



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



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***



*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*

*Telefonberatung
e-mail*

Dienstleistungsangebot der N.U. Agrar GmbH

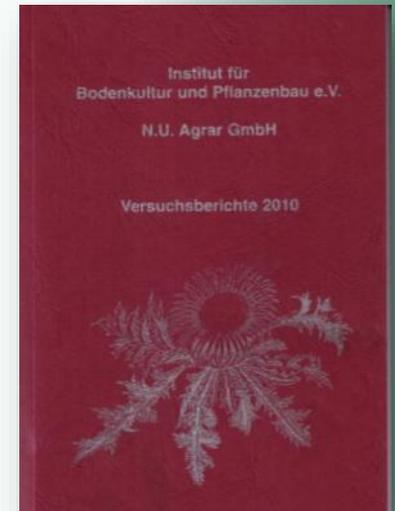
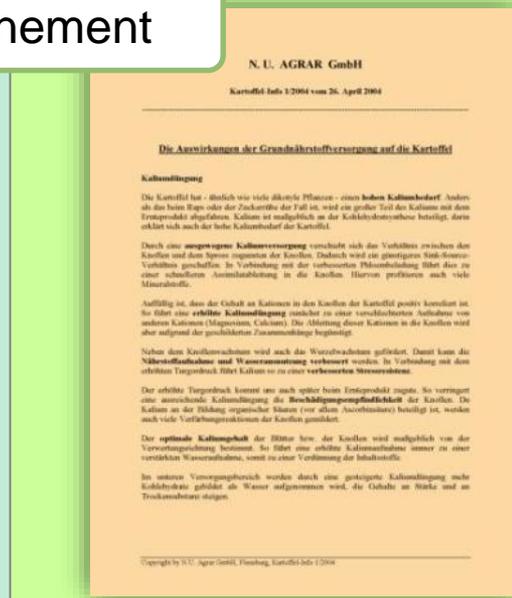
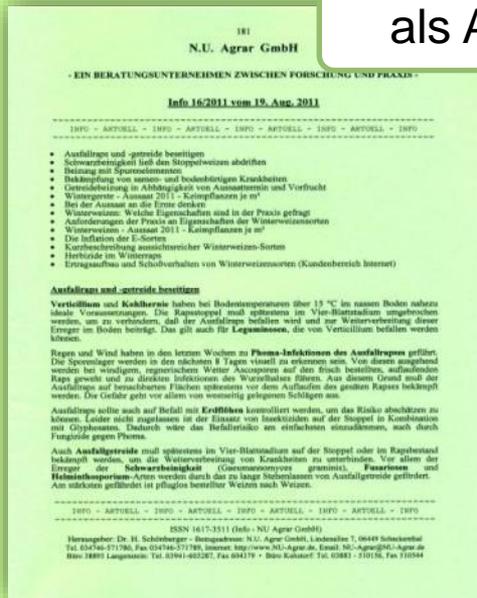
Informationsdienst

„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

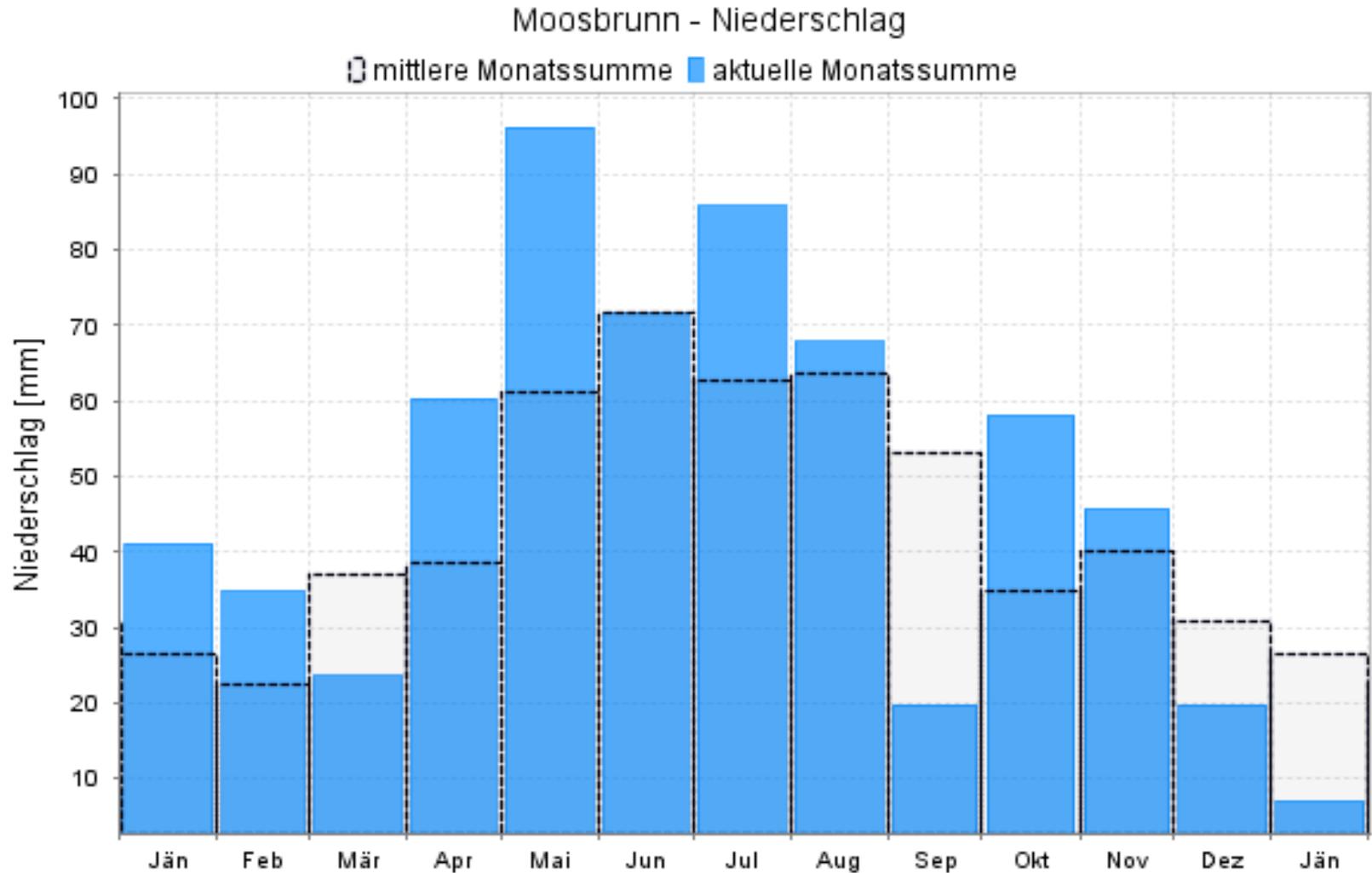
- Erträge gut bis sehr gut
 - nahezu optimaler Witterungsverlauf
 - sehr gute Bekörmung → hohe Korndichten

- Qualitäten mittel bis schlecht
 - „normale“ Stickstoffgesamtmenge
 - Regen in der Erntephase
 - wenig Sonne Anfang Juni

