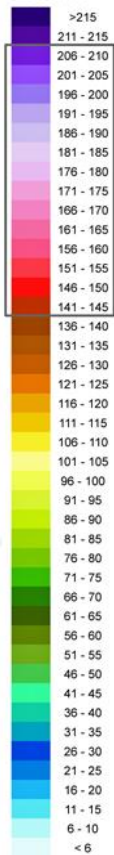
- negativ → Regen zwischen Teig- und Totreife



# Globalstrahlung BRD – Monatssummen Juni 2014 / 2015 / 2016

## Erträge und Proteingehalt in LSV (E- und A.Sorten)

Monatssumme  
kWh/m<sup>2</sup>



Quelle: <http://www.solarserver.de/service-tools/strahlungsdaten/deutschland>  
LSV S-H, NRW, SAT, BY



## Weizen – Qualität und N-Aufnahmebedarf

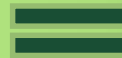
| Gruppe         | Protein (%) | Ertrag kg/ha | Protein kg/ha | N im Korn kg/ha | N Stroh kg/ha |
|----------------|-------------|--------------|---------------|-----------------|---------------|
| E Premium      | 15,1        | 5925         | 761           | <b>130</b>      | 41            |
| A Qualität     | 14,1        | 6345         | 761           | <b>130</b>      | 43            |
| B Brotweizen   | 12,5        | 7158         | 761           | <b>130</b>      | 47            |
| C Futterweizen | 11,0        | 8134         | 761           | <b>130</b>      | 50            |

130 kg/ha N (Düngung) reichen gerade für  
sind 5,9 t/ha Premiumweizen oder 8,1 t/ha Futterweizen.  
Dazu müssen 50 kg/ha N aus dem Boden kommen.



# N-Düngungsbedarf

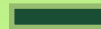
***N-Düngungsbedarf***



*N-Gesamtbedarf*



*N-Angebot aus dem Boden*  
 *$(N_{min} + N_{mob})$*



*N-Luft*



# Wie viel Stickstoff kommt aus dem Boden und aus der Luft

## *Verfügbare Bodenstickstoff und N-Eintrag aus der Luft*

- N<sub>min</sub>-Vorrat (Wurzelraum)
- N<sub>mob</sub> Boden (Nachlieferung aus organischer Substanz)
- N<sub>mob</sub> Vorfrucht (Ernterückstände)
- N<sub>mob</sub> organische Düngung
- N<sub>fix</sub> an Tonminerale fixierten  $\text{NH}_4^+$  ~ 0 - 200 kg/ha N
- N<sub>Luft</sub> [ N - aus der Luft ] Eintrag von Stickoxiden ~ 10 - 25 kg/ha N



## Wodurch wird der $N_{\min}$ -Wert beeinflusst?

|  |    |
|--|----|
| N-Überhang aus Vorfrucht                 | ++ |
| N-Freisetzung aus Boden                  | ++ |
| Zufuhr an N-Dünger (org. + min.)         | ++ |
| Aufnahme vor Winter                      | -  |
| Festlegung im Stroh                      | -- |
| Einbau in organische Substanz des Bodens | -- |
| Denitrifizierung                         | -  |
| Verlagerung aus dem Wurzelraum           | -- |
| kapillarer Aufstieg                      | +  |



## N<sub>min</sub>-Werte (Spannweite)

| N <sub>min</sub><br>(kg/ha N) | Diluvialboden  | Löss<br>Braunerde | Tschernosem      | Tonboden        |
|-------------------------------|----------------|-------------------|------------------|-----------------|
| 0 - 30 cm                     | 10 - 20        | 25 - 50           | 30 - 80          | 30 - 50         |
| 30 - 60 cm                    | 10 - 25        | 20 - 50           | 40 - 120         | 30 - 60         |
| (60 - 90 cm)                  | 10 - 30        | 20 - 70           | 30 - 150         | 20 - 40         |
| <b>Summe</b>                  | <b>30 - 50</b> | <b>60 - 120</b>   | <b>100 - 180</b> | <b>70 - 130</b> |

**N<sub>min</sub> = mineralisierter Stickstoff im Boden (NH<sub>4</sub> + NO<sub>3</sub>)**

Messwert im Frühjahr ist eine Momentaufnahme, kann stark schwanken





# Nmob erschwert die Stickstoffkalkulation

***Nmob (kg/ha N) = mobilisierbarer, organisch gebundener Stickstoff***

- Nmob Boden → abhängig vom Humusgehalt und Stickstoffgehalt im Humus (C:N)

→ für praktische Belange Nmob ~ Ackerzahl (AZ)  
→ unter Weizen ca. 80 %-tige Ausnutzung

| AZ    | Nmob | 80 % |
|-------|------|------|
| 30 →  | 30   | 25   |
| 60 →  | 60   | 50   |
| 100 → | 100  | 80   |

- Freisetzung abhängig von Bodentemperatur und -feuchte



## Nmob aus Ernterückständen der Vorfrucht

|              |                  |
|--------------|------------------|
| Getreide     | 10 - 20 kg/ha N  |
| Raps         | 40 - 70 kg/ha N  |
| Zuckerrüben  | 40 - 80 kg/ha N  |
| Sonnenblumen | 30 - 40 kg/ha N  |
| Leguminosen  | 40 - 100 kg/ha N |
| Körnermais   | 30 - 60 kg/ha N  |
| Silomais     | 10 - 30 kg/ha N  |
| Kartoffeln   | 40 - 100 kg/ha N |



# Stickstofffreisetzung aus organischer Substanz

|                              |    |         |   |
|------------------------------|----|---------|---|
| Ammonifikation               | ab | 3 °C    | Bodentemperatur   |
| Nitrifikation                | ab | 5 °C    | Bodentemperatur   |
| verstärkt                    | ab | 10 °C   | Bodentemperatur   |
| optimale<br>Wasserversorgung |    | 40-70 % | FK  |
| Denitrifikation              |    | 90 %    | FK (+ 15 °C)  |
| Ammoniakverluste             |    | pH >7   | - trockene Bodenoberfläche<br>- schwache Sorption<br>- hohes Sättigungsdefizit der Luft |



# N-Nachlieferungsrate aus dem Boden im Frühjahr

|                         | Bodentemperaturen (0-20 cm) |       |       |       |
|-------------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|
|                         | 5 °C                        | 10 °C | 15 °C | 20 °C |
| trocken<br>(40-50% nFK) | 0,3                         | 0,7   | 1,0   | 1,3   |
| frisch<br>(50-60% nFK)  | 0,6                         | 1,2   | 2,2   | 3,0   |
| feucht<br>(60-80% nFK)  | 0,5                         | 0,8   | 1,3   | 2,0   |
| nass<br>(über 80% nFK)  | 0,1                         | 0,5   | 0,7   | 1,0   |

pro Tag in Prozent des mobilisierbaren, organisch gebundenen Stickstoffs



# Verlauf der N-Freisetzung

## Nmob: 150 kg/ha N kalkuliert

| kaltes<br>Frühjahr   | 05.04. - 15.04. - 05.05. - 25.05. - 15.06. - 05.07.2010 |           |           |           |           |                  |
|----------------------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------|
|                      | 10 Tage   | 20 Tage   | 20 Tage   | 20 Tage   | 20 Tage   |                  |
| Temperatur Boden     | 5 °C  | 6 °C      | 10 °C     | 15 °C     | 17 °C     |                  |
| Feuchte (% nFK)      | 60  | 55        | 45        | 55        | 40        | nicht<br>genutzt |
| Mineralisierungsrate | 0,4 %   | 0,6 %     | 1,2 %     | 2,2 %     | 1,7 %     |                  |
| <b>kg/ha N</b>       | <b>6</b>  | <b>18</b> | <b>30</b> | <b>42</b> | <b>18</b> | <b>36</b>        |

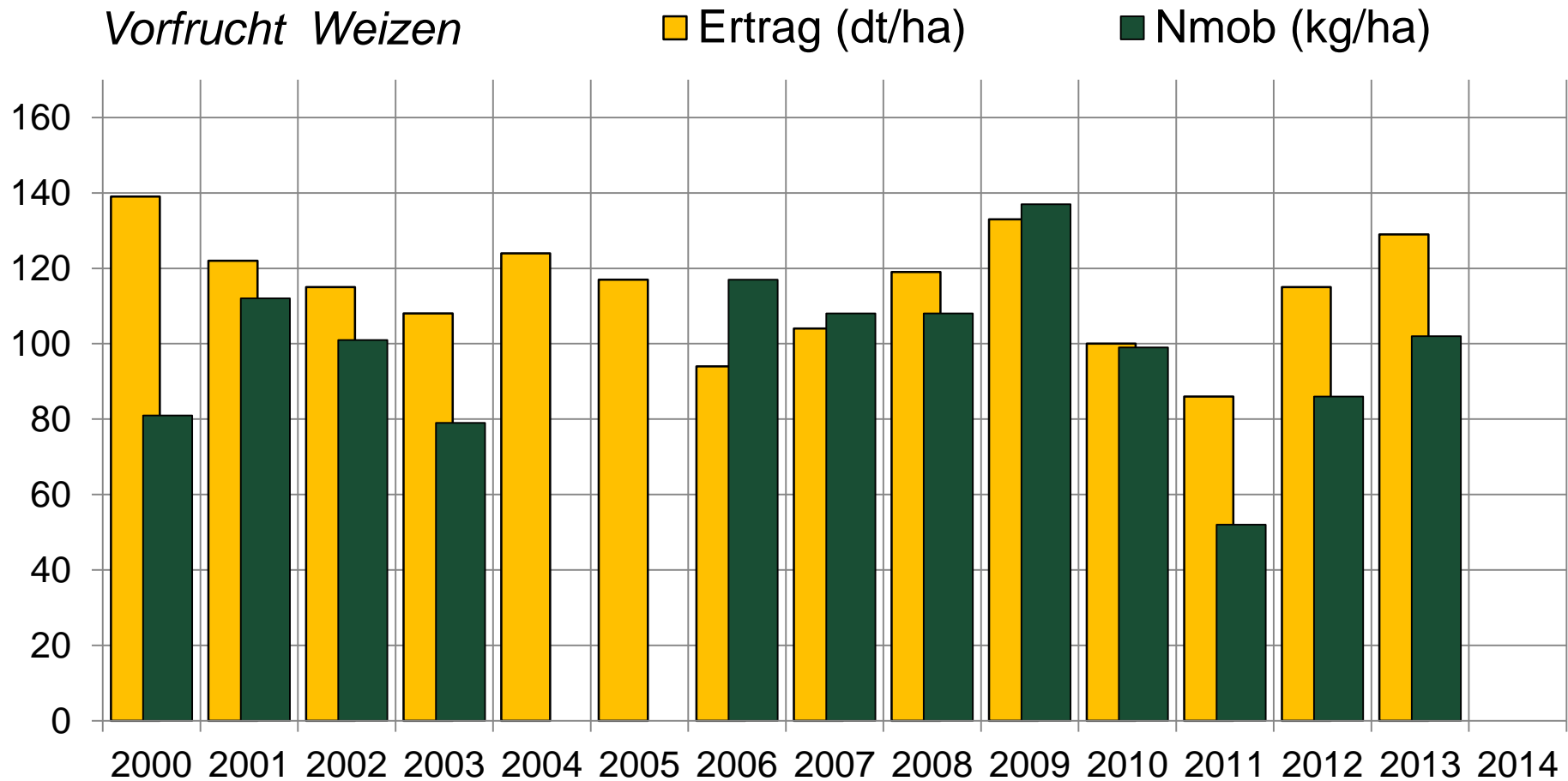
tatsächliche Freisetzung 114 kg/ha N

| mildes<br>Frühjahr   | 25.03. - 15.04. - 05.05. - 25.05. - 15.06. - 05.07.2007 |           |           |          |           |                  |
|----------------------|---|-----------|-----------|----------|-----------|------------------|
|                      | 20 Tage   | 20 Tage   | 20 Tage   | 20 Tage  | 20 Tage   |                  |
| Temperatur Boden     | 8 °C  | 14 °C     | 15 °C     | 17°C     | 17 °C     |                  |
| Feuchte (% nFK)      | 55  | 50        | 50        | 35       | 45        | nicht<br>genutzt |
| Mineralisierungsrate | 0,8 %   | 2,0 %     | 2,2 %     | 0 %      | 1,3 %     |                  |
| <b>kg/ha N</b>       | <b>23</b>   | <b>50</b> | <b>33</b> | <b>0</b> | <b>11</b> | <b>33</b>        |

tatsächliche Freisetzung 117 kg/ha N



# Jahresvergleich der N-Nachlieferung in Friedrichsthal





# N-Düngungs-Kalkulation

|   | <b>Sandboden<br/>(35 BP)</b>          | <b>Tschernosem<br/>(90 BP)</b>        |
|---|---------------------------------------|---------------------------------------|
|   | <b>5.500 kg/ha<br/>- 15 % Protein</b> | <b>7.500 kg/ha<br/>- 15 % Protein</b> |
| → N-Aufnahmebedarf<br>→ (Korn + Rückstände) | 180 kg/ha N                           | 230 kg/ha N                           |
| → Rest-Stickstoff                           | 40 kg/ha N                            | 60 kg/ha N                            |
| → <b>N-Bedarf</b>                           | <b>220 kg/ha N</b>                    | <b>290 kg/ha N</b>                    |
| - <b>N<sub>min</sub> (0-60 cm)</b>          | <b>25 kg/ha N</b>                     | <b>50 kg/ha N</b>                     |
| - <b>N<sub>mob</sub> Boden</b>              | <b>25 kg/ha N</b>                     | <b>60 kg/ha N</b>                     |
| - <b>N<sub>mob</sub> Vorfrucht</b>          | <b>40 kg/ha N</b>                     | <b>50 kg/ha N</b>                     |
| <b>N-Düngung<br/>(100% Ausnutzung)</b>      | <b>130 kg/ha N</b>                    | <b>130 kg/ha N</b>                    |



# N-Düngungs-Kalkulation

|   | <b>Sandboden<br/>(35 BP)</b>          | <b>Tschernosem<br/>(90 BP)</b>         |
|---|---------------------------------------|--|
|   | <b>5.500 kg/ha<br/>- 12 % Protein</b> | <b>10.500 kg/ha<br/>- 12 % Protein</b> |
| → N-Aufnahmebedarf<br>→ (Korn + Rückstände) | 180 kg/ha N                           | 230 kg/ha N                            |
| → Rest-Stickstoff                           | +40 kg/ha N                           | +60 kg/ha N                            |
| → <b>N-Bedarf</b>                           | <b>220 kg/ha N</b>                    | <b>290 kg/ha N</b>                     |
| - <b>N<sub>min</sub> (0-60 cm)</b>          | <b>25 kg/ha N</b>                     | <b>50 kg/ha N</b>                      |
| - <b>N<sub>mob</sub> Boden</b>              | <b>25 kg/ha N</b>                     | <b>60 kg/ha N</b>                      |
| - <b>N<sub>mob</sub> Vorfrucht</b>          | <b>40 kg/ha N</b>                     | <b>50 kg/ha N</b>                      |
| <b>N-Düngung<br/>(100% Ausnutzung)</b>      | <b>130 kg/ha N</b>                    | <b>130 kg/ha N</b>                     |





# Stickstoffformen

- Harnstoff - Amid
- Ammonium -  $\text{NH}_4$
- Nitrat -  $\text{NO}_3$
  
- Stabilisierte N-dünger

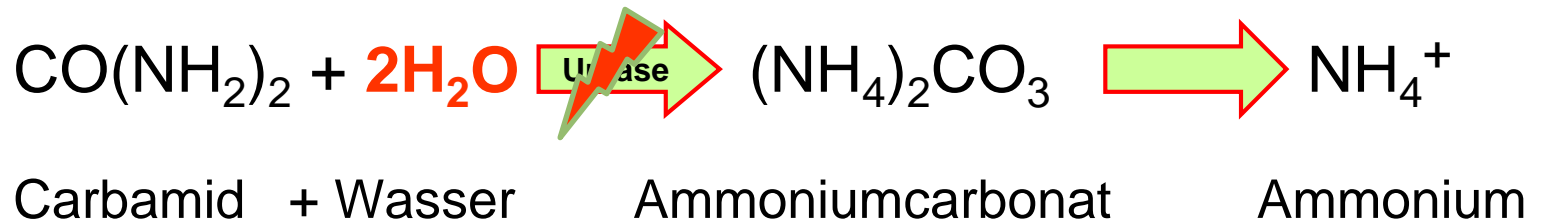
Welche Form ist für meinen Standort geeignet?



# Stickstoff im Boden

## Harnstoffabbau

Ureasehemmer



Bei 2°C nach 4 Tagen 75% als  $\text{NH}_4^+$   
Bei 10°C nach 2 Tagen 75% als  $\text{NH}_4^+$   
Bei 20°C nach 1 Tag 75% als  $\text{NH}_4^+$

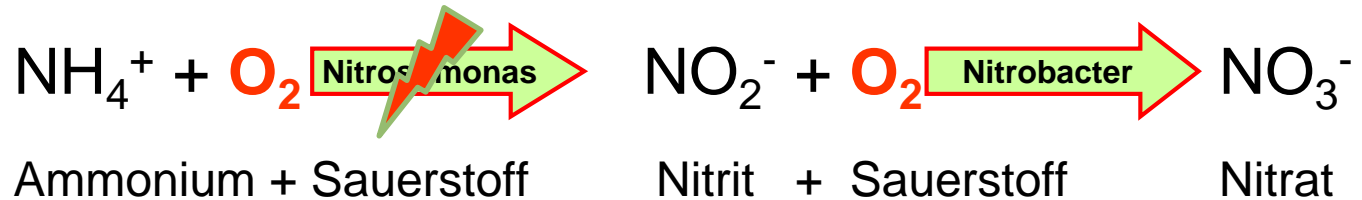
Bei 40% FK nach 4 Tagen 75% als  $\text{NH}_4^+$  (2°C)  
Bei 100% FK nach 8 Tagen 75% als  $\text{NH}_4^+$  (2°C)



# Stickstoff im Boden

## Nitrifikation

### Nitrifikationshemmer



Temperatur:

|                        |                         |
|------------------------|-------------------------|
| Bei 5°C nach >6 Wochen | 50% als $\text{NO}_3^-$ |
| Bei 8°C nach 4 Wochen  | 50% als $\text{NO}_3^-$ |
| Bei 10°C nach 2 Wochen | 50% als $\text{NO}_3^-$ |
| Bei 20°C nach 1 Wochen | 50% als $\text{NO}_3^-$ |

Feuchtigkeit:      Optimum: 40-60% FK

pH Wert:

- < 5,5    kaum Nitrifikation
- 6-7    optimal
- > 7     $\text{NH}_3$ -Verluste

Temperaturen >15°C und Bodenfeuchte >90% → Denitrifikation



# Nährstofftransport zur Wurzel und Nährstoffaufnahme

## 1. Massenfluss: $\text{NO}_3$ , S, Ca, Mg, Mo, B\*

Massenfluss der Mineralstoffe proportional zur Transpiration

- hohe Konzentration in der Bodenlösung (rel. zu Nachlieferung)
- schwach sorbiert
- passive Aufnahme, auch wenn Pflanze nicht wächst

## 2. Diffusion: $\text{NH}_4$ , P, K, Mn, Zn\*

in Bodenlösung von Düngerkorn/Aggregaten zur Wurzel

- stark sorbiert
- Diffusion erfordert geschlossenen Wasserfilm und aktives Wachstum

## 3. Interzeption: P, Cu, Fe\*

(Erwachsen durch die ausbreitende Wurzel)

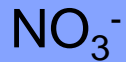
- geringe Konzentration in der Bodenlösung
- stark sorbiert

\* B, Zn, Fe: anteilig unter 70%, es sind auch andere Aufnahmeformen beteiligt



# Nährstoffaufnahme = Anlieferung an die Wurzel

## Massenfluss ~ Transpiration



➔ hohe Konzentration /  
**keine Bindung** an Austauscher

➔ sehr hohe Konzentration /  
**schwache Bindung** an Austauscher

## Diffusion ~ Gradient



➔ Austauscher/Düngerkorn → Wurzel

➔ geringe bis mittlere Konzentration / **starke Bindung** an Austauscher

➔ geringe  
Konzentration  
in der  
Bodenlösung

## Interzeption (~ Wärme/Wachstum)



➔ Wurzel → Quelle



# Stickstoffformen

## *Harnstoff - Amid*

- sehr gut wasserlöslich
- direkte Aufnahme durch Massenfluss
- nicht an Austauscher gebunden
- geringe Bestockungswirkung
- schnelle Ammonifikation durch Urease zu Ammonium



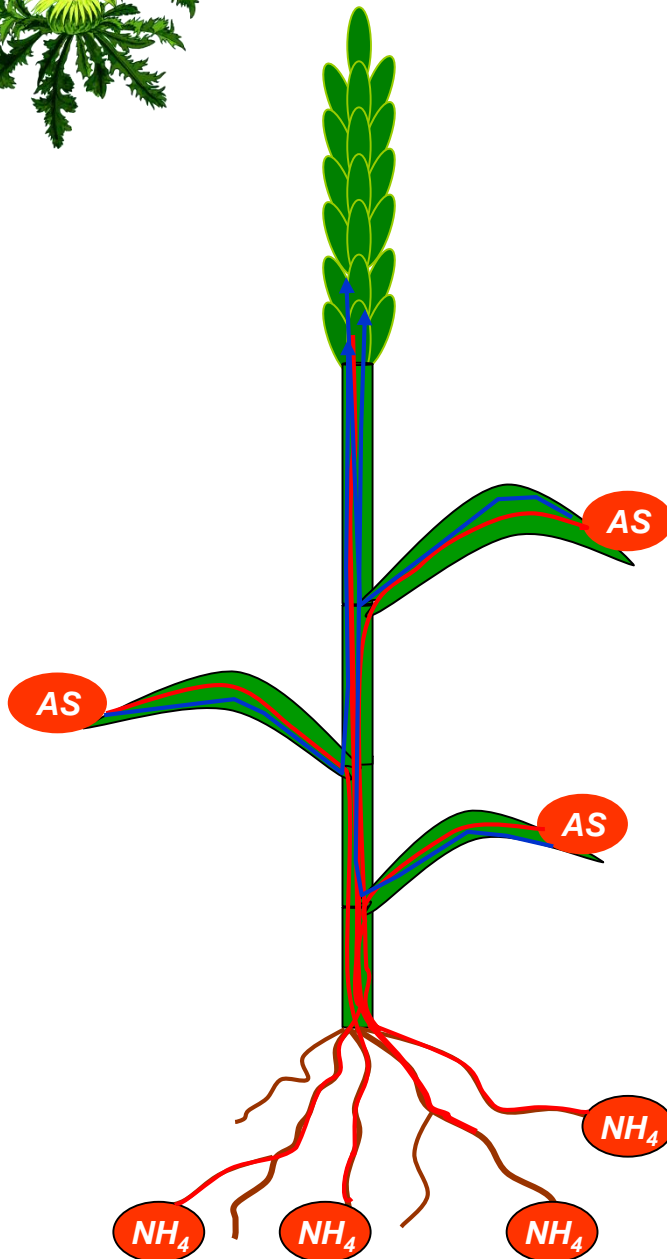
# Stickstoffformen

*Ammonium – NH<sub>4</sub>*

- wasserlöslich
- Bindung an Austauscher
- Aufnahme durch Diffusion
- bessere (Seiten-)Wurzelausbildung
- geringe Bestockungsneigung
- stabiles Gewebe
- geringeres Krankheits- und Lagerrisiko
- wird durch Nitrifikation → Nitrat



# NH<sub>4</sub> - Stickstoff in der Pflanze



direkter Transport  
von AS aus Wurzel → Ähre

Auslagerung  
von AS aus Blätter → Körner

Aminosäuren  
werden im **Xylem** + **Phloem** transportiert

In der Wurzel + unterer Spross  
NH<sub>4</sub> → Amide → Aminosäure  
Prozeß erfordert C-Anlieferung

***N - Aufnahme durch Diffusion***





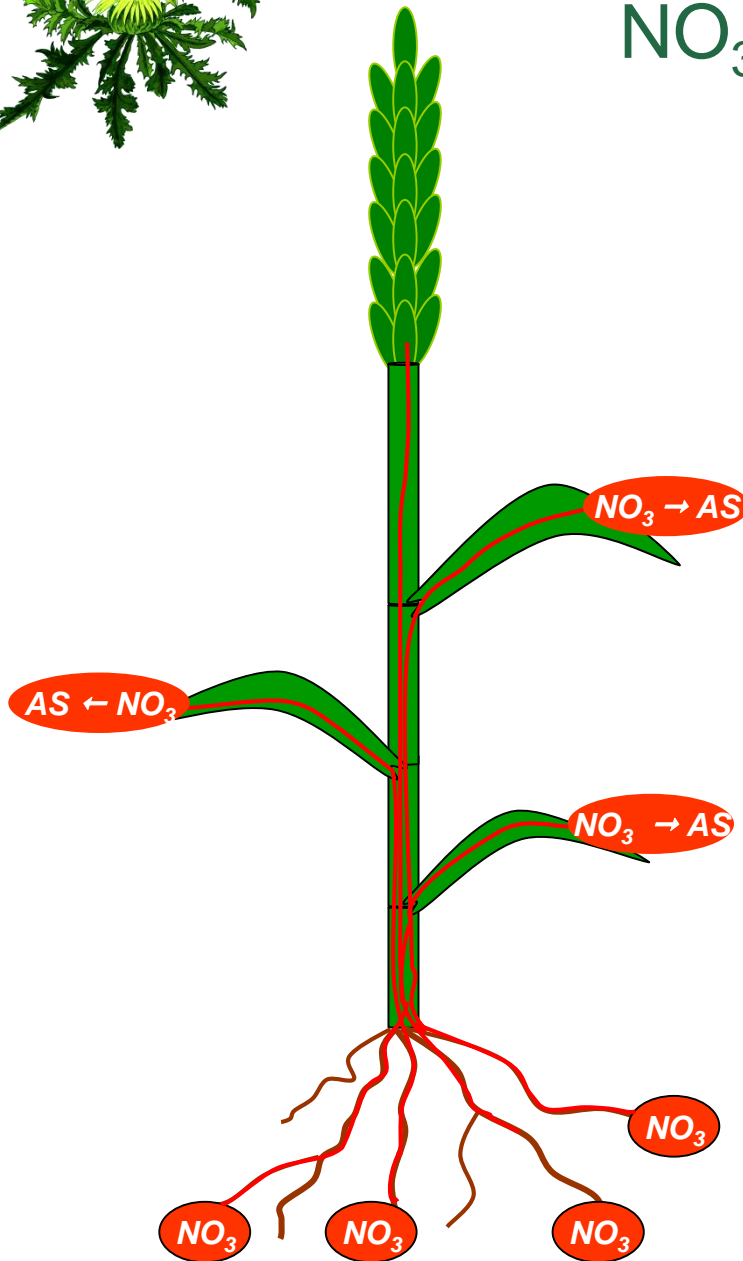
# Stickstoffformen

*Nitrat – NO<sub>3</sub>*

- stark wasserlöslich
- keine Bindung an Austauscher
- schnelle Aufnahme durch Massenfluss
- Cytokinin-Stimulation (Bestockung)
- größeres Zellvolumen, schwächere Zellwand
- höheres Lager- und Krankheitsrisiko
- Überangebot → verlangsamte Umlagerung
- Akkumulation von Nitrat in Vakuole



# $\text{NO}_3$ - Stickstoff in der Pflanze



## **Aminosäuren (AS)**

werden im Phloem transportiert  
→ in das wachsende Korn

im alternden Blatt:  
Proteine → Proteasen → Aminosäuren

im Blatt  
 $\text{NO}_3$  → reduziert → Amide  
Amide + Kohlenhydrate → Protein

überschüssiges  $\text{NO}_3$  /  $\text{NO}_2$  → Vakuolen  
kein Rücktransport aus Blätter

$\text{NO}_3$  - Transport im **Xylem**  
proportional zur Verdunstung  
= mehr  $\text{NO}_3$  → größere Blätter

**$\text{NO}_3$  - Aufnahme  
durch Massenfluss**



## Was passiert mit $\text{NO}_3$ - Stickstoff

- ⇒ **Aufnahme durch Massenfluss**
- ⇒ Transport in die am stärksten transpirierenden Blätter
- ⇒ **bei ausreichender Versorgung mit Spurenelementen** (Nitrat-, Nitritreduktase)
  - Reduktion zu  $\text{NH}_4$  → Amiden, Aminosäuren + Kohlenhydraten (Licht)

→ **Bildung von Proteinen**

- ⇒ **bei unzureichender Spurenelementversorgung verstärkt durch wenig Licht** (Dauer x Intensität)
  - Akkumulation von  $\text{NO}_3/\text{NO}_2$  in den Vakuolen  
Auslagerung erst nach dem Absterben der Blätter

- hohe  $\text{NO}_3$ -Konzentration verzögert Blattalterung und damit Proteinabbau in den Blättern
- verhindert Proteinbildung