- „krankes“ Jahr
 - Fusarien
 - Gelbrost



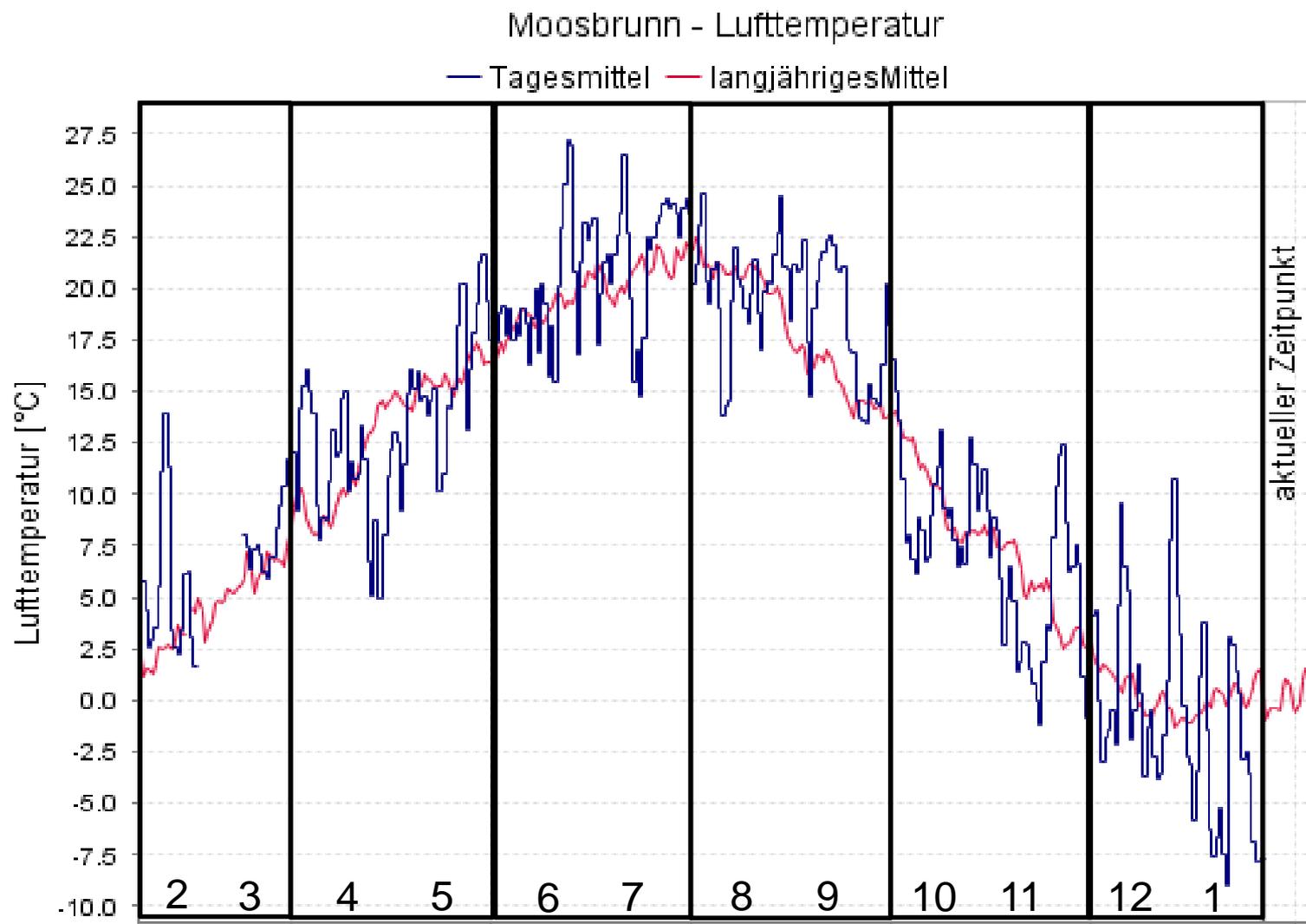
Wetterrückblick 2016



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 Eliteweizen	hohe Backqualität, „Aufmischweizen“ Export Ware
A	Qualitätsweizen	hoher Proteingehalt und Sedimentationswert-Wert
B	Brotweizen	ausreichende Backqualität für die Gebäckherstellung im Allgemeinen gut geeignet
C	Futterweizen	niedriger Proteingehalt und niedriger Sedimentationswert-Wert
K	Keksweizen	niedriger Protein- und Glutengehalt, geringe Wasseraufnahme
	Saatweizen	hohe Keimfähigkeit, Triebkraft, 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

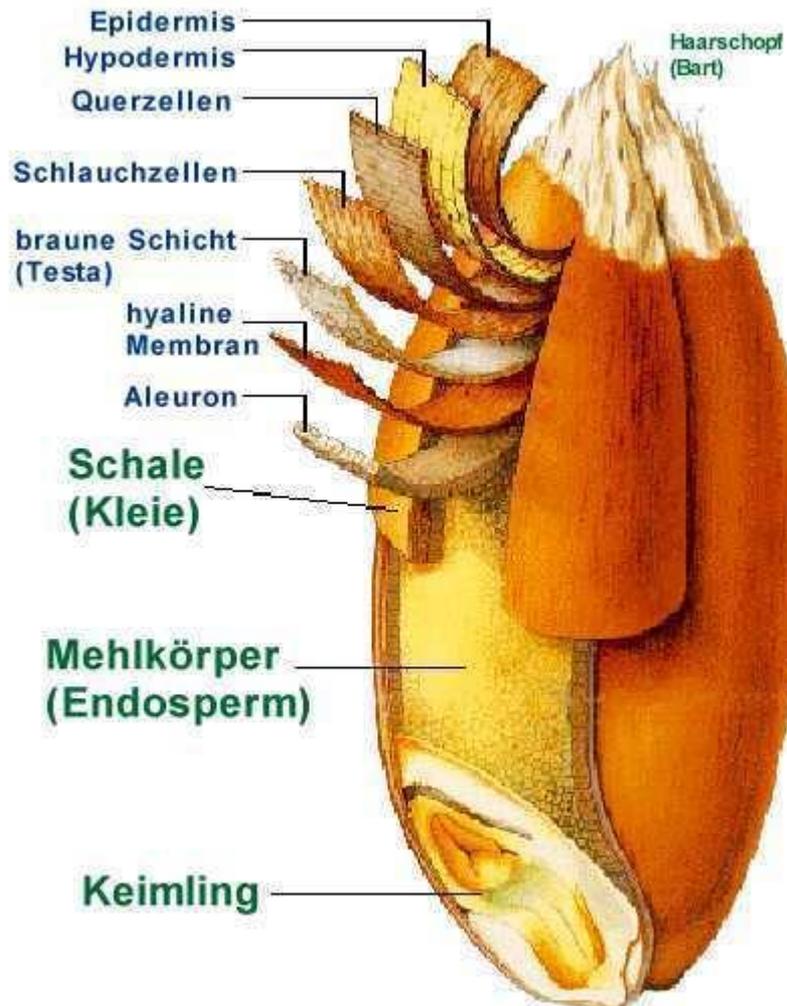


Qualitätsweizen

Kriterien	Premium (Ö)	E – Weizen (D)	A – Weizen (D)	Backweizen (Ö)
Eiweiß	15,0 %	14,0 %	13,0 %	12,5 %
Sedi-Wert	60 cm ³	55 cm ³	40 cm ³	30 cm ³
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

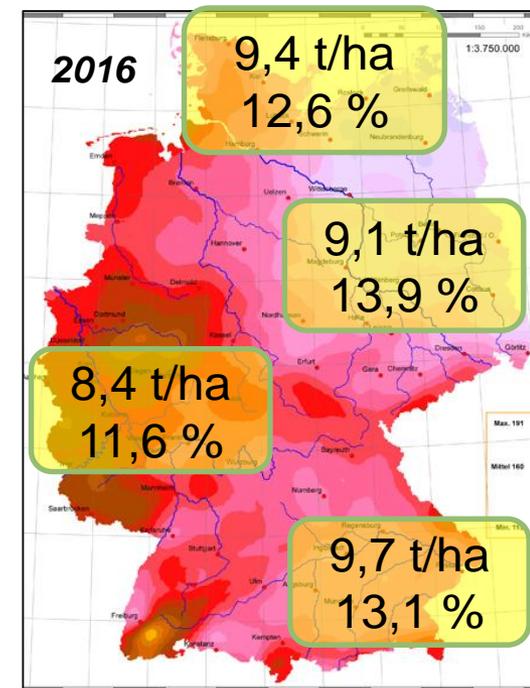
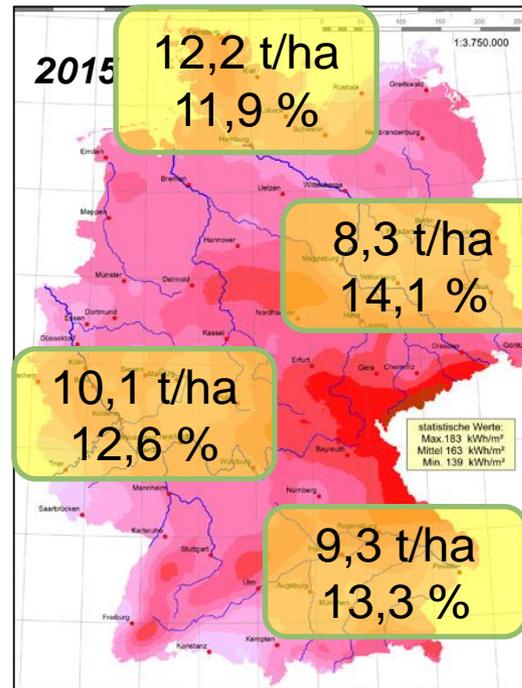
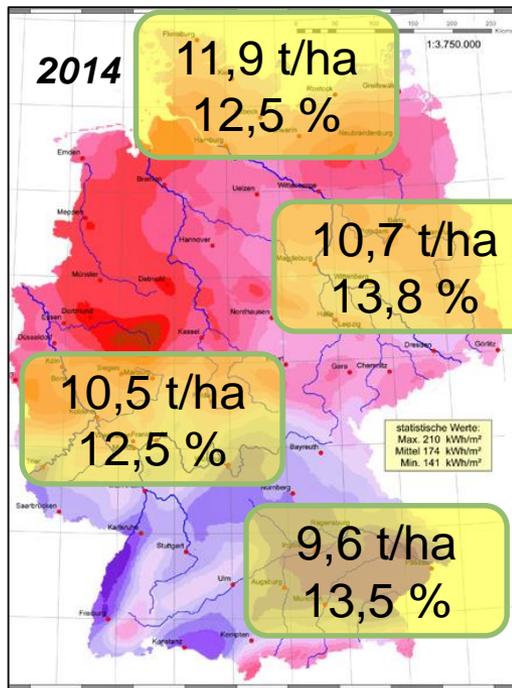
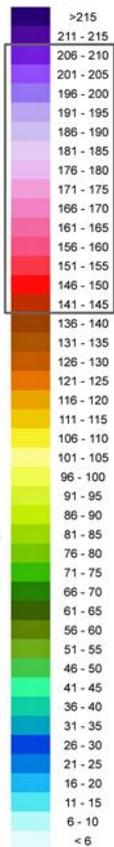
- negativ → Regen zwischen Teig- und Totreife