**Zu viel  $\text{NO}_3$  → kostet Ertrag + Qualität**

**Folge**



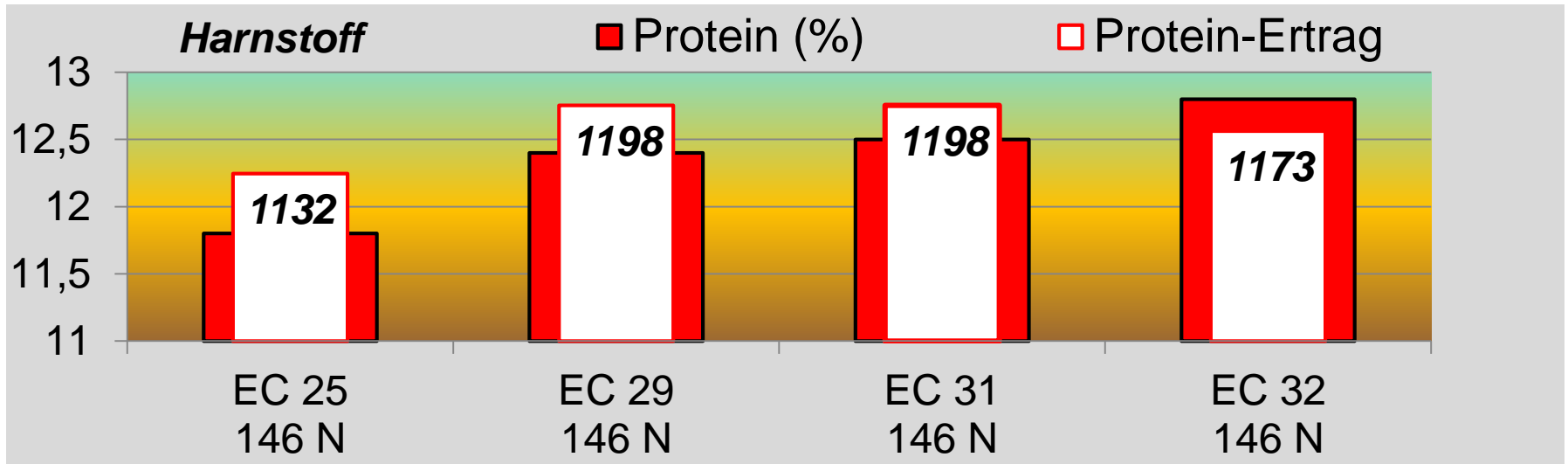
# Wie lange dauert die Umwandlung verschiedener N-Formen im Boden

| <b>EC 27</b>                      | <b>EC 27/29</b>      | <b>EC 30</b>           | <b>EC 31</b>            | <b>EC 37</b>            | <b>EC 39</b>            |
|-----------------------------------|----------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 10.03.<br>N-Form                  | 18.03.<br>20 °C-Tage | 08.04.<br>(70 °C-Tage) | 18.04.<br>(160 °C-Tage) | 09.05.<br>(300 °C-Tage) | 22.05.<br>(450 °C-Tage) |
| <b>Harnstoff</b>                  | 75 % HST             | 25 % HST               | 0 % HST                 |                         |                         |
| 100 %                             | 25 % NH <sub>4</sub> | 75 % NH <sub>4</sub>   | 40 % NH <sub>4</sub>    |                         |                         |
| HST                               |                      |                        | 60 % NO <sub>3</sub>    | 100 % NO <sub>3</sub>   | 100 % NO <sub>3</sub>   |
| <b>Novurea</b>                    | 100 % HST            | 100 % HST              | 60 % HST                | 40 % HST                |                         |
| HST +                             |                      |                        | 25 % NH <sub>4</sub>    | 30 % NH <sub>4</sub>    |                         |
| NBPT                              |                      |                        | 15 % NO <sub>3</sub>    | 30 % NO <sub>3</sub>    | 100 % NO <sub>3</sub>   |
| <b>Alzon 46</b>                   | 75 % HST             | 25 % HST               | 0 % HST                 |                         |                         |
| HST +                             | 25 % NH <sub>4</sub> | 75 % NH <sub>4</sub>   | 90 % NH <sub>4</sub>    | 40 % NH <sub>4</sub>    |                         |
| DCD                               |                      |                        | 10 % NO <sub>3</sub>    | 60 % NO <sub>3</sub>    | 100 % NO <sub>3</sub>   |
| <b>KAS</b>                        | 50 % NH <sub>4</sub> | 40 % NH <sub>4</sub>   | 20 % NH <sub>4</sub>    |                         |                         |
| NO <sub>3</sub> + NH <sub>4</sub> | 50 % NO <sub>3</sub> | 60 % NO <sub>3</sub>   | 80 % NO <sub>3</sub>    | 100 % NO <sub>3</sub>   |                         |

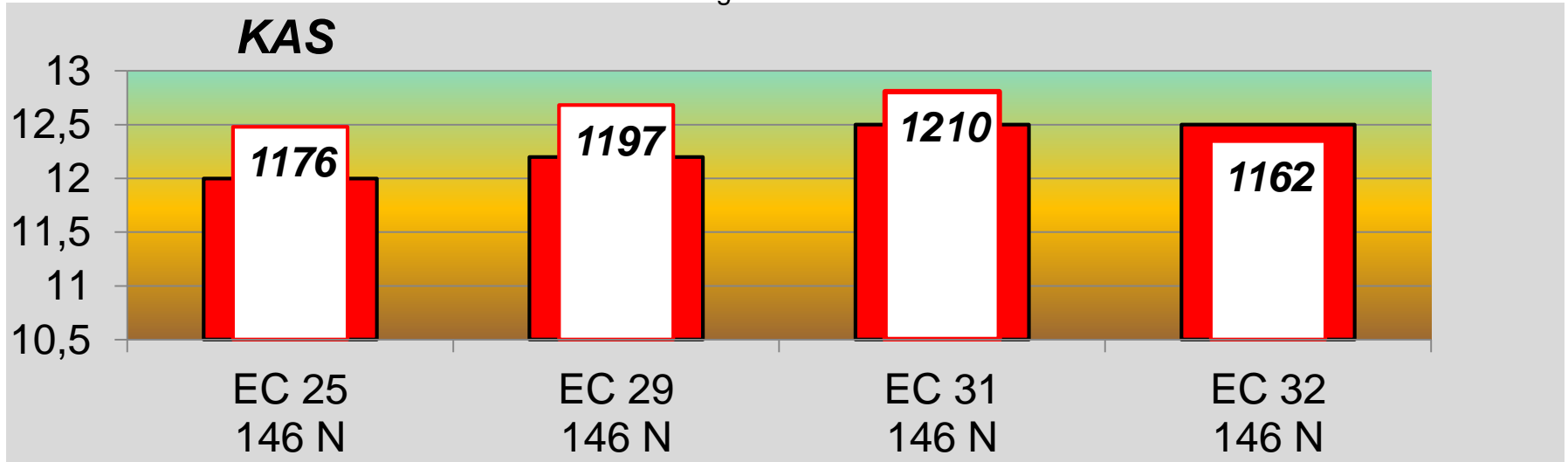


# Stabilisierte N-Dünger

## Düngungszeitpunkt und Backqualität



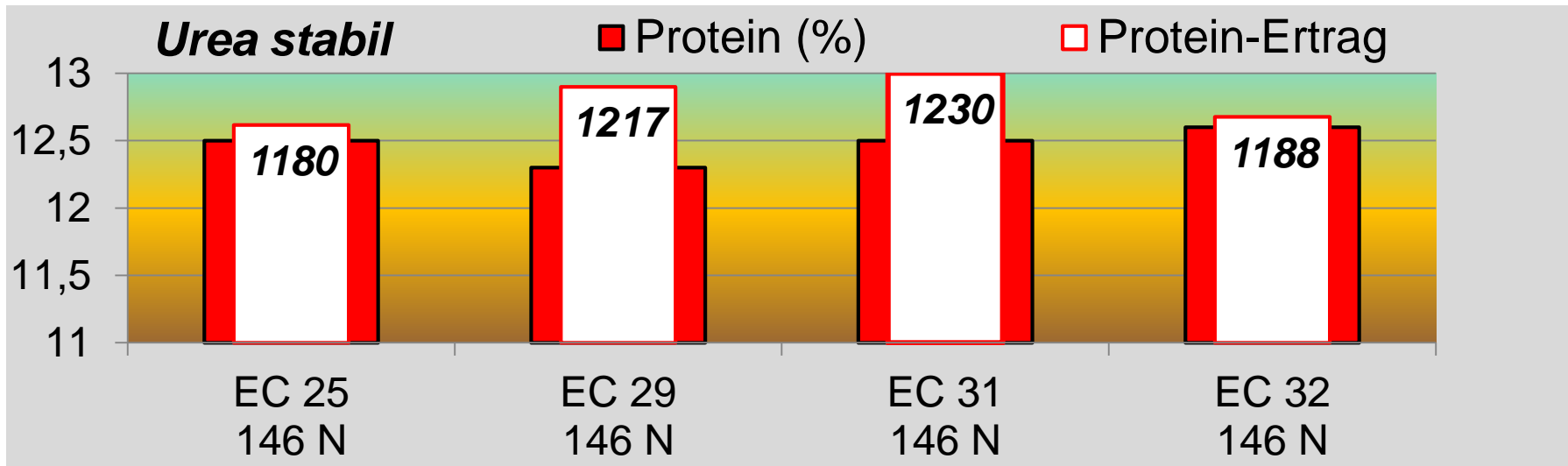
Datenbasis: N.U. Agrar GmbH Versuchsbericht



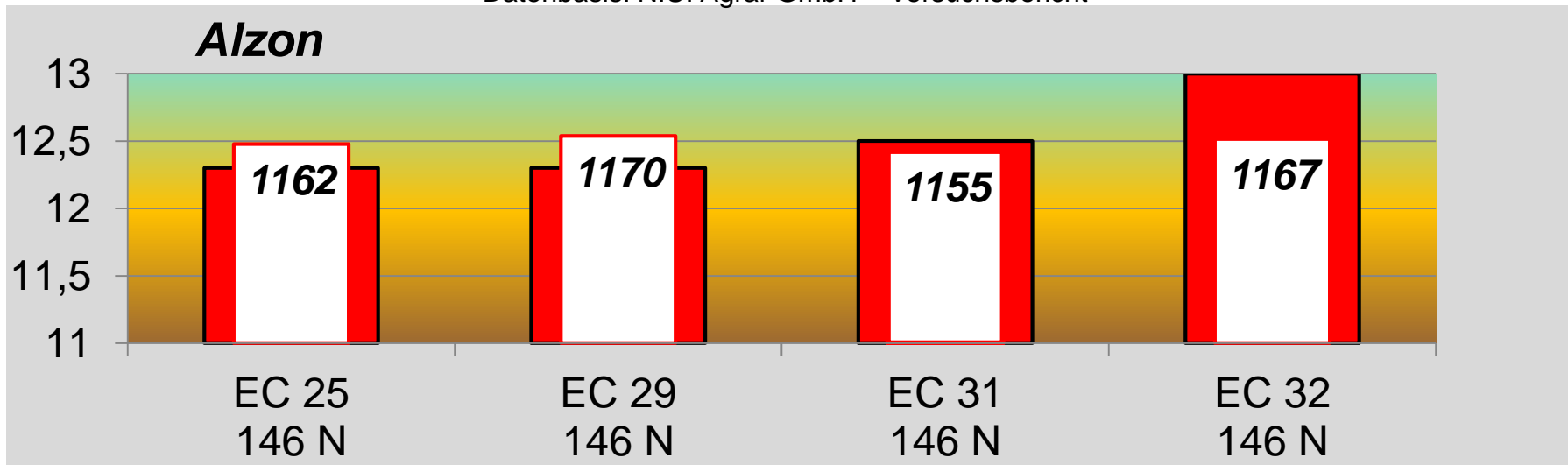


# Stabilisierte N-Dünger

## Düngungszeitpunkt und Backqualität



Datenbasis: N.U. Agrar GmbH – Versuchsbericht





## Welche N-Form ?

### → Harnstoff

geringe Sorption,  
Aufnahme durch Massenfluss  
geringe Cytokinwirkung (Bestockung)  
schnelle Ammonifizierung  
**gut bestockte Bestände**

### → Ammonium

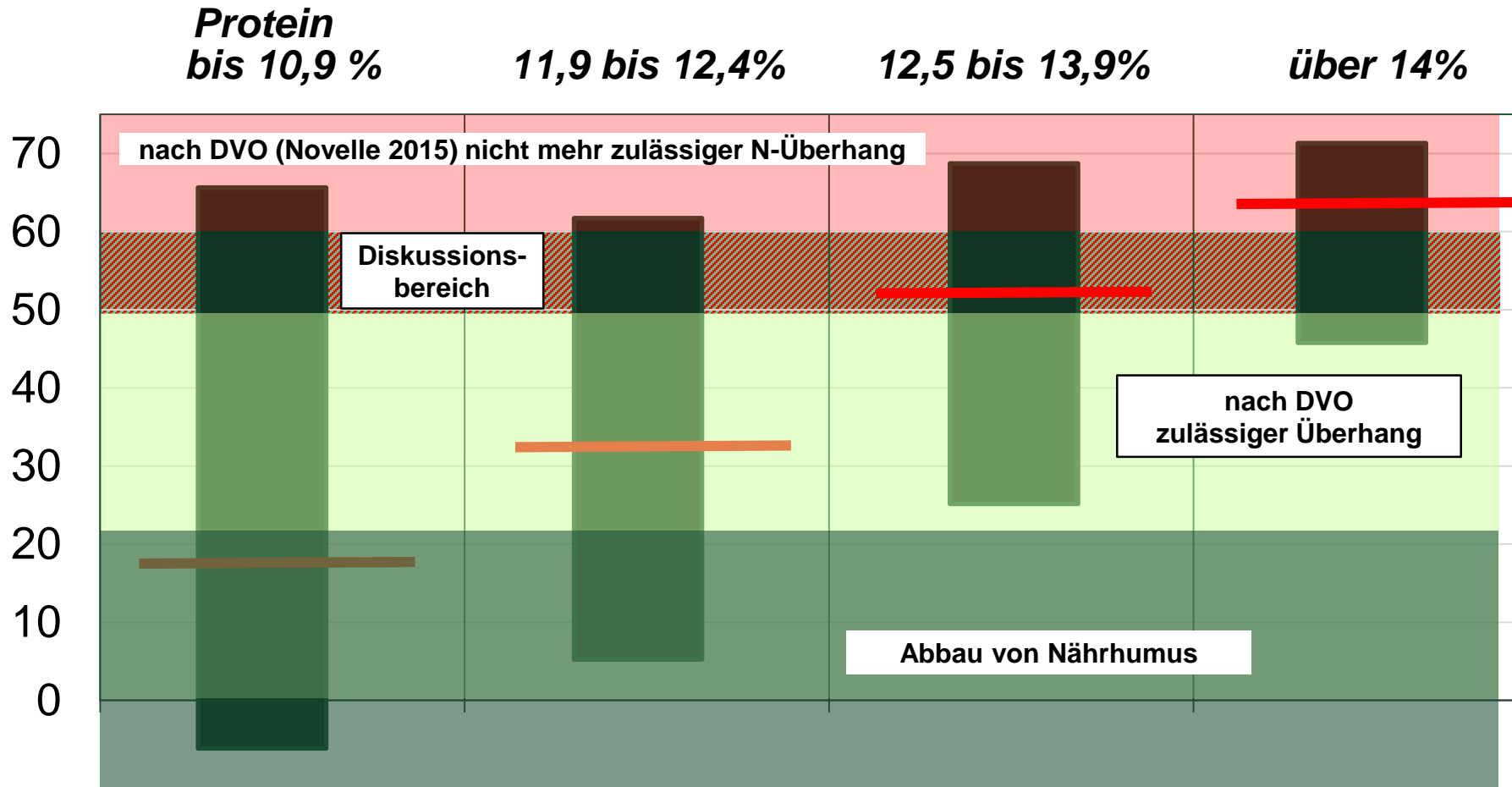
starke Sorption, Aufnahme durch Diffusion  
geringe Cytokinwirkung  
schnelle Nitrifizierung  
+ Nitrifikations-Hemmer  
**→ N-Depot + Wurzelförderung**

### → Nitrat

geringe Sorption,  
schnelle Aufnahme durch Massenfluss  
starke Cytokininwirkung → Bestockung  
**→ Schwach bestockte, späte Bestände**



# **Proteingehalt** und **N-Bilanz** (kg/ha N) (N-Düngung kg/ha minus N im Korn)

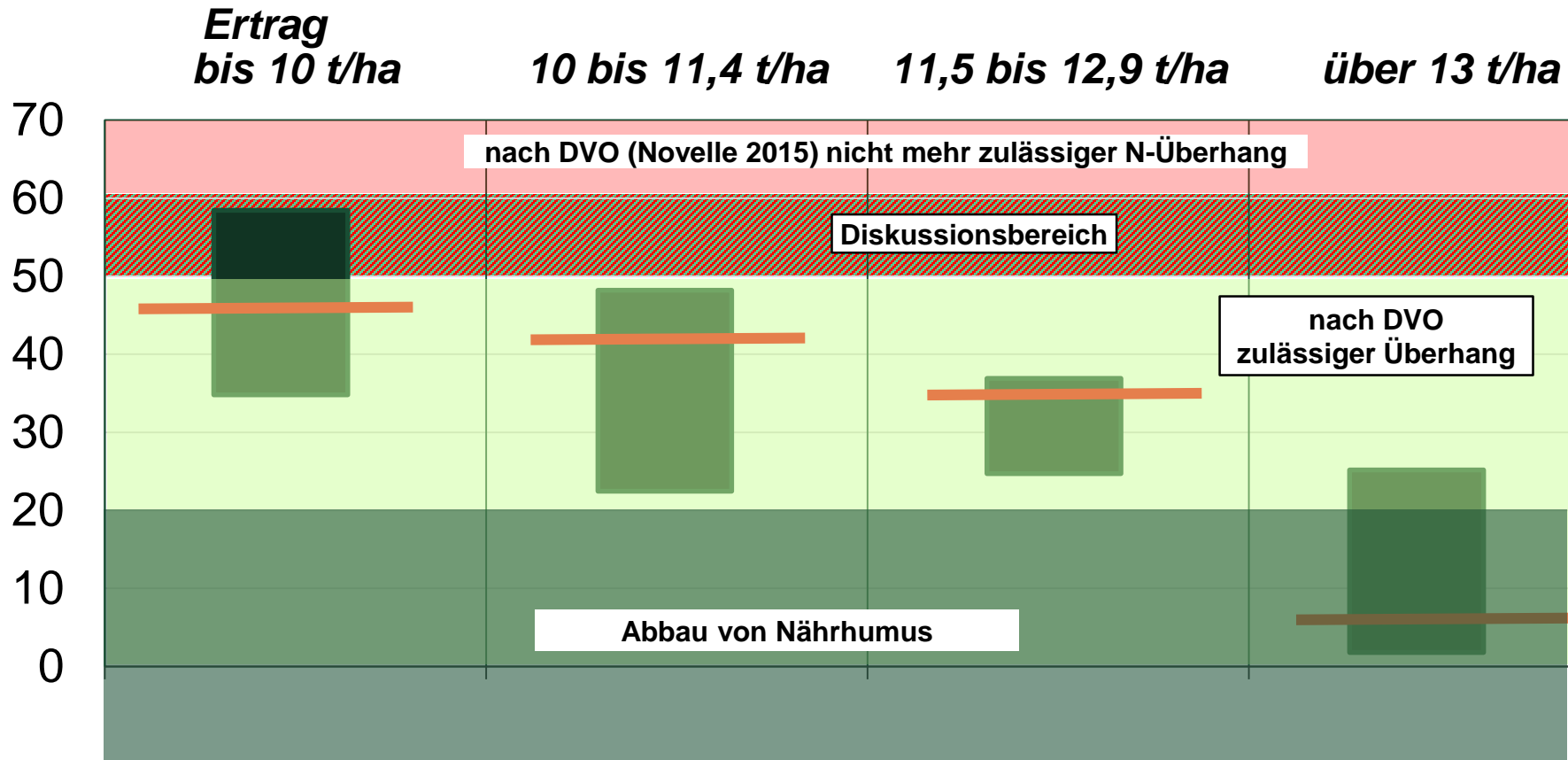


Datenbasis: Versuchsberichte / N-Düngungs- und Sortenversuche 2009 bis 2014 / Versuchsring Ostholstein und N.U. Agrar GmbH





# Ertragsniveau und **N-Bilanz** (kg/ha N) (N-Düngung kg/ha minus N im Korn)

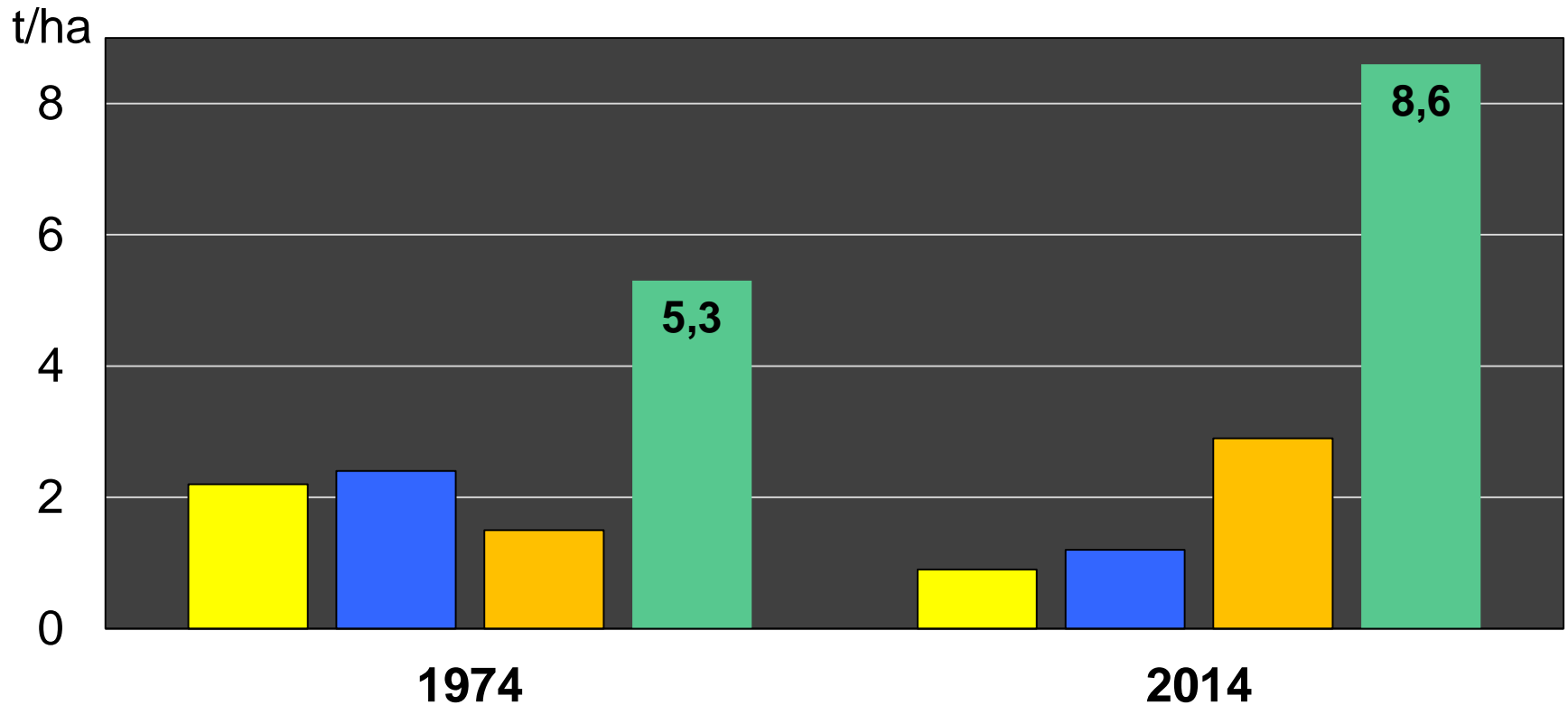


Datenbasis: Versuchsberichte / N-Düngungs- und Sortenversuche 2009 bis 2014 / Versuchsring Ostholstein und N.U. Agrar GmbH



# Weizenerträge (t/ha)

■ Kasachstan   ■ Russland   ■ Kanada   ■ Deutschland





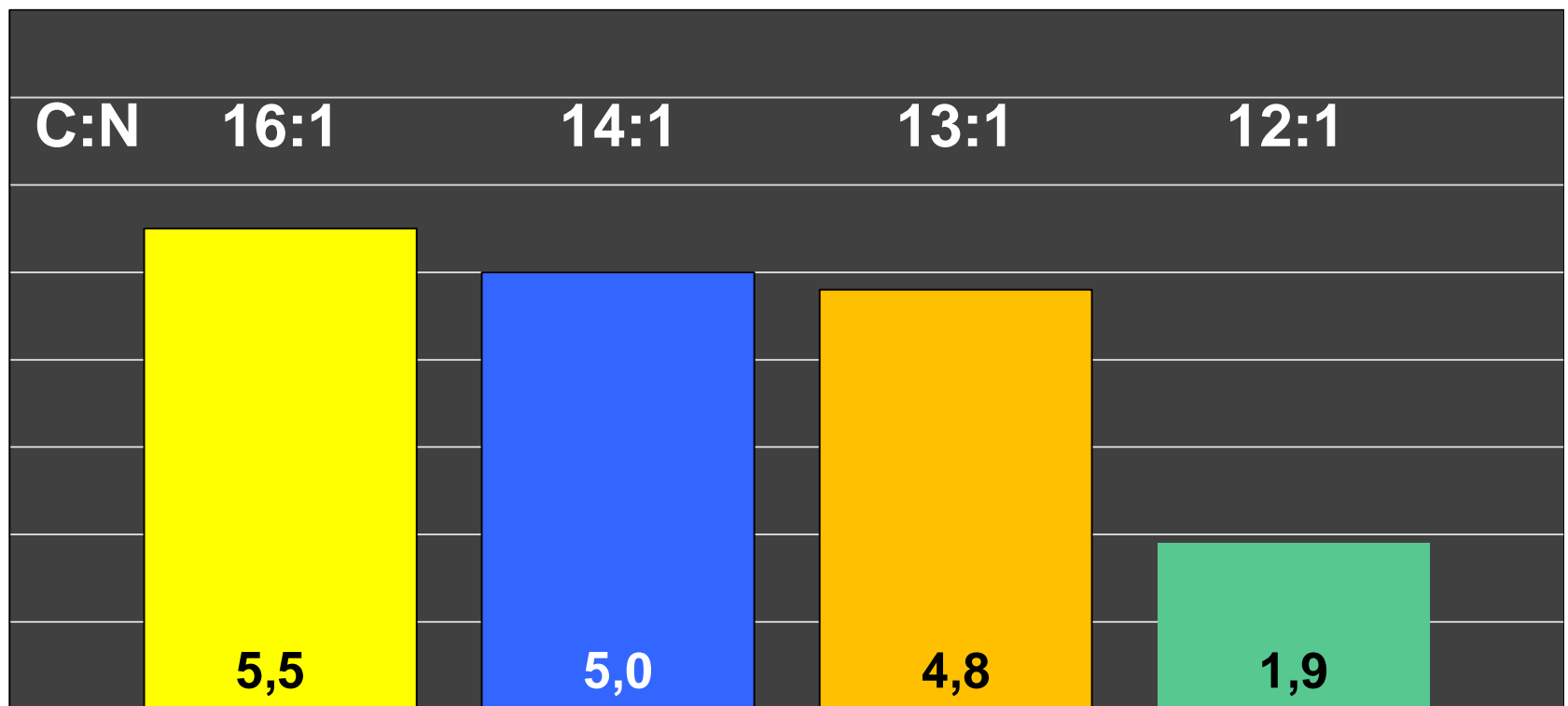
# Humus und Humusqualität

|  |             |                     |               |
|--|-------------|---------------------|---------------|
|  | Kasachstan  | Abbau von Nährhumus | < 1,0 kg/dt N |
|  | Russland    | pH 6,8 → pH 5,6     | 1,8 kg/dt N   |
|  | Kanada      | Soja, Canola        | 3,3 kg/dt N   |
|  | Deutschland | Fruchtfolge         | 2,2 kg/dt N   |



# Humus und Humusqualität

■ Kasachstan    ■ Russland    ■ Kanada    ■ Deutschland

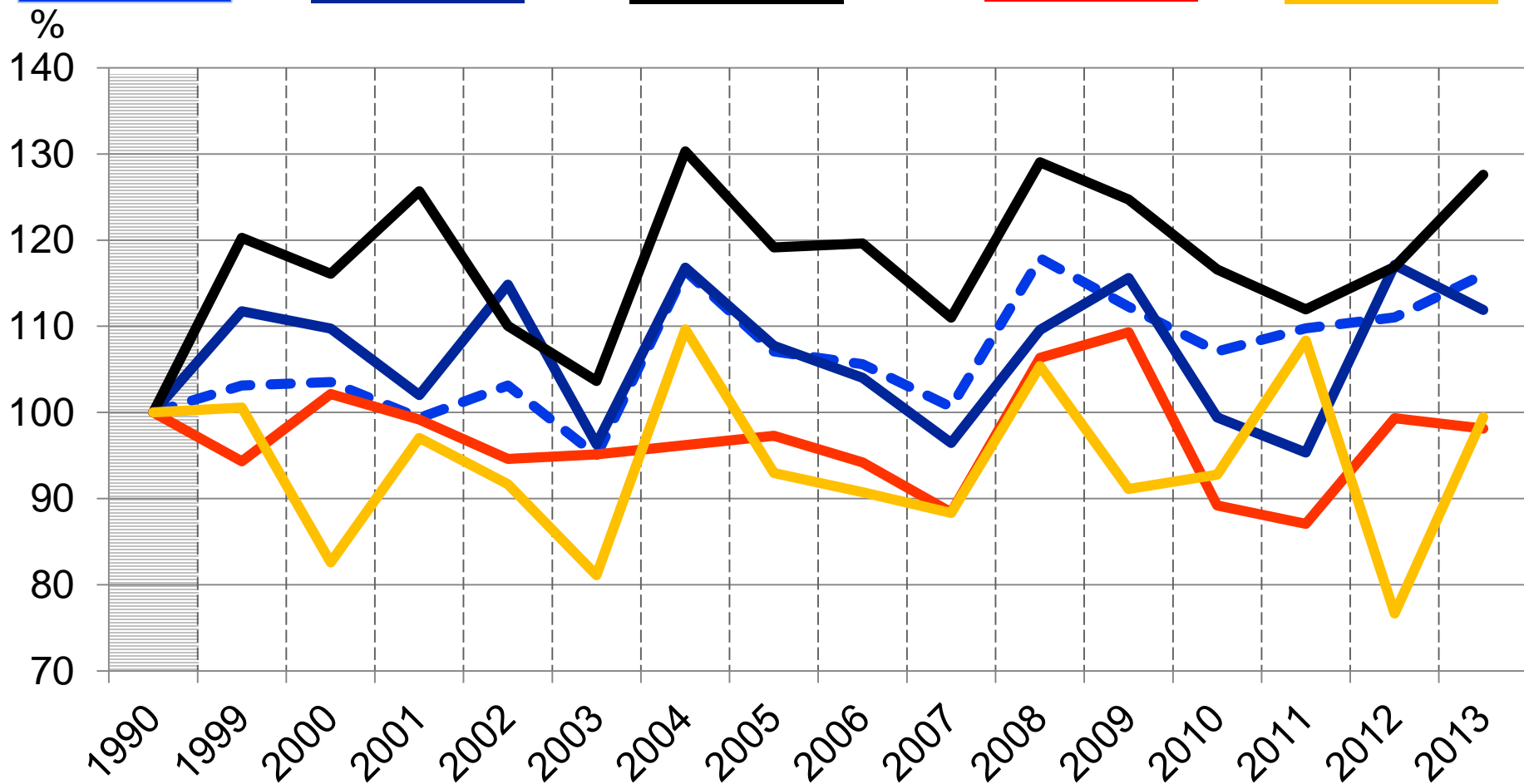


Humus in %



# Entwicklung der Erträge Europa - Winterweizen -

EU 27 1990: 48 dt/ha  
Frankreich 1990: 65 dt/ha  
Deutschland 1990: 63 dt/ha  
Dänemark 1990: 74 dt/ha  
Österreich 1990: 54 dt/ha



Datenbasis FAOSTAT



# Dänische Verhältnisse

## **Protein BRD**

2015 13,3 %  
Mittel (5 Jahre) 13,5 %

## **Protein Bioweizen**

2015 12,2 %  
Mittel (5 Jahre) 11,8 %

## Dänemark

- Anfang 1990er Jahre
- Düngemiteleininsatz limitiert
- Sinkende Erträge und Proteingehalte
- 12,0% (1992) ==> 8,4% (2014)
- Dänischer Weizen ist heute ein Synonym für Futterweizen
- Minimum 10 € weniger Wert als deutscher Futterweizen
- 8% der dänischen Weizenflächen sind im Qualitätsweizenanbau
- Muss heute Qualitätsweizen importieren.