Globalstrahlung BRD – Monatssummen Juni 2014 / 2015 / 2016

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

Monatssumme
kWh/m²



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	130	41
A Qualität	14,1	6345	761	130	43
B Brotweizen	12,5	7158	761	130	47
C Futterweizen	11,0	8134	761	130	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_{min}-Vorrat (Wurzelraum)
- N_{mob} Boden (Nachlieferung aus organischer Substanz)
- N_{mob} Vorfrucht (Ernterückstände)
- N_{mob} organische Düngung
- N_{fix} an Tonminerale fixierten NH_4^+ ~ 0 - 200 kg/ha N
- N_{Luft} [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_{min}-Werte (Spannweite)

N _{min} (kg/ha N)	Diluvialboden	Löss 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
Summe	30 - 50	60 - 120	100 - 180	70 - 130

N_{min} = mineralisierter Stickstoff im Boden (NH₄ + NO₃)

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 Wasserversorgung		40-70 %	FK
Denitrifikation		90 %	FK (+ 15 °C)
Ammoniakverluste		pH >7	- trockene Bodenoberfläche - schwache Sorption - hohes Sättigungsdefizit der Luft



N-Nachlieferungsrate aus dem Boden im Frühjahr

	Bodentemperaturen (0-20 cm)			
	5 °C	10 °C	15 °C	20 °C
trocken (40-50% nFK)	0,3	0,7	1,0	1,3
frisch (50-60% nFK)	0,6	1,2	2,2	3,0
feucht (60-80% nFK)	0,5	0,8	1,3	2,0
nass (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 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 genutzt
Mineralisierungsrate	0,4 %	0,6 %	1,2 %	2,2 %	1,7 %	
kg/ha N	6	18	30	42	18	36

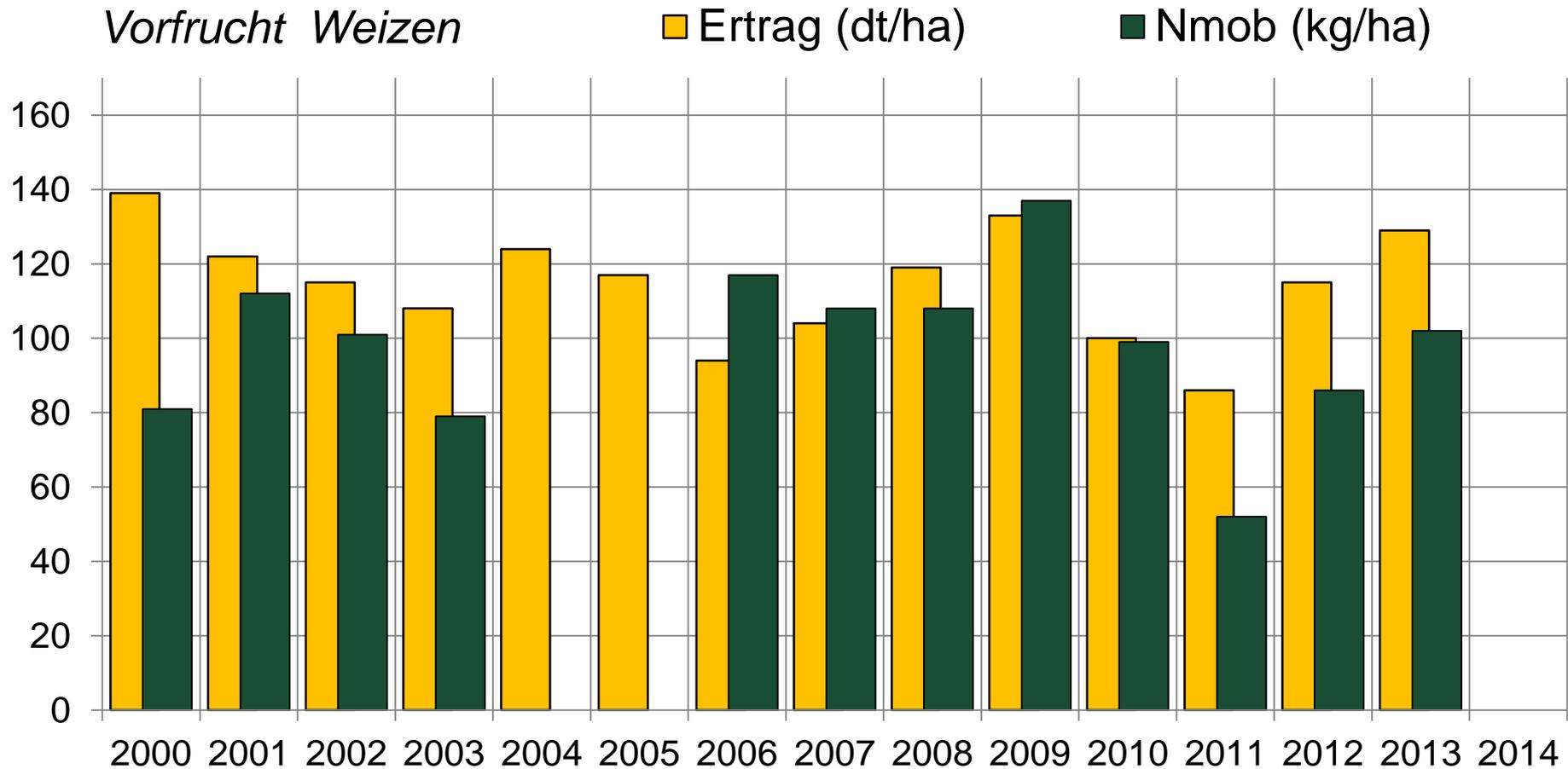
tatsächliche Freisetzung 114 kg/ha N

mildes 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 genutzt
Mineralisierungsrate	0,8 %	2,0 %	2,2 %	0 %	1,3 %	
kg/ha N	23	50	33	0	11	33

tatsächliche Freisetzung 117 kg/ha N



Jahresvergleich der N-Nachlieferung in Friedrichsthal





N-Düngungs-Kalkulation

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



N-Düngungs-Kalkulation

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



Stickstoffformen

- Harnstoff - Amid
- Ammonium - NH_4
- Nitrat - NO_3

- Stabilisierte N-dünger

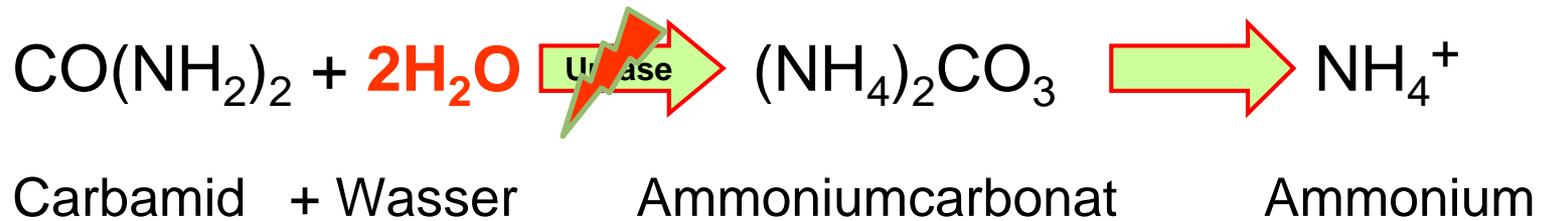
Welche Form ist für meinen Standort geeignet?