# Welche und wie viel Nährstoffe enthält die Pflanze?

| Element           |          | $\mu\text{mol} / \text{g TM}$ | ppm | %          | relative Anzahl der Atome |
|-------------------|----------|-------------------------------|-----|------------|---------------------------|
| Molybdän          | Mo       | 0,001                         | 0,1 | -          | 1                         |
| Nickel            | Ni       | 0,001                         | 0,1 | -          | 1                         |
| Kupfer            | Cu       | 0,10                          | 6   | -          | 100                       |
| Zink              | Zn       | 0,30                          | 20  | -          | 300                       |
| Mangan            | Mn       | 1,0                           | 50  | -          | 1 000                     |
| Eisen             | Fe       | 2,0                           | 100 | -          | 2 000                     |
| Bor               | B        | 2,0                           | 20  | -          | 2 000                     |
| Chlor             | Cl       | 3,0                           | 100 | -          | 3 000                     |
| Schwefel          | S        | 30                            | -   | 0,1        | 30 000                    |
| <b>Phosphor</b>   | <b>P</b> | <b>60</b>                     | -   | <b>0,2</b> | <b>60 000</b>             |
| Magnesium         | Mg       | 80                            | -   | 0,2        | 80 000                    |
| Kalzium           | Ca       | 125                           | -   | 0,5        | 125 000                   |
| Kalium            | K        | 250                           | -   | 1,0        | 250 000                   |
| <b>Stickstoff</b> | <b>N</b> | <b>1000</b>                   | -   | <b>1,5</b> | <b>1 000 000</b>          |

Epstein, 1965; Brown, 1987



# Nährstoffversorgung

- Qualität ist nicht gleich Stickstoff !!
  
- komplexe Zusammenhänge
  - jeder Nährstoff spielt eine wichtige Rolle  
( S, Mg, P, K )
  - Spurenelemente  
( Mo, Mn, Cu, Zn, Fe )
  
- Stickstoff ist nicht gleich Stickstoff
  - Stickstoffformen
  - Stickstoff - Stabilisierung

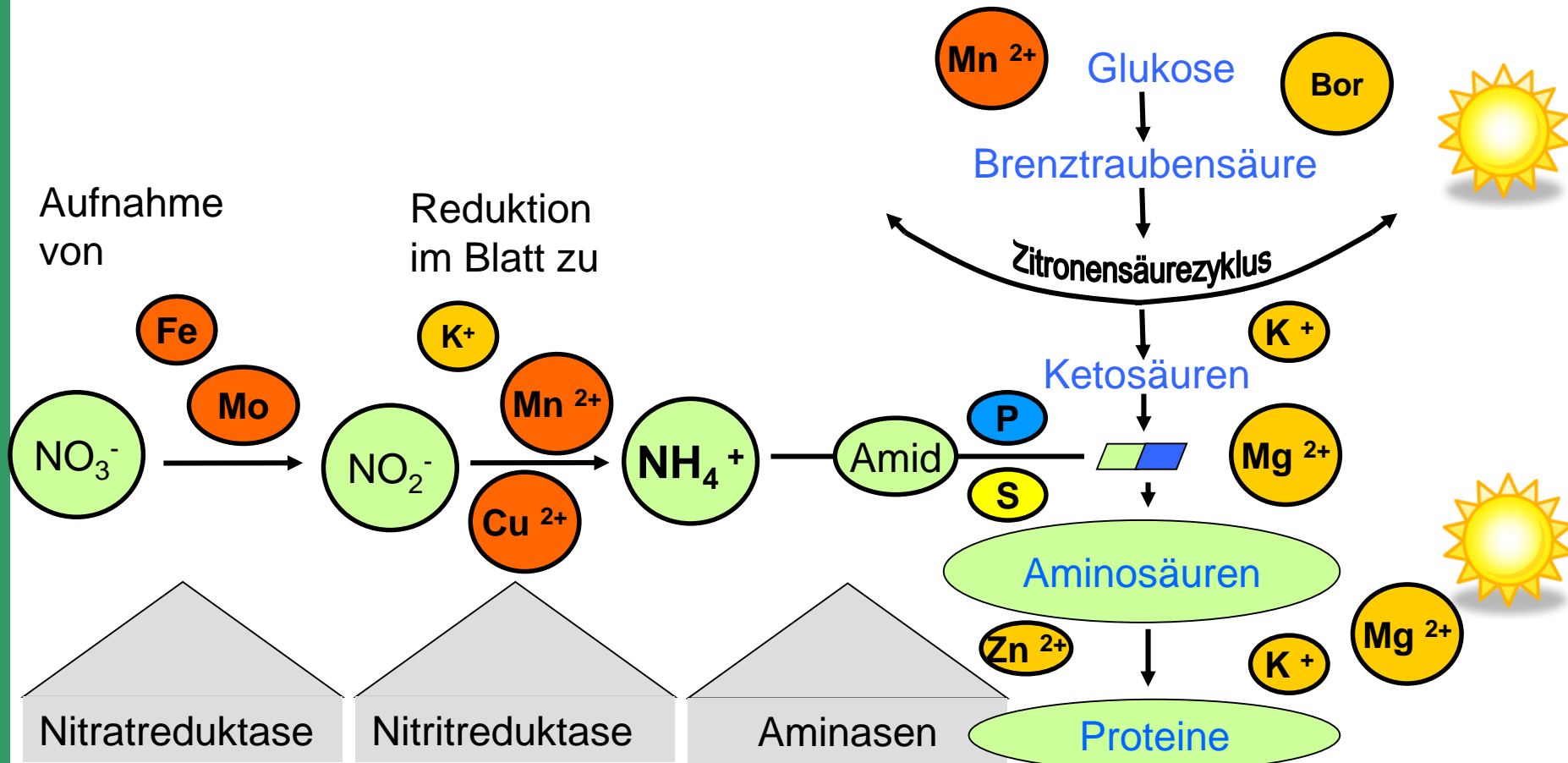




# Aufnahme und Einbau von Stickstoff in Aminosäuren und Proteine

## Stickstoff und Eiweißstoffwechsel

## Kohlenhydratstoffwechsel





# „Aus Asche bist Du, zu Asche wirst Du“

*Kohlenhydrat-  
bildung*

$C = H = O$

$Mg + K \leftrightarrow B + Mo + Cu + Fe + Mn$

*Eiweißbildung*

$N + P + S + CHO$

$P \leftrightarrow Mo + Cu + Zn$

*Gewebebildung*

$Ca + Si + CHO$

$K + P \leftrightarrow B + Cu + Mn$

*Energiehaushalt*

$P + Mg$

$B + Cu + Fe + Mn$

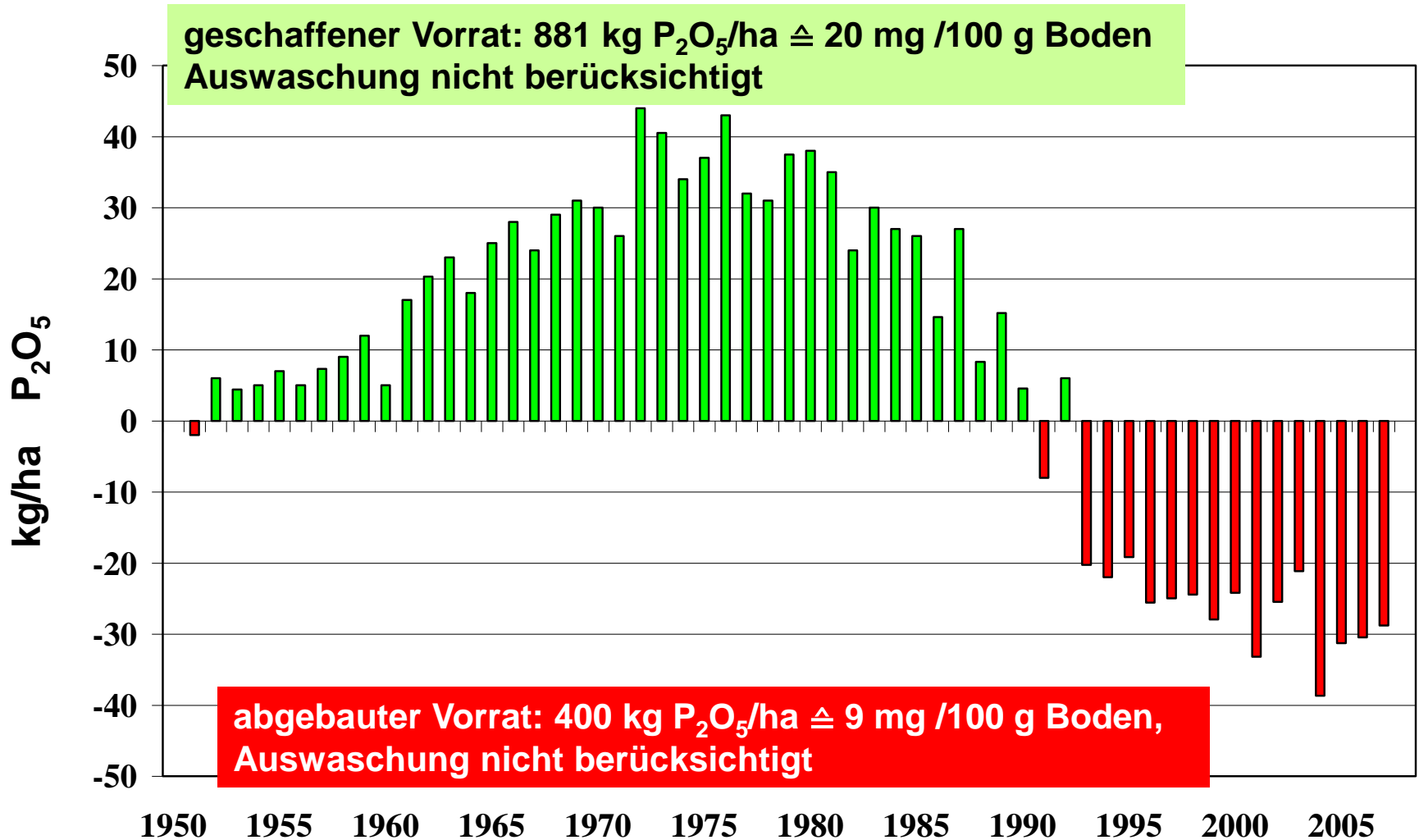
*Phytohormonelle  
Regulation*

$N + P + S$

$B + Cu + Fe + Mn + Zn$



# P-Saldo seit 1950 auf Ackerstandorten in Deutschland

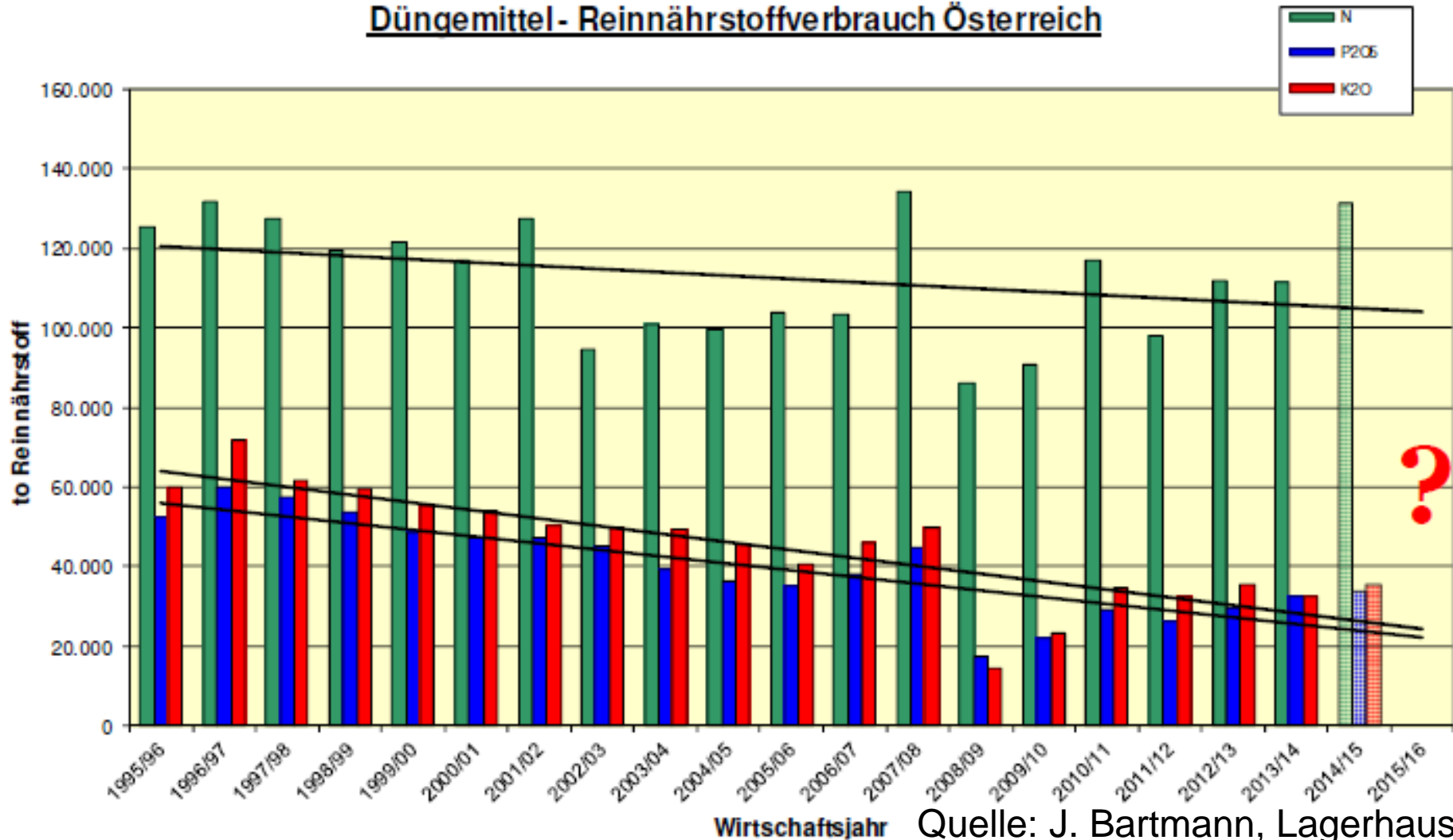




# Düngemittel – Reinnährstoffverbrauch Österreich

**Lagerhaus** | Wiener Becken

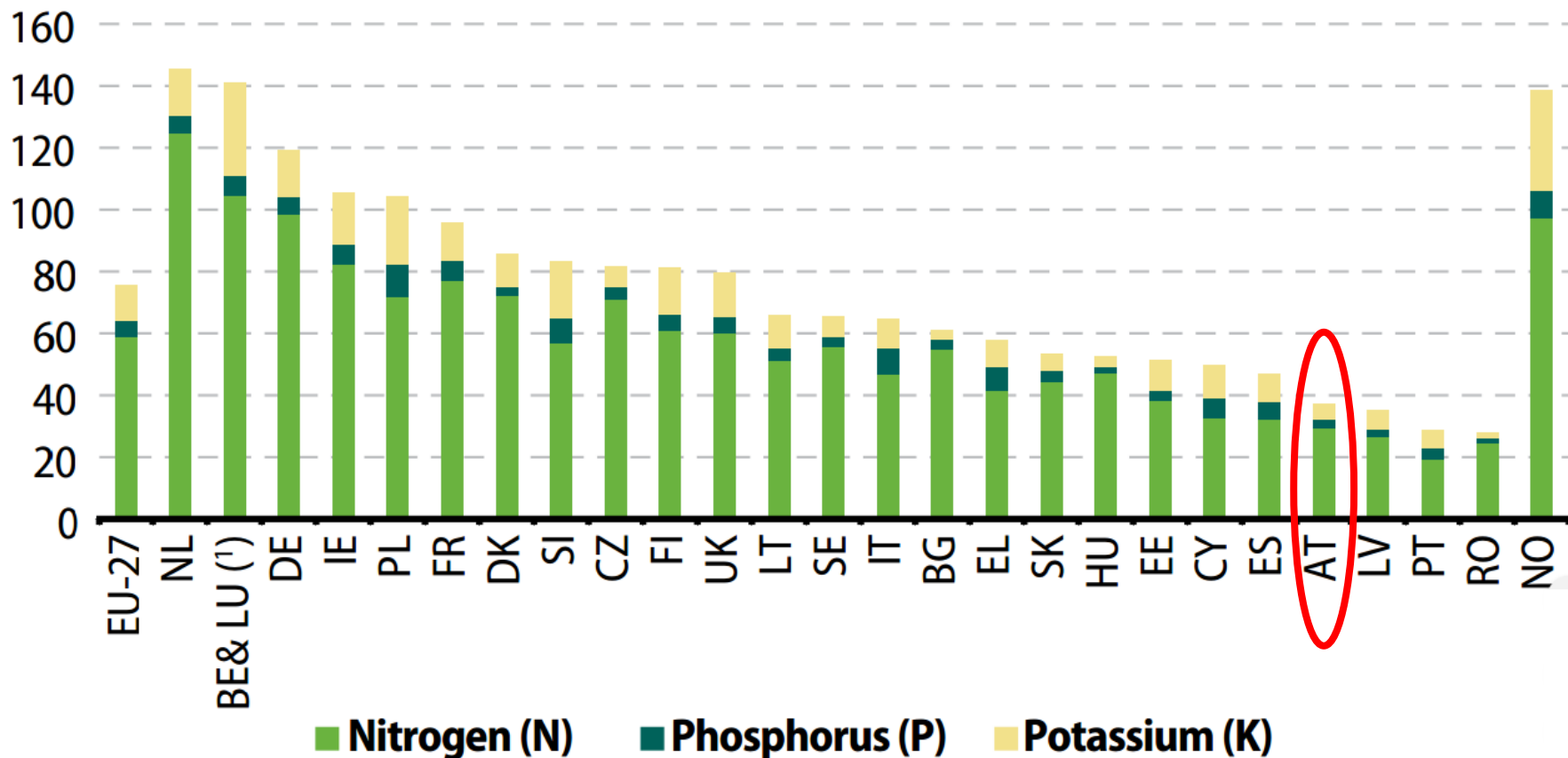
Düngemittel- Reinnährstoffverbrauch Österreich



Quelle: J. Bartmann, Lagerhaus



# Geschätzter Verbrauch an hergestellten Düngemitteln in 2009



Quelle: <http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/>



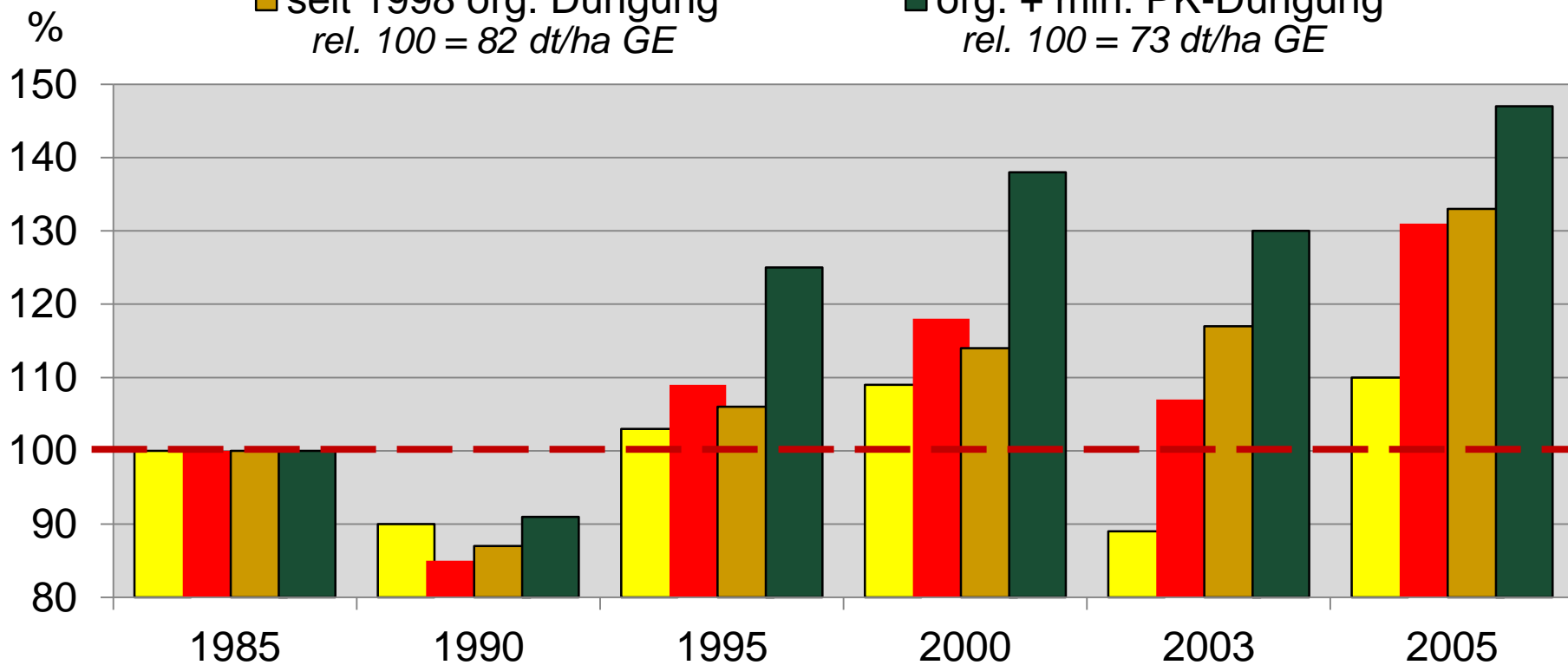
# Ertragsentwicklung von Körnerfrüchten in Abhängigkeit von der Düngung

■ PK-Düngung unter Entzug  
*rel. 100 = 74 dt/ha GE*

■ PK-Düngung Entzug  
*rel. 100 = 81 dt/ha GE*

■ seit 1998 org. Düngung  
*rel. 100 = 82 dt/ha GE*

■ org. + min. PK-Düngung  
*rel. 100 = 73 dt/ha GE*



Datenbasis: N.U. Agrar GmbH 2006 Norddeutschland



# Die Pflanze lebt nicht nur vom Stickstoff !!

## → **Phosphor**

1 kg/ha  $P_2O_5$ , damit 3 kg N wirken

Wurzelbildung

Kleberqualität

Herbstdüngung besser

unter 60 ppm  $P_2O_5$  im Boden:

50 bis 60 kg/ha  $P_2O_5$  über Boden

Blattdüngung in Trockenphase



## Grunddüngung

pH in Ordnung bringen

Bodenstruktur und Wurzelraum

Nährstoffbedarf sichern - Nettoentzug düngen

Blattdüngung bei eingeschränkter Verfügbarkeit

Organische Dünger  
- Klärschlamm aus der Schmutzdecke holen

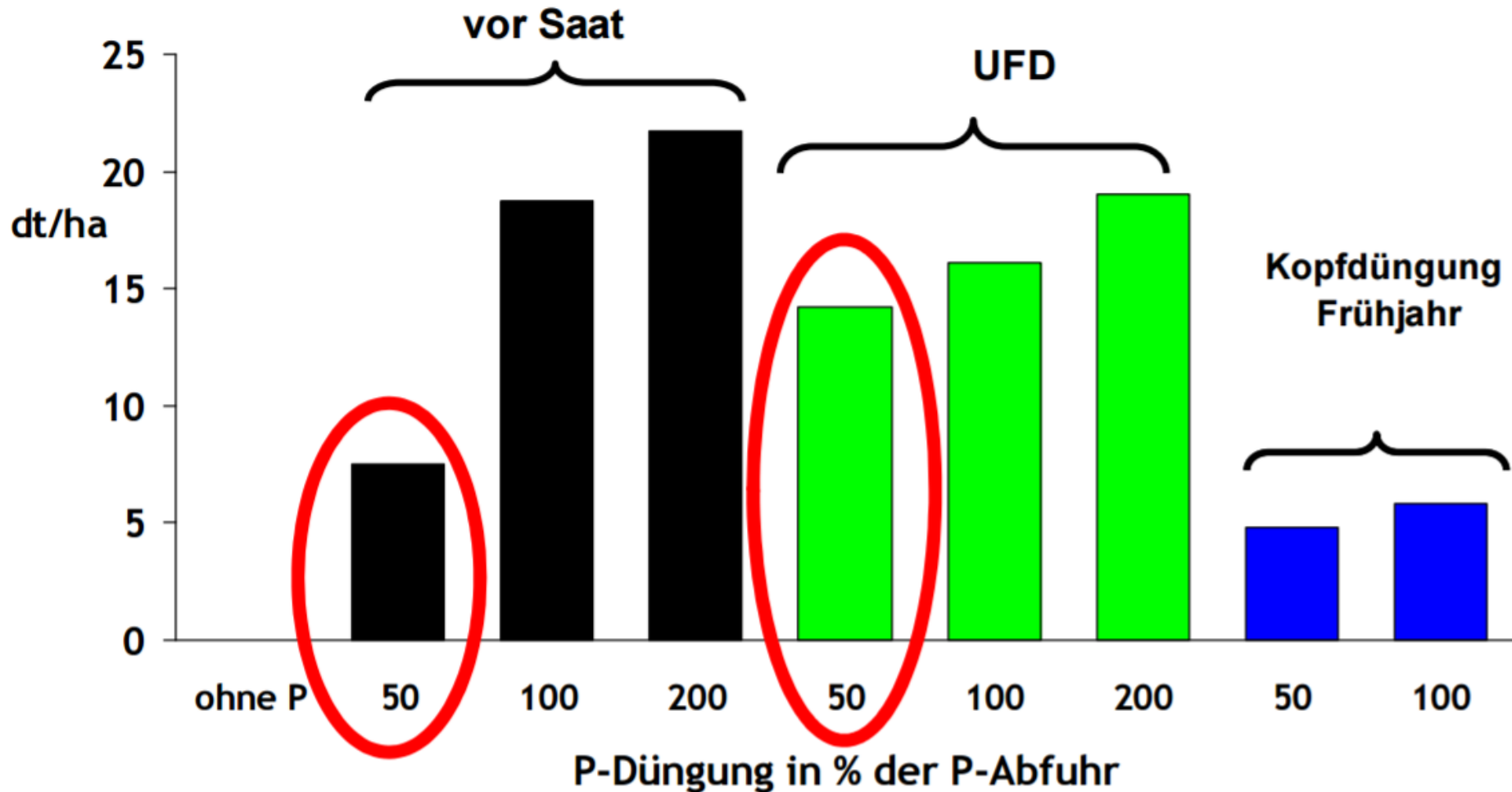
Nährstoffanreicherung im unteren Krumenbereich  
durch Tiefendüngung oder Pflug





# Wirkung der P-Applikation (TSP) auf den Kornertrag von Winterweizen

Friemar 2012 (ohne P: 91,9 dt/ha; GD 5% (t) dt/ha = 5,6)



Quelle: Zorn, Wagner, Heubach, Schröter, 06/2013



# Blattdüngung mit Phosphor Auswirkung auf den Ertrag (%)

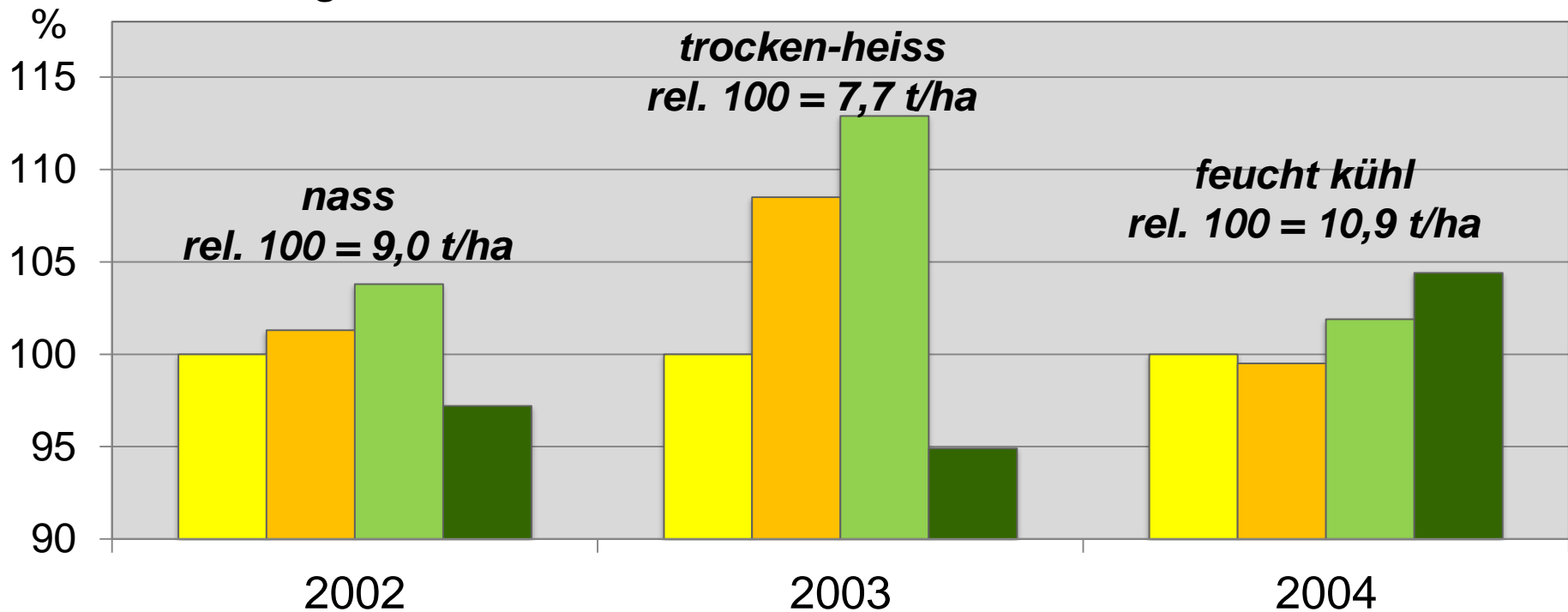
■ ohne Blattdüngung

■ 3,0 l/ha Wuxal P

■ 3,0 l/ha Wuxal P + 0,3 l/ha Bor fl.