Stickstoff im Boden

Harnstoffabbau

Ureasehemmer



Bei 2°C nach 4 Tagen 75% als NH_4^+
Bei 10°C nach 2 Tagen 75% als NH_4^+
Bei 20°C nach 1 Tag 75% als NH_4^+

Bei 40% FK nach 4 Tagen 75% als NH_4^+ (2°C)
Bei 100% FK nach 8 Tagen 75% als NH_4^+ (2°C)



Stickstoff im Boden

Nitrifikation

Nitrifikationshemmer



Temperatur:

Bei 5°C nach >6 Wochen	50% als NO_3^-
Bei 8°C nach 4 Wochen	50% als NO_3^-
Bei 10°C nach 2 Wochen	50% als NO_3^-
Bei 20°C nach 1 Wochen	50% als NO_3^-

Feuchtigkeit: Optimum: 40-60% FK

pH Wert:

- < 5,5 kaum Nitrifikation
- 6-7 optimal
- > 7 NH_3 -Verluste

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



Nährstofftransport zur Wurzel und Nährstoffaufnahme

1. Massenfluss: 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: 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



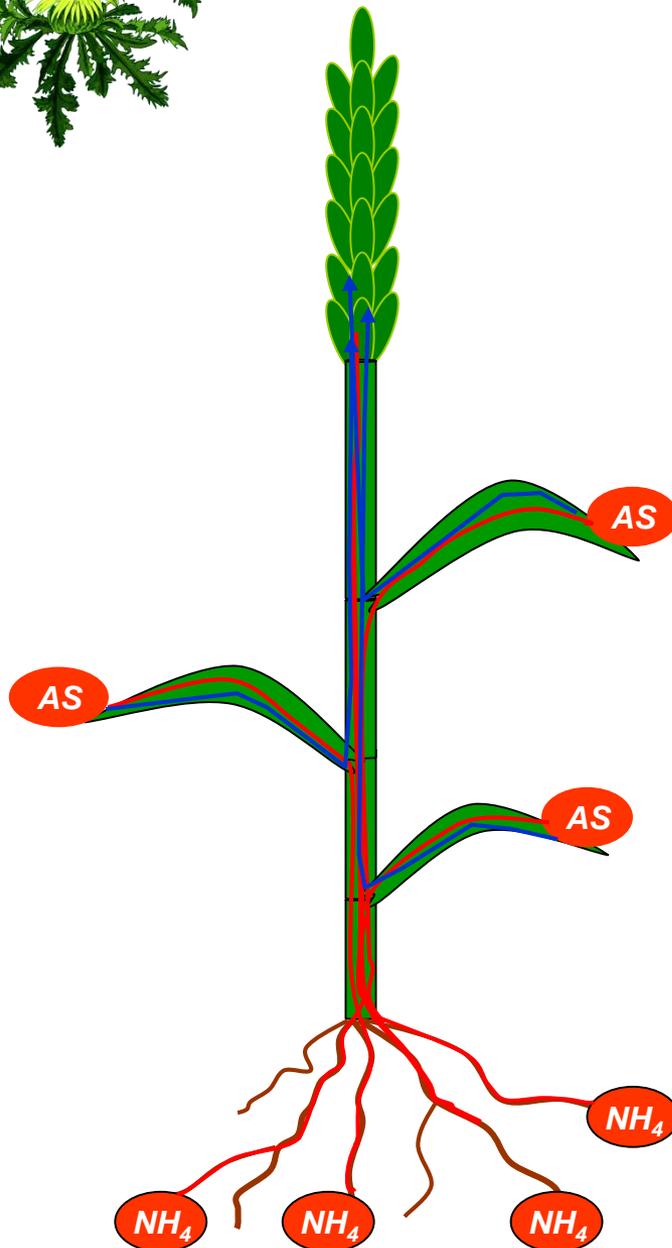
Stickstoffformen

Ammonium – NH₄

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



NH₄ - 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
NH₄ → Amide → Aminosäure
Prozeß erfordert C-Anlieferung

N - Aufnahme durch Diffusion



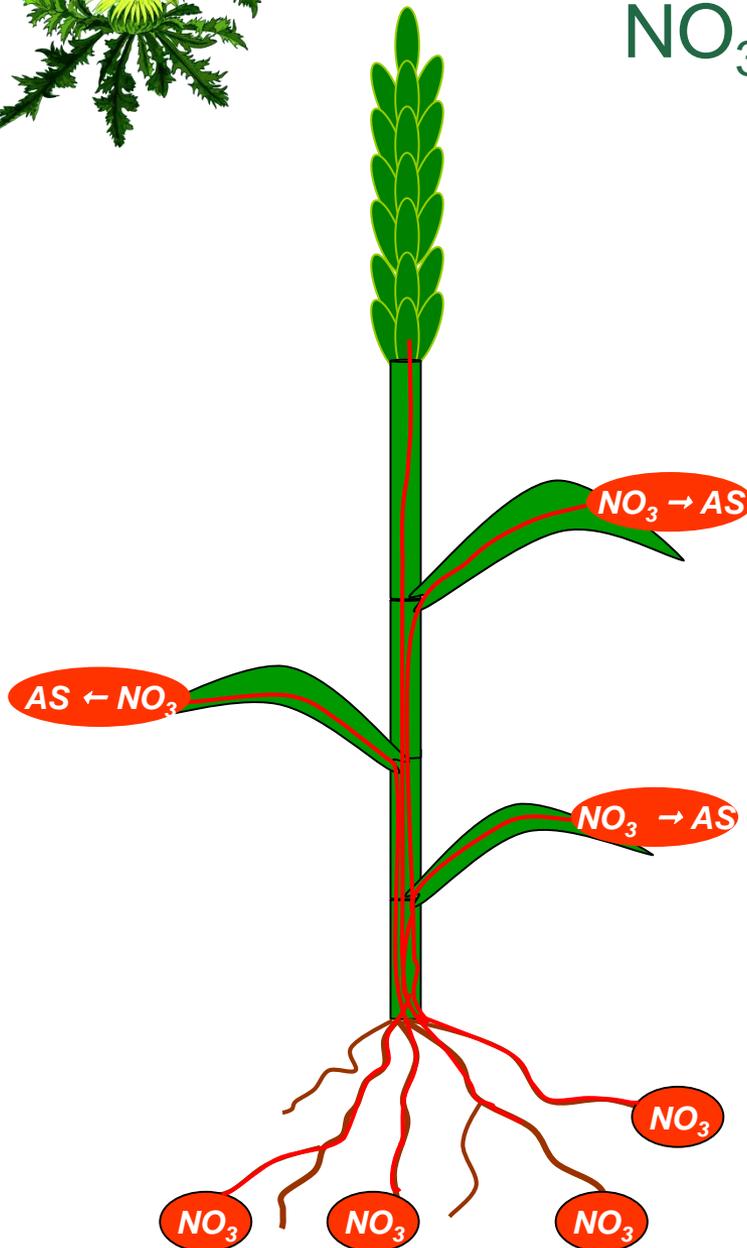
Stickstoffformen

Nitrat – NO₃

- 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



NO₃ - Stickstoff in der Pflanze



Aminosäuren (AS)

werden im Phloem transportiert
→ in das wachsende Korn

im alternden Blatt:
Proteine → Proteasen → Aminosäuren

im Blatt
NO₃ → reduziert → Amide
Amide + Kohlenhydrate → Protein

überschüssiges NO₃ / NO₂ → Vakuolen
kein Rücktransport aus Blätter

NO₃ - Transport im **Xylem**
proportional zur Verdunstung
= mehr NO₃ → größere Blätter

**NO₃ - Aufnahme
durch Massenfluss**



Was passiert mit NO_3 - Stickstoff

- ⇒ **Aufnahme durch Massenfluss**
- ⇒ Transport in die am stärksten transpirierenden Blätter
- ⇒ **bei ausreichender Versorgung mit Spurenelementen** (Nitrat-, Nitritreduktase)
 - Reduktion zu NH_4 → Amiden, Aminosäuren + Kohlenhydraten (Licht)

→ **Bildung von Proteinen**

- ⇒ **bei unzureichender Spurenelementversorgung verstärkt durch wenig Licht** (Dauer x Intensität)
 - Akkumulation von NO_3/NO_2 in den Vakuolen
Auslagerung erst nach dem Absterben der Blätter

- hohe NO_3 -Konzentration verzögert Blattalterung und damit Proteinabbau in den Blättern
- verhindert Proteinbildung