■ 3,0 l/ha Wuxal + 1,0 l/ha Mn-Chelat

**Witterung im Mai**



Schackenthal: huL 92 BP Winterweizen „Charger“  
pH 7,2 9 mg/100 g P

Datenbasis: N.U. Agrar GmbH – Versuchsbericht 2002 - 2004



# Auswirkung des pH-Wertes auf den Boden

| pH zu niedrig                             | pH optimal       | pH zu hoch                      |
|---|------------------|---------------------------------|
| H <sup>+</sup> Überschuss                 |                  | OH <sup>-</sup> Überschuss      |
| reduzierende Bedingungen                  |                  | oxidierende Bedingungen         |
| K-, Mg-Festlegung                         |                  | Ca- Antagonismus („Verkalkung“) |
| Fe, Mn, Zn, Cu mobil                      |                  | Fe, Mn, Zn, Cu oxidiert         |
| Bor festgelegt                            | <b>Bor mobil</b> | Polyboratbildung                |
| Mo fixiert                                |                  | Mo mobil                        |
| P festgelegt (Fe, Al)                     | <b>P mobil</b>   | P festgelegt (Ca)               |
| Nitrifikation gehemmt /<br>Dentrifikation |                  | Ammoniakverluste                |



# Die Pflanze lebt nicht nur vom Stickstoff !!

→ Kalium

1 kg/ha K pro kg N,

Rücklieferung aus Ernterückständen abziehen

80 kg nach Getreide, Leguminosen

140 kg nach Raps

180 kg nach Zuckerrüben

Gewebestabilität

Trockenresistenz

Wurzelbildung

Fallzahlstabilität

Herbstdüngung

50 % Zuschlag unter 1 mg K je % Ton



# Die Pflanze lebt nicht nur vom Stickstoff !!

## → Schwefel

1 kg S, damit 7 kg N wirken  
geringere Krankheitsanfälligkeit  
bessere Qualität

20 kg/ha S zu Getreide nach Raps  
30 kg/ha S zu Getreide nach Getreide  
50 kg/ha S zu Raps

pH in Ordnung;  
S-Haltige N-Dünger (SSA, ASS, KAS+S)  
pH unter 6,0:  
Mg + S oder Ca + S

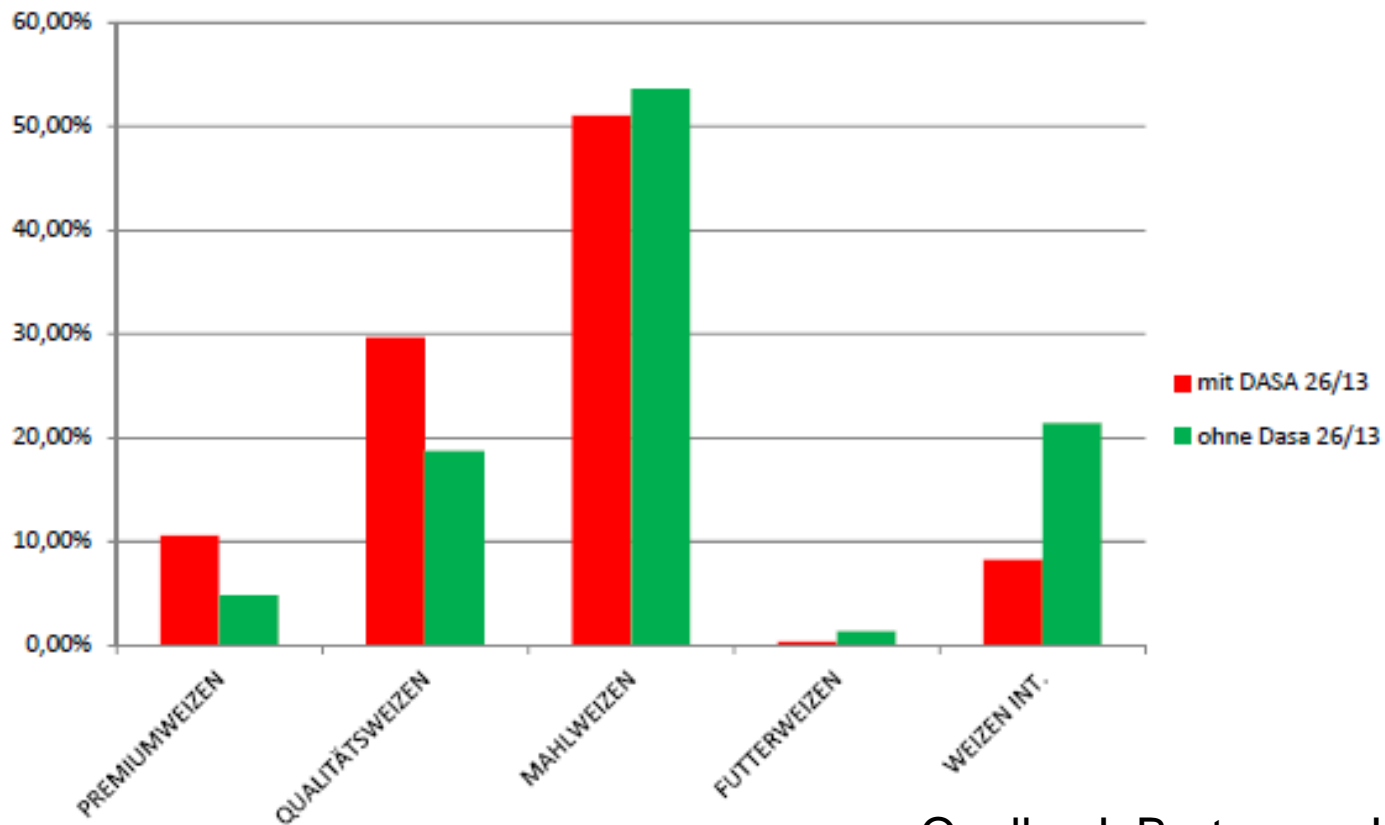
# Lagerhaus | Wiener Becken Ergebnis DASA (26/13) Stickstoff mit Schwefel

|                 | PREMIUMWEIZEN | QUALITÄTSWEIZEN | MAHLWEIZEN | FUTTERWEIZEN | WEIZEN INT. |
|-----------------|---------------|-----------------|------------|--------------|-------------|
| mit DASA 26/13  | 10,61%        | 29,69%          | 51,05%     | 0,39%        | 8,26%       |
| ohne Dasa 26/13 | 4,82%         | 18,76%          | 53,63%     | 1,40%        | 21,39%      |

## Auswertungsgrundlagen 2016:

Gesamte Weizenanlieferung RLH-W-Becken Ernte 2016

Alle DASA Käufer 2016 die Weizen abgeliefert haben (rund 5.000t Weizen)



Quelle: J. Bartmann, Lagerhaus



# Was beeinflusst die Qualität ?

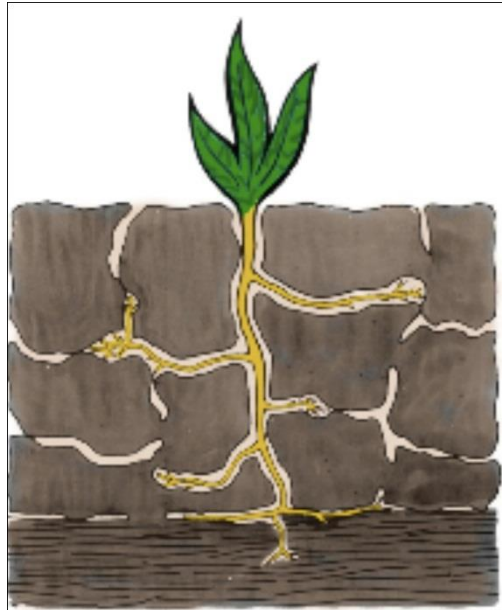
## Sonstige Einflussfaktoren

- **Bodenbearbeitung**
  - Bodenstruktur, Durchwurzelung → Nährstoffverfügbarkeit
  - Feinerde, Bodenfeuchte → Keimung sichern
  
- **Aussaat**
  - Ablage in der Reihe, Ablagetiefe → Gleichmäßiger Auflauf
  
- **Pflanzenschutz**
  - Fungizide ( Halmbasis, 3 Gesunde Blätter, spät „Greening“ meiden )
  - Insektizide ( Schnecken, Mäuse, Zikaden, Blattläuse, Wanzen )
  - Wachstumsregler ( Standfestigkeit, späte Einkürzung meiden )
  
- **Terminierung und Mengen von N - Düngung**

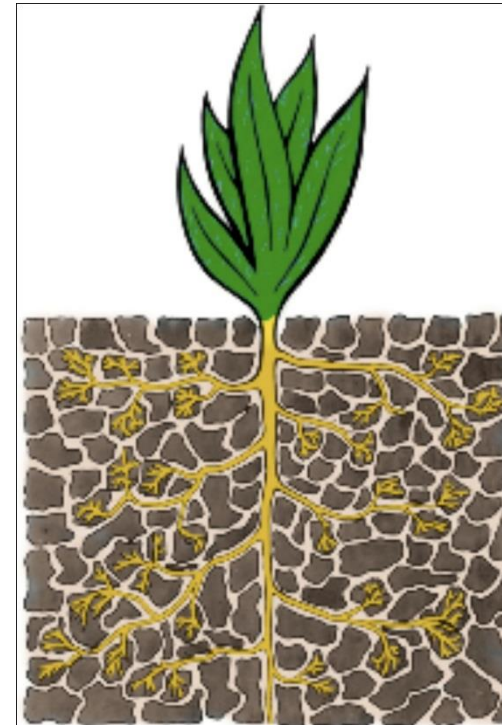


# Nährstoffaufnahme

- welchen Einfluss hat die Bodenstruktur -



Bei schlechter Bodenstruktur sind höhere Nährstoffgehalte notwendig, da nur ein geringer Bereich von den Wurzeln erschlossen wird



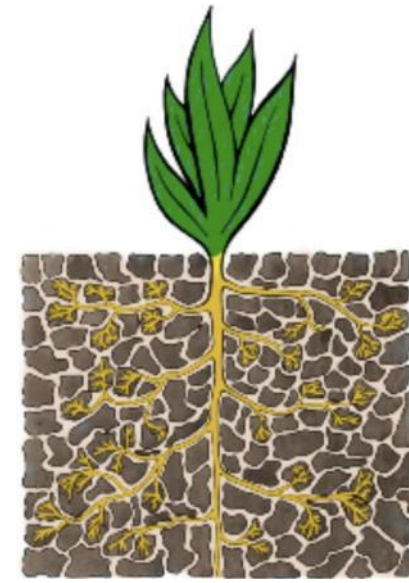
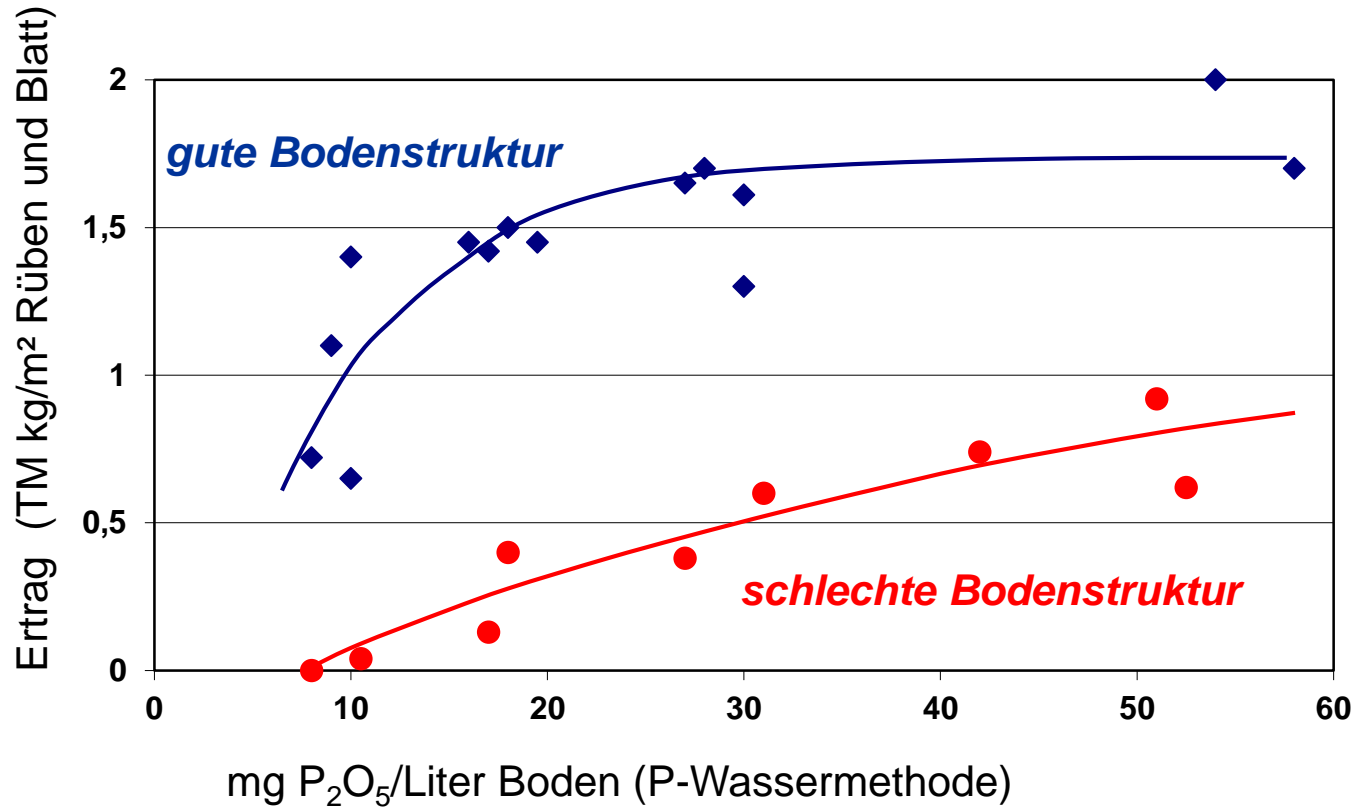
Bei einer guten Bodenstruktur können die Wurzeln die Nährstoffe gut erschließen.

Bildquelle: [http://www.hauptsachegarten.de/UserFiles/Image/02\\_Rasen/D\\_Rasenpflege\\_Boden/01\\_gute\\_Bodenstruktur\\_w200.jpg](http://www.hauptsachegarten.de/UserFiles/Image/02_Rasen/D_Rasenpflege_Boden/01_gute_Bodenstruktur_w200.jpg)