Zu viel NO_3 → kostet Ertrag + Qualität

Folge

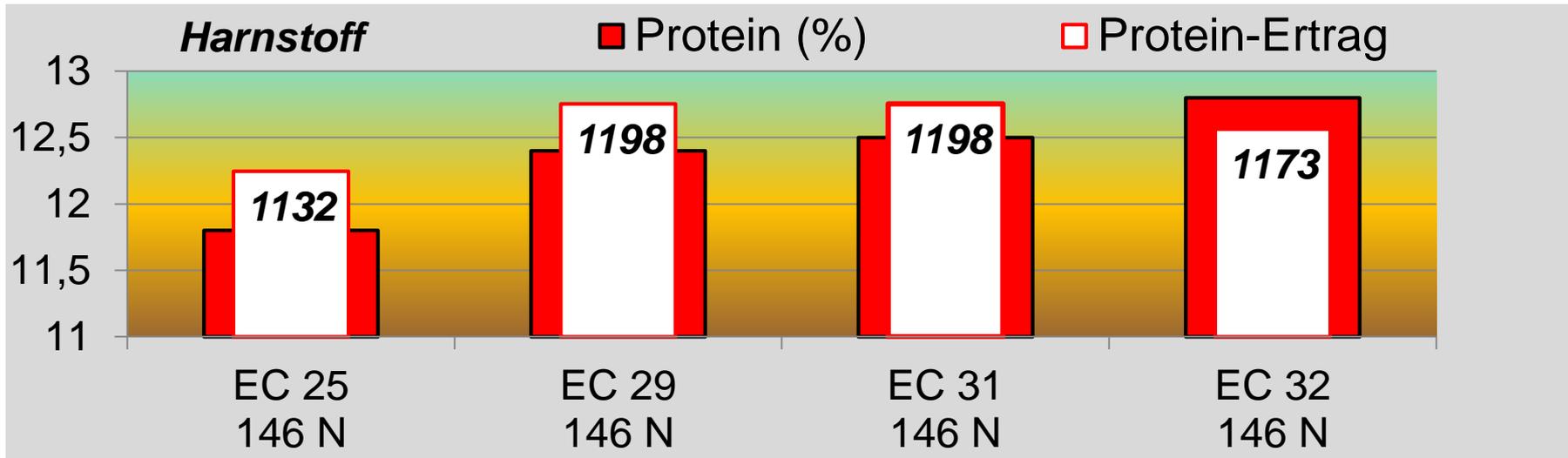


Wie lange dauert die Umwandlung verschiedener N-Formen im Boden

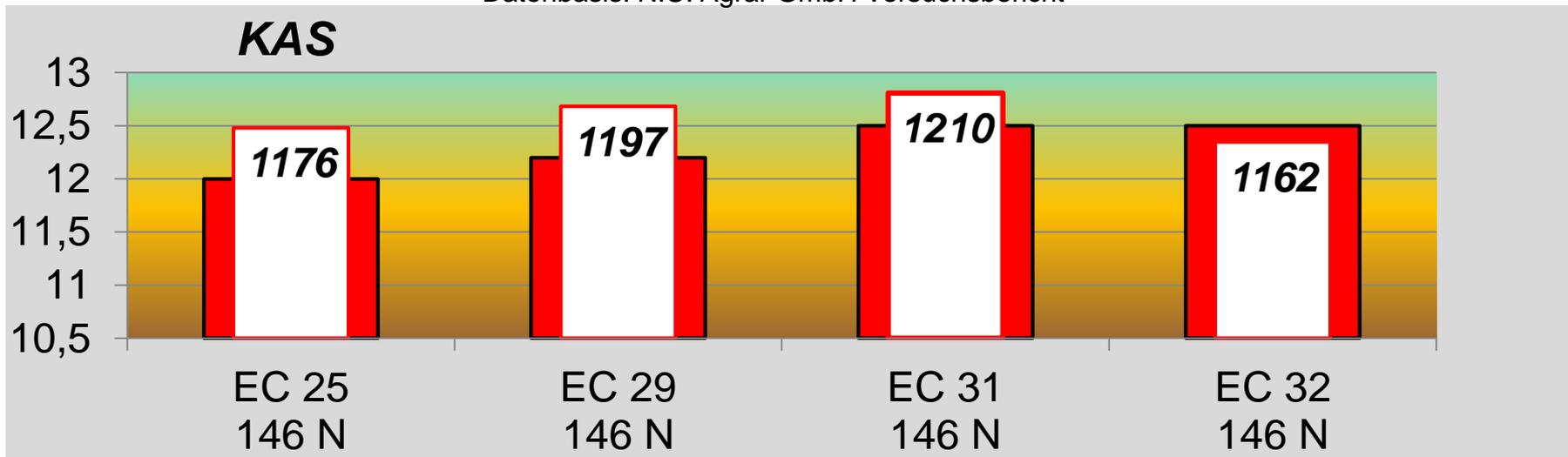
EC 27	EC 27/29	EC 30	EC 31	EC 37	EC 39
10.03. N-Form	18.03. 20 °C-Tage	08.04. (70 °C-Tage)	18.04. (160 °C-Tage)	09.05. (300 °C-Tage)	22.05. (450 °C-Tage)
Harnstoff	75 % HST	25 % HST	0 % HST		
100 %	25 % NH ₄	75 % NH ₄	40 % NH ₄		
HST			60 % NO ₃	100 % NO ₃	100 % NO ₃
Novurea	100 % HST	100 % HST	60 %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



Stabilisierte N-Dünger Düngungszeitpunkt und Backqualität



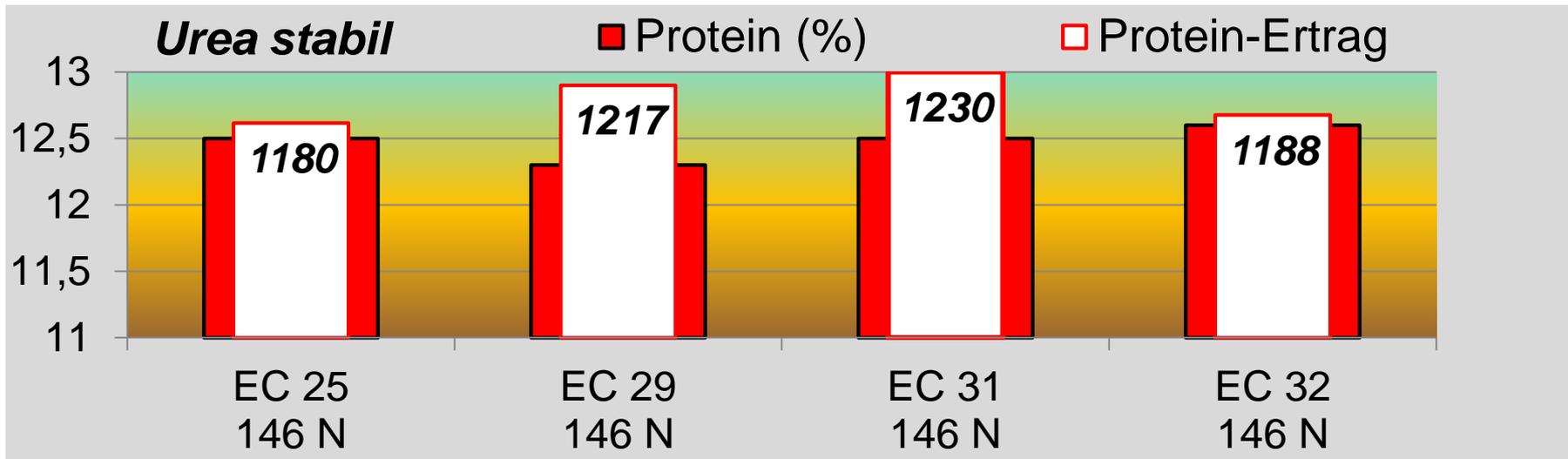
Datenbasis: N.U. Agrar GmbH Versuchsbericht



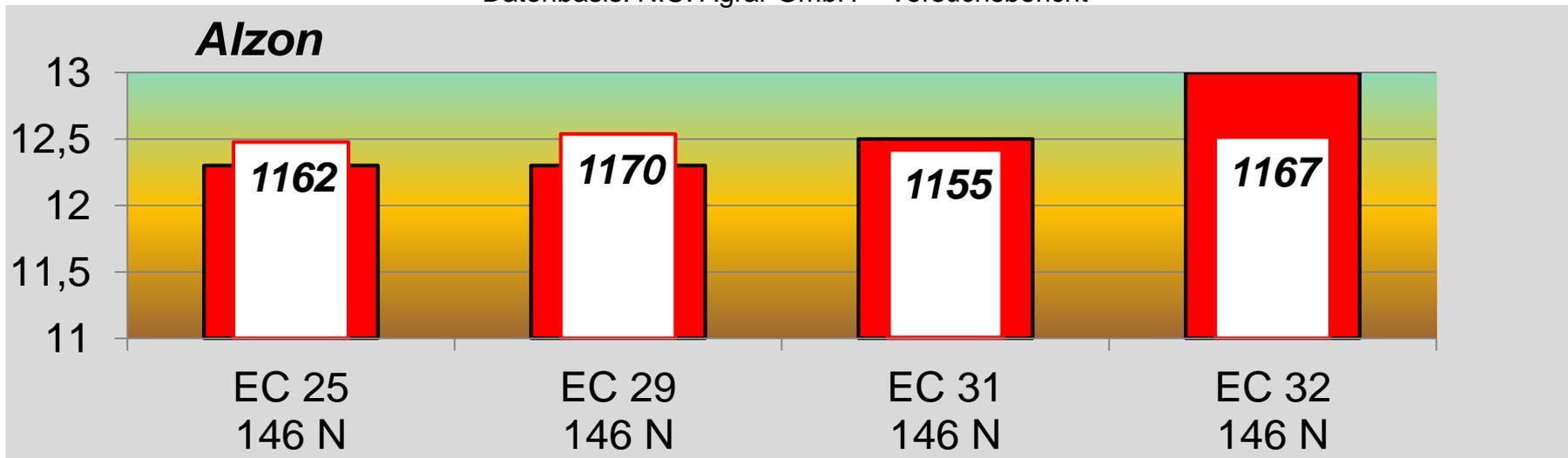


Stabilisierte N-Dünger

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

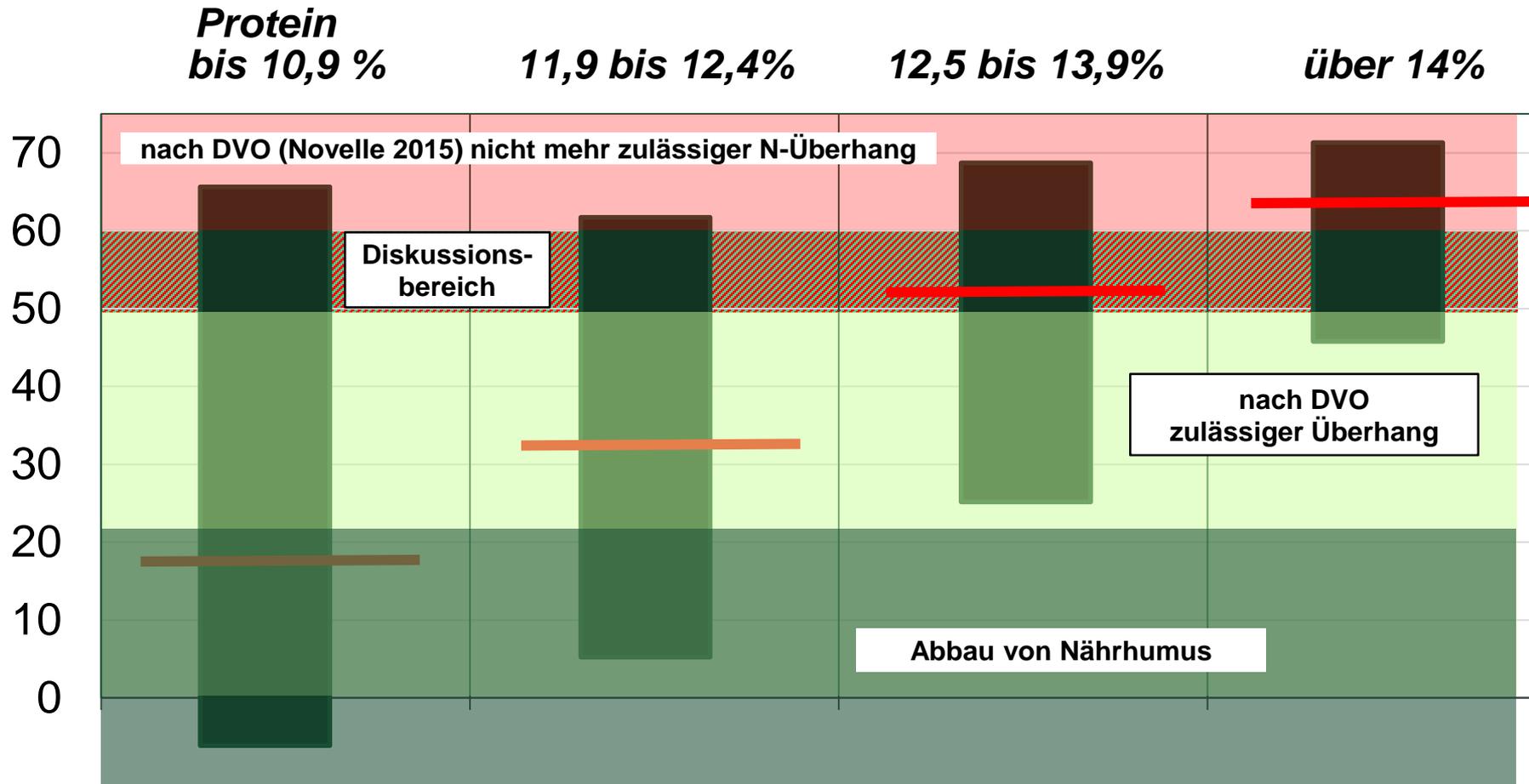
starke Sorption, Aufnahme durch Diffusion
geringe Cytokinwirkung
schnelle Nitrifizierung
+ Nitrifikations-Hemmer
→ N-Depot + Wurzelförderung

→ Nitrat

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



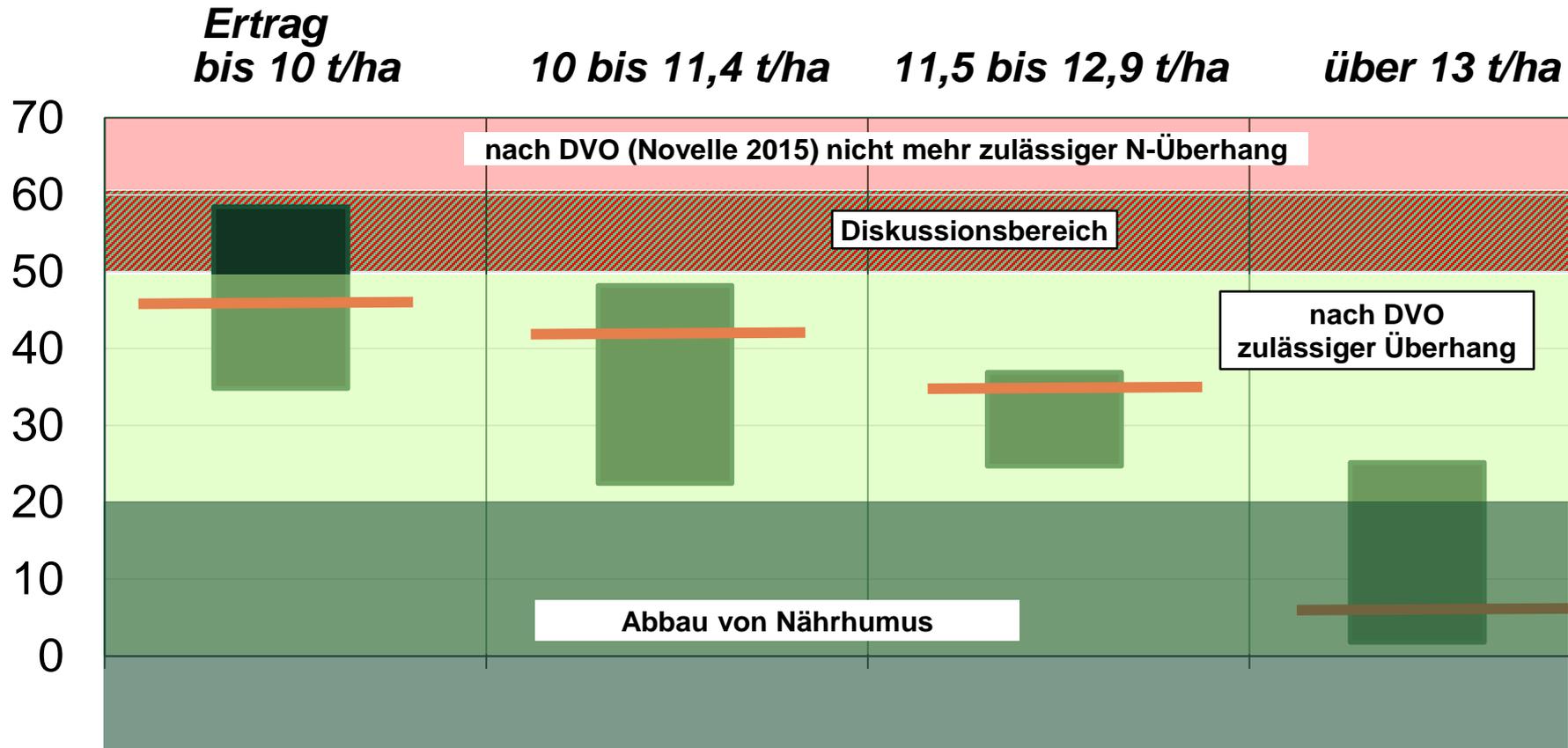
Proteingehalt und **N-Bilanz** (kg/ha N) (N-Düngung kg/ha minus N im Korn)



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)