# Bodenstruktur und Nährstoffverfügbarkeit



**gute  
Bodenstruktur**



**schlechte  
Bodenstruktur**

Quelle: TLL, Jena

# Bodenverdichtungen

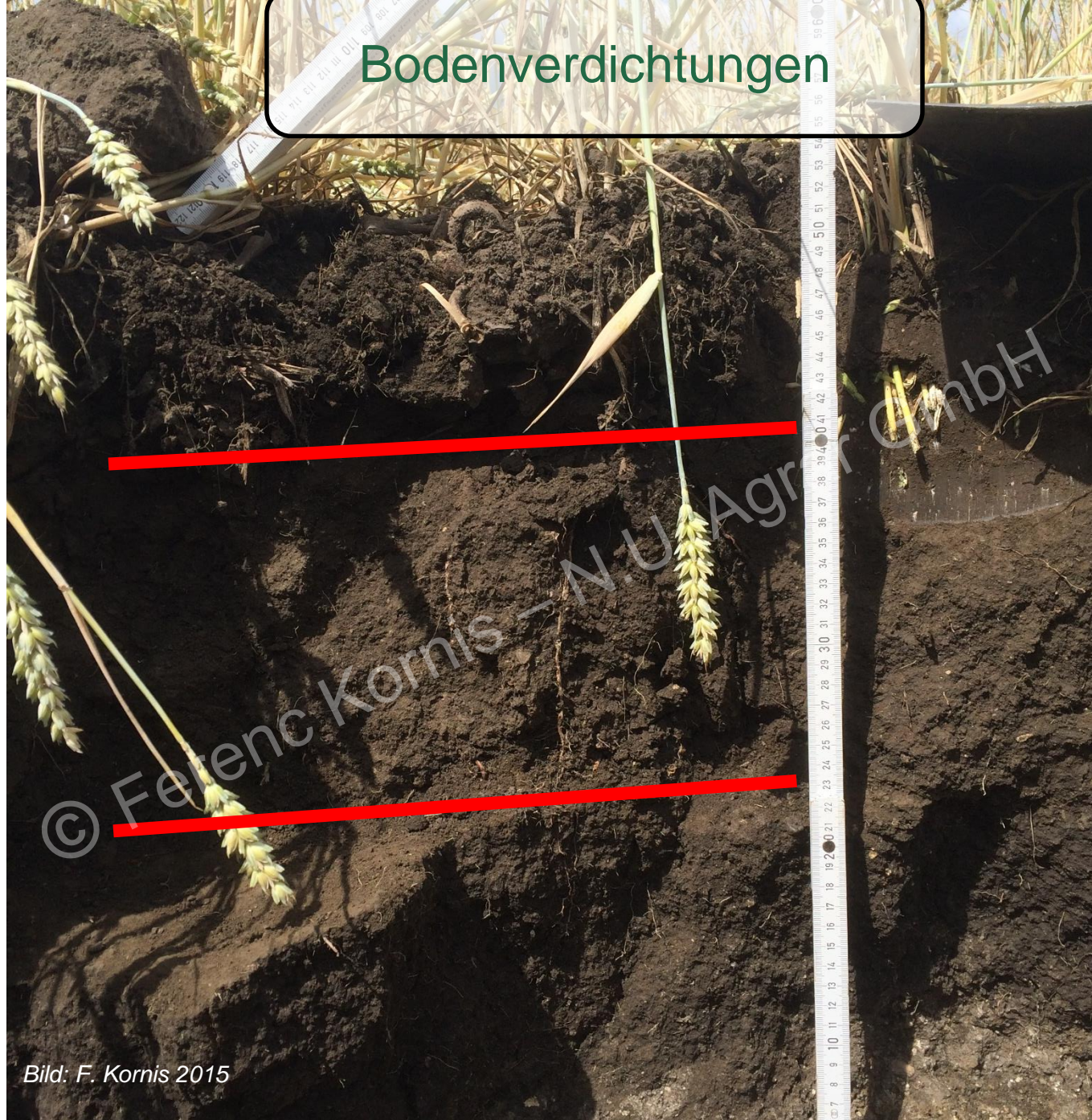
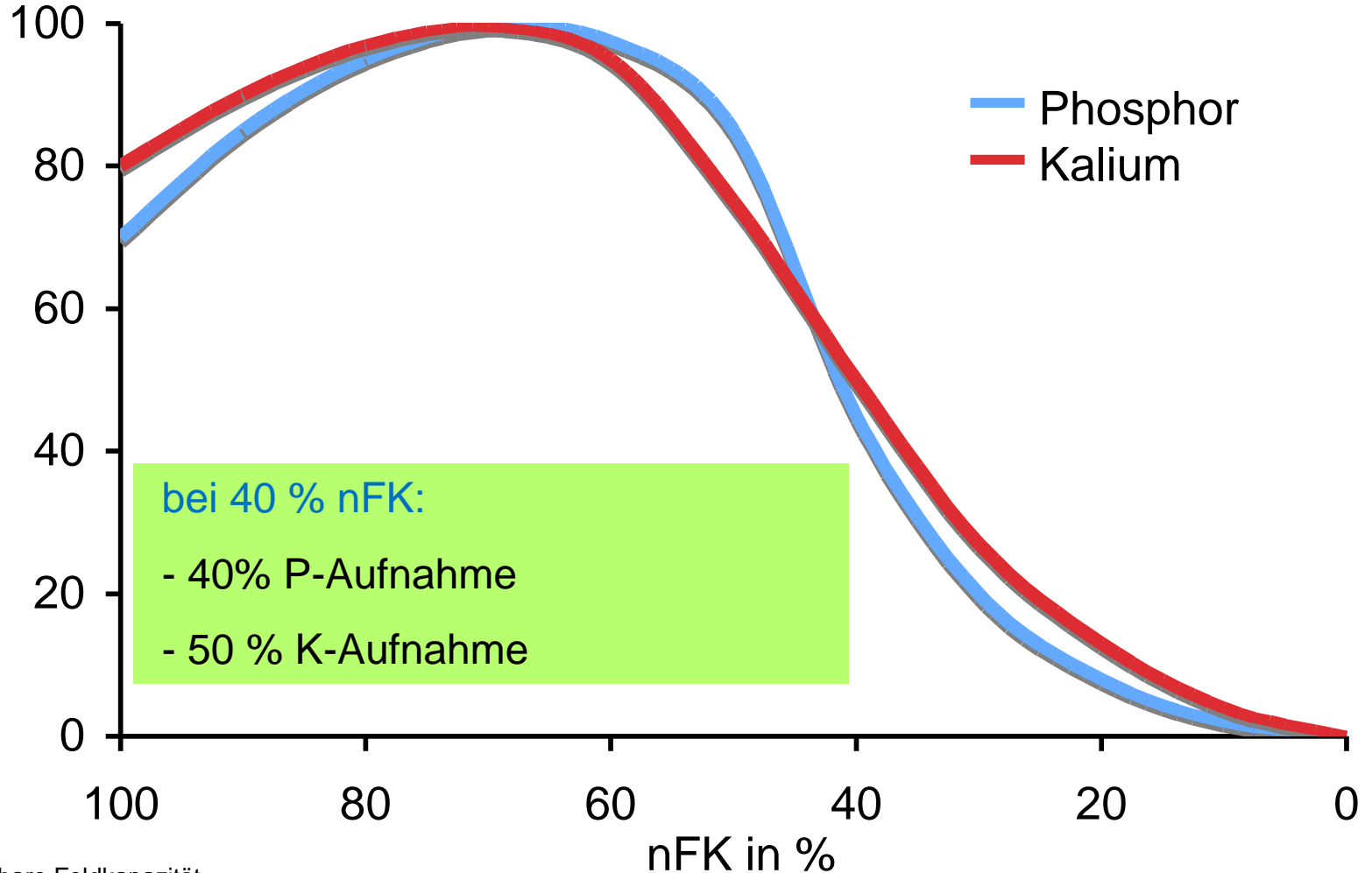


Bild: F. Kornis 2015



# Aufnahme in Abhängigkeit der nFK

Aufnahme in %



nFK – nutzbare Feldkapazität



# Ungleichmäßige Ablage



Bild: F. Kornis 2012



# Terminierung und Mengen Stickstoffdüngung

Wann ?

Warum ?

Wie viel ?



# Entwicklung und Ertragsbildung

| <b>Entwicklungs stadium</b>                                       | <b>Entwicklungs- prozess</b>                        | <b>Ertragsbildung</b>                                       |
|---|---|---|
| <b>Bestandesaufbau = Anlage von Trieben und Ährchen</b>           |   |   |
| <b>EC 11/14</b><br>Blattbildung                                   | ➔ Assimilate für Spross und Wurzel                  | ⇨ Pflanzen je m <sup>2</sup>                                |
| <b>EC 21/25</b><br>Beginn Bestockung                              | ➔ Bestockung<br>➔ Wurzelbildung<br>➔ Ährchenbildung | ⇨ Triebe je m <sup>2</sup><br>⇨ Spindelstufen im Haupttrieb |
| <b>EC 25/30</b><br>Hauptbestockung<br><b>„Doppelring-Stadium“</b> | ➔ Ährenanlage<br>➔ Sekundärbestockung               | ⇨ Spindelstufen in Nebentrieben<br>⇨ Sekundärtriebe         |



# Entwicklung und Ertragsbildung

| <b>Entwicklungs-<br/>stadium</b>  | <b>Entwicklungs-<br/>prozess</b>  | <b>Ertragsbildung</b>  |
|---|---|--|
| <b>Ertragsaufbau = ährentragende Halme + fertile Kornanlage</b>                   |   |  |
| <b>EC 30/31</b><br>1. Knoten<br><b>„Spitzenährchen“</b>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>➔ Ährenanlage abgeschlossen</li> <li>➔ Triebreduktion</li> </ul>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ ährentragende Halme</li> <li>⇒ Blüten/Ähren (Weizen)</li> </ul> |
| <b>EC 31/32</b><br>1- bis 2. Knoten<br><b>„Große Periode“</b><br>der Ähre beginnt | <ul style="list-style-type: none"> <li>➔ Blütendifferenzierung</li> <li>➔ Ährenstreckung</li> <li>➔ Ährchenreduktion</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ fertile Ährchen</li> <li>⇒ Blüten/Ährchen (Weizen)</li> </ul>   |
| <b>EC 32/37</b><br><b>„Große Periode“</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>➔ Blütenreduktion</li> <li>➔ Fahnenblatt erscheint</li> </ul>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ fertile Blüten/Ährchen</li> <li>⇒ Kornvolumen</li> </ul>        |
| <b>EC 37/49</b><br><b>„Fahnenblatt“</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>➔ Blütenreduktion</li> <li>➔ Fertilität der Staubbeutel</li> </ul>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Körner/Ährchen</li> <li>⇒ Stickstoffspeicherung</li> </ul>      |



# Entwicklung und Ertragsbildung

| <b>Entwicklungs-<br/>stadium</b>                 | <b>Entwicklungs-<br/>prozess</b>   | <b>Ertragsbildung</b>  |
|--|--|--|
| <b>Ertragbildung = Kornbildung + Einlagerung</b> |  |  |
| <p><b>EC 61/69</b><br/><b>„Blüte“</b></p>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>➔ Befruchtung</li> <li>➔ Keimlingsbildung</li> <li>➔ Samenschale</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Blütenfertilität</li> <li>⇒ Speichervolumen</li> <li>⇒ Proteingehalt</li> </ul> |
| <p><b>EC 71/79</b><br/><b>„Milchreife“</b></p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>➔ Endospermzellen</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Stärkeeinlagerung</li> </ul>  |



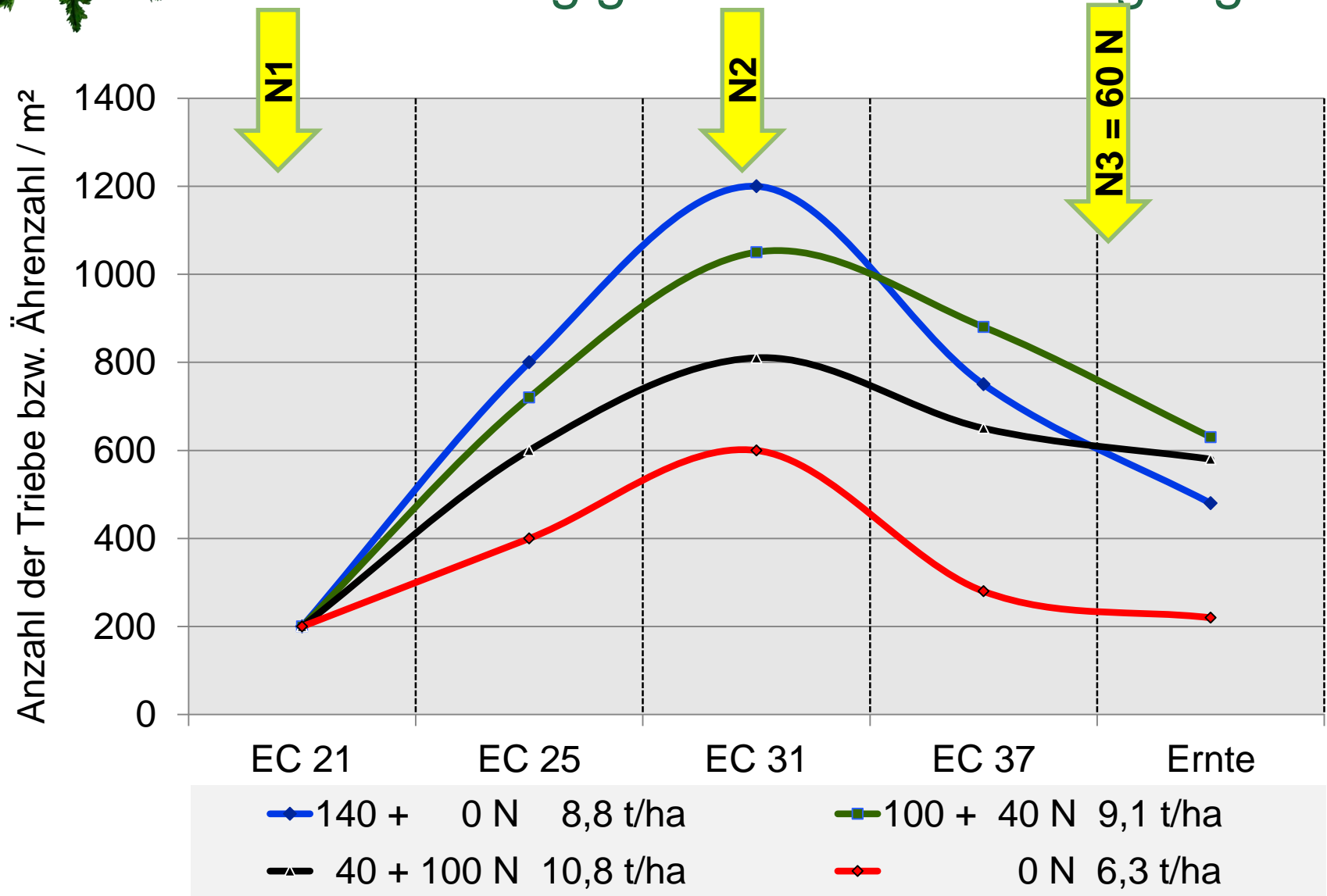


## Wie wirkt sich der Stickstoff in verschiedenen Phasen der Entwicklung des Weizens aus

|       |   |
|-------|---|
| EC 27 | Förderung der Ährchen-Bildung in den Nebentrieben                             |
| EC 29 | Verzögerung der Reduktion von Nebentrieben 2. Ordnung                         |
| EC 30 | verringerte Reduktion von Nebentrieben 1. Ordnung                             |
| EC 31 | verringerte Reduktion von basalen Ährchen (mehr Körner je Ähre) im Haupttrieb |
| EC 32 | verringerte Reduktion basaler Ährchen in den Nebentrieben                     |
| EC 37 | Bekörnung der Ährchen (Erhalt der Mittelblüten)                               |
| EC 39 | Stickstoffspeicherung für die spätere Kornbildung (Endosperm)                 |



# Bestockungsverlauf und Triebreduktion in Abhängigkeit von der N-Düngung





# Aufteilung der N-Düngung

|           |                                   |                   |                                    |
|-----------|-----------------------------------|-------------------|------------------------------------|
| <b>N1</b> | → Bestandesdichte                 | EC 14/21          | Regeneration +<br>Bestandesdüngung |
|           | + Ährchenanlage                   | (23/25)           |                                    |
| <b>N2</b> | → Triebreduktion                  | EC 29/30          | Ertragsdüngung<br>(Ertragsorgane)  |
|           | + Ährchenreduktion                | EC 31/32          |                                    |
|           | schwache Bestände                 | EC 27 → EC 29     |                                    |
|           | normale Bestände                  | EC 31 (Ähre 1 cm) |                                    |
|           | üppiger Bestände                  | EC 32 (Ähre 2 cm) |                                    |
| <b>N3</b> | → Blütenfertilität<br>Kornbildung | EC 37/39          | Ertragsdüngung<br>(Korngewicht)    |
|           | → Qualität                        | EC 39/49          | Qualitätsdüngung                   |



# N-Düngung zu Weizen im Frühjahr 2017 auf sL BP 45 max. 130 kg/ha N

Frühsaat

N1  
45 N

N2  
45 N

N3  
40 N

Normalsaat

N1  
60 N

N2  
30 N

N3  
40 N

Spätsaat

N1  
70 N

N2  
30 N

N3  
30 N

DR

SpÄ

GP

21

25

29

30

31

32

37

39

49

EC- Stadien



# N-Düngung zu Weizen im Frühjahr 2017 auf tL BP 35 – 130 kg/ha N

Frühsaat

N1  
60 N

N2  
40 N

N3  
40 N

Normalsaat

N1  
70 N

N2  
30 N

N3  
30 N

Spätsaat

N1  
80 N

N2  
20 N

N3  
30 N



DR

SpÄ

GP

21 25 29 30 31 32 37 39 49

EC- Stadien



# N-Düngung zu Weizen im Frühjahr 2017 auf Löss BP 80 – 130 kg/ha N

Frühsaat

N1  
40 N

N2  
50 N

N3  
40 N

Normalsaat

N1  
60 N

N2  
30 N

N3  
40 N

Spätsaat

N1  
70 N

N2  
30 N

N3  
30 N

DR

SpÄ

GP

21

25

29

30

31

32

37

39

49

EC- Stadien



Für **jede Tonne Weizen,**  
die wir nicht erzeugen,

ist anderswo auf der Welt  
die **3- bis 5-fache Fläche** notwendig,

aber unter ökologisch kritischeren Verhältnissen.