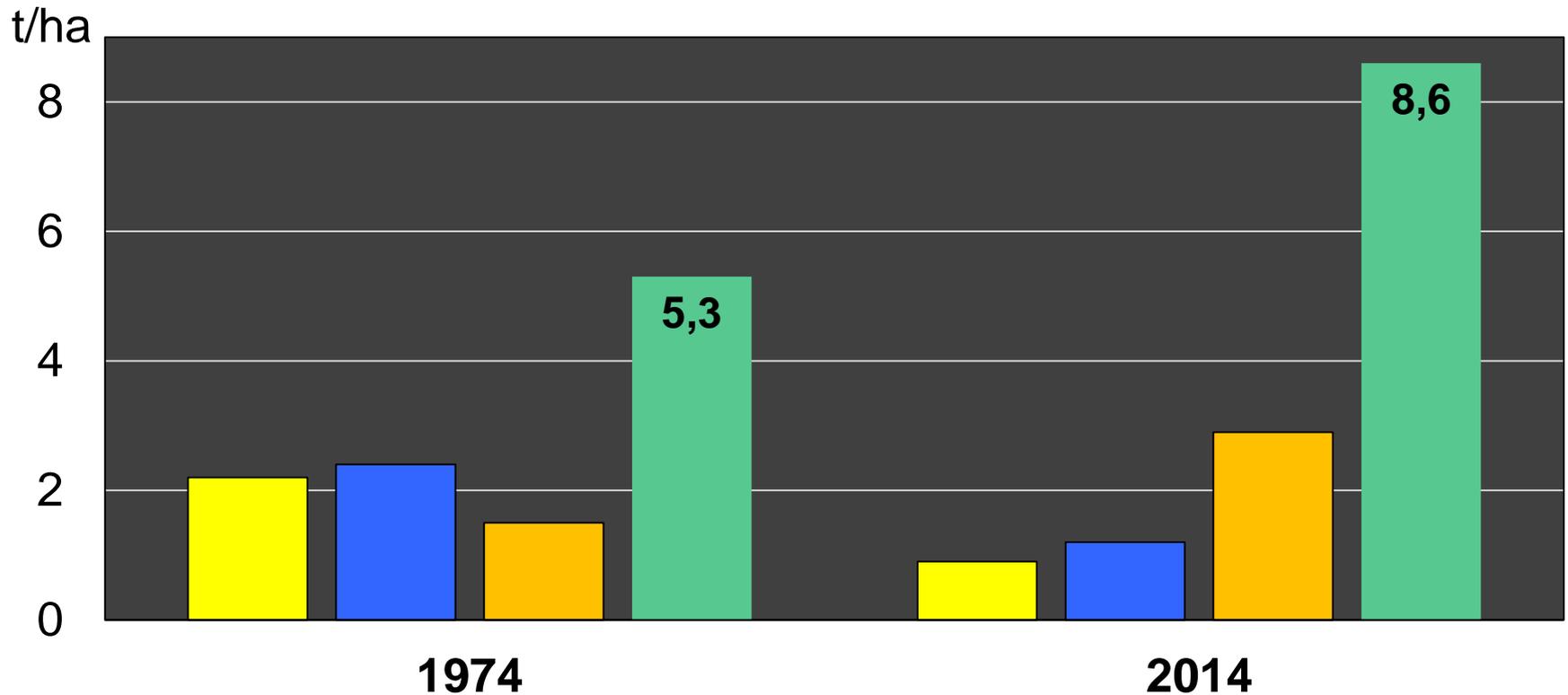


Datenbasis: Versuchsberichte / N-Düngungs- und Sortenversuche 2009 bis 2014 / Versuchsring Ostholstein und N.U. Agrar GmbH



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



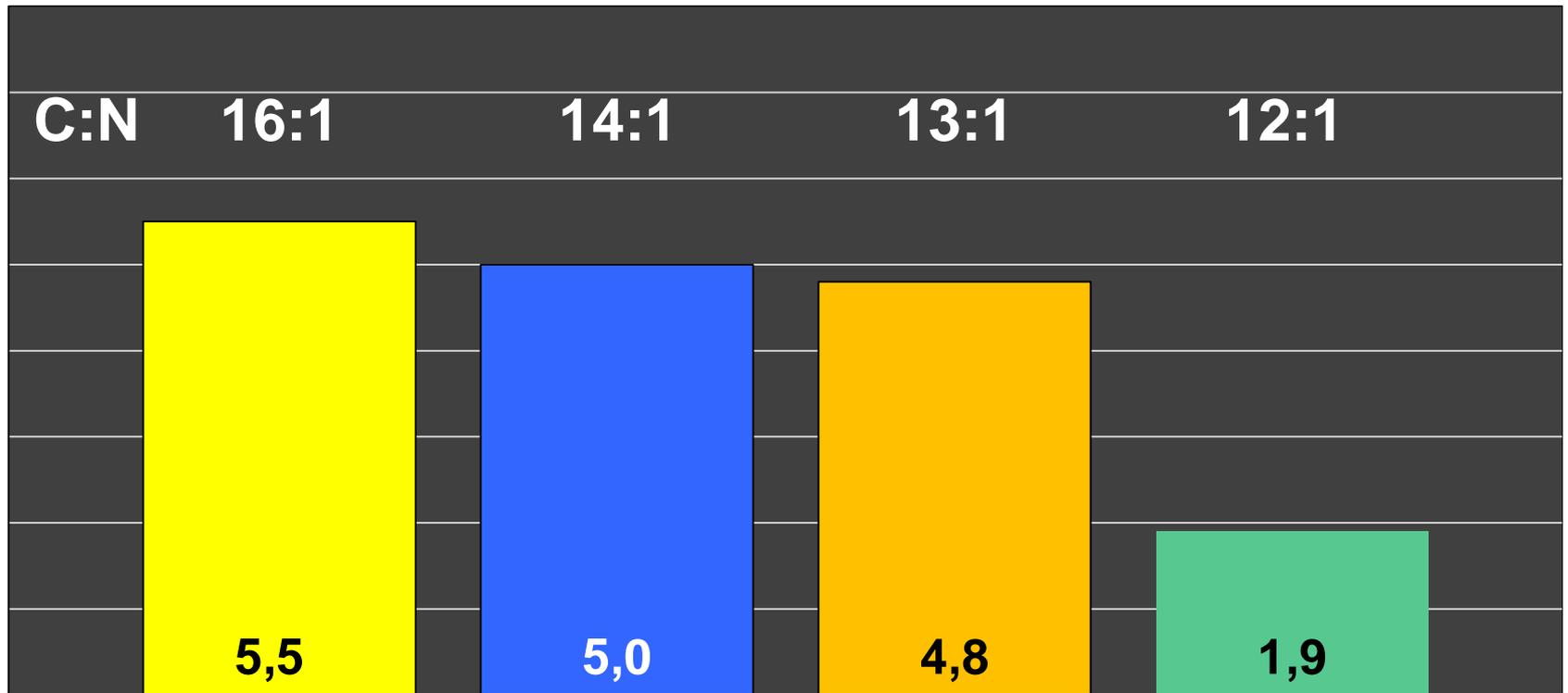
Humus und Humusqualität

■ Kasachstan

■ Russland

■ Kanada

■ Deutschland

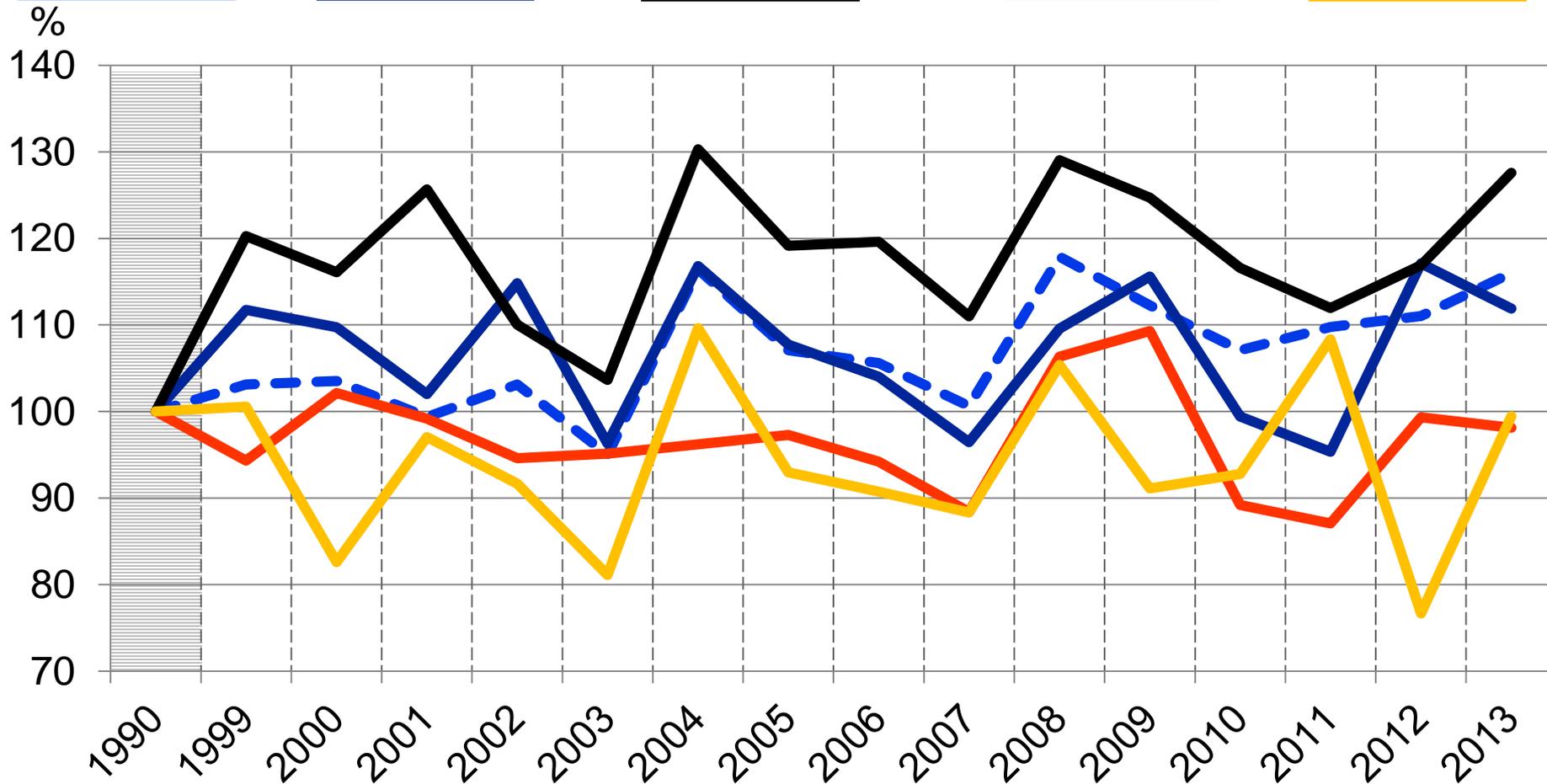


Humus in %



Entwicklung der Erträge Europa - Winterweizen -

— EU 27 — Frankreich — Deutschland — Dänemark — Österreich
1990: 48 dt/ha 1990: 65 dt/ha 1990: 63 dt/ha 1990: 74 dt/ha 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		μmol / 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
Phosphor	P	60	-	0,2	60 000
Magnesium	Mg	80	-	0,2	80 000
Kalzium	Ca	125	-	0,5	125 000
Kalium	K	250	-	1,0	250 000
Stickstoff	N	1000	-	1,5	1 000 000

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)

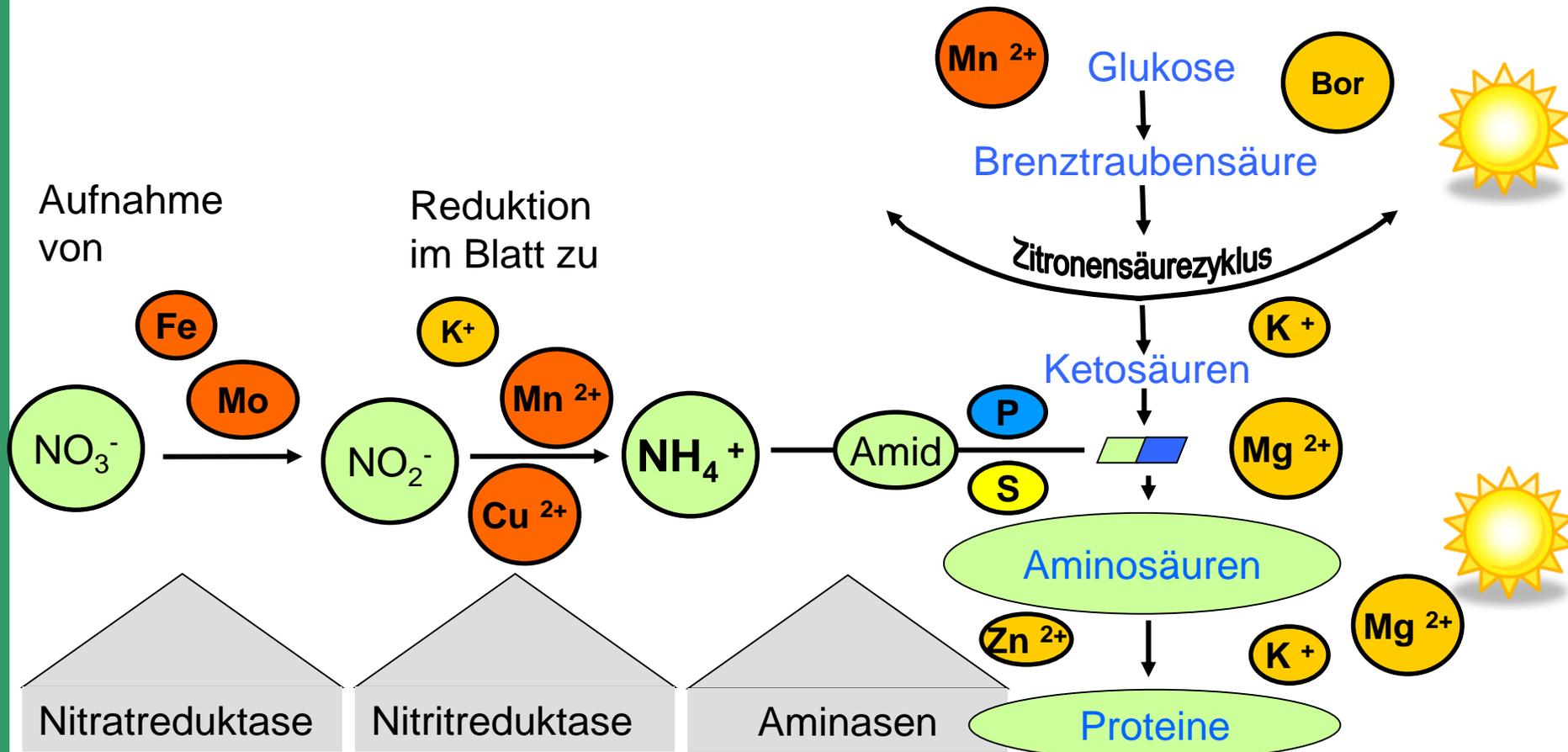
- Stickstoff ist nicht gleich Stickstoff
 - Stickstoffformen
 - Stickstoff - Stabilisierung



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

$P + Mg$

$B + Cu + Fe + Mn$

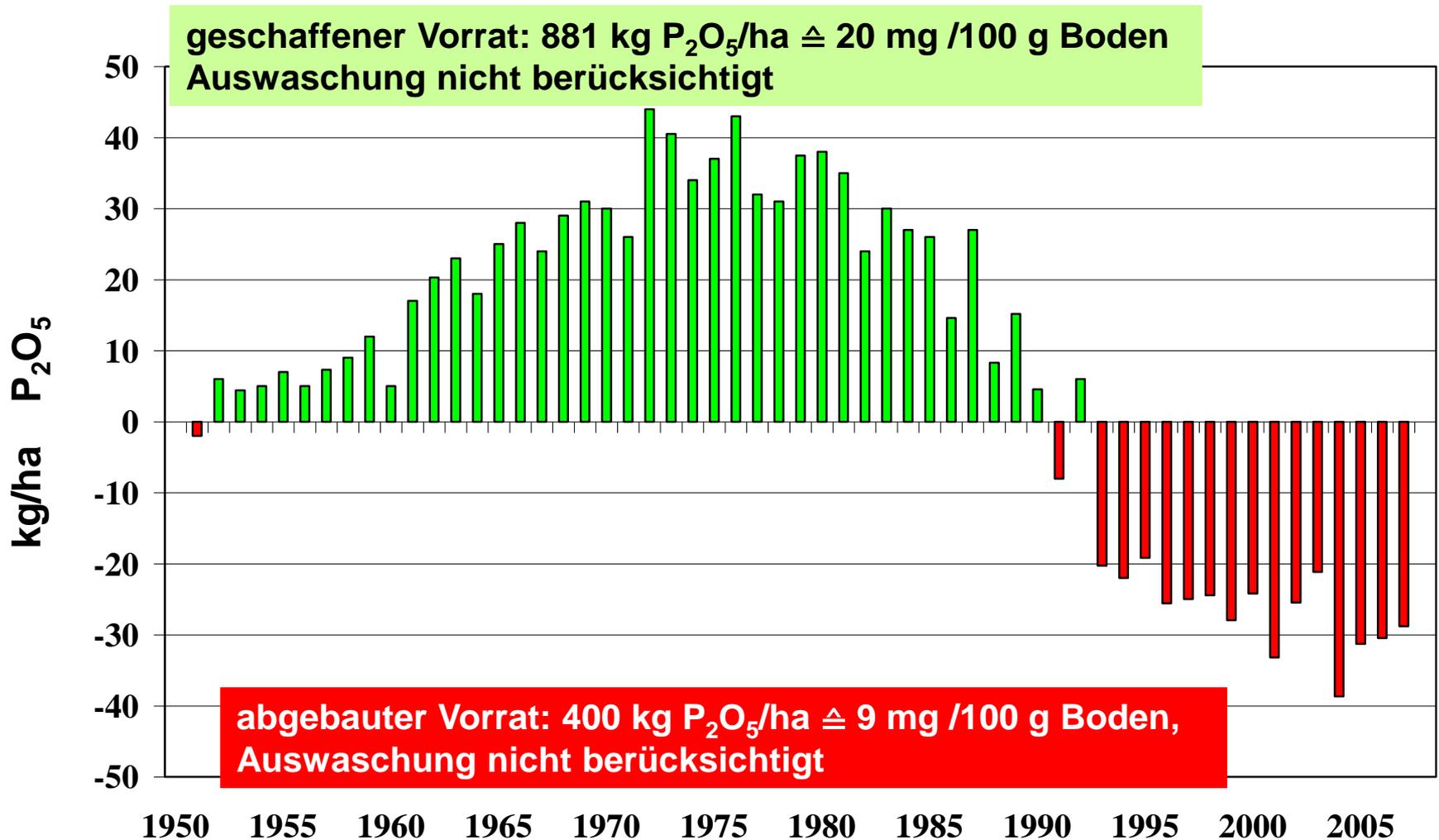
*Phytohormonelle
Regulation*

$N + P + S$

$B + Cu + Fe + Mn + Zn$



P-Saldo seit 1950 auf Ackerstandorten in Deutschland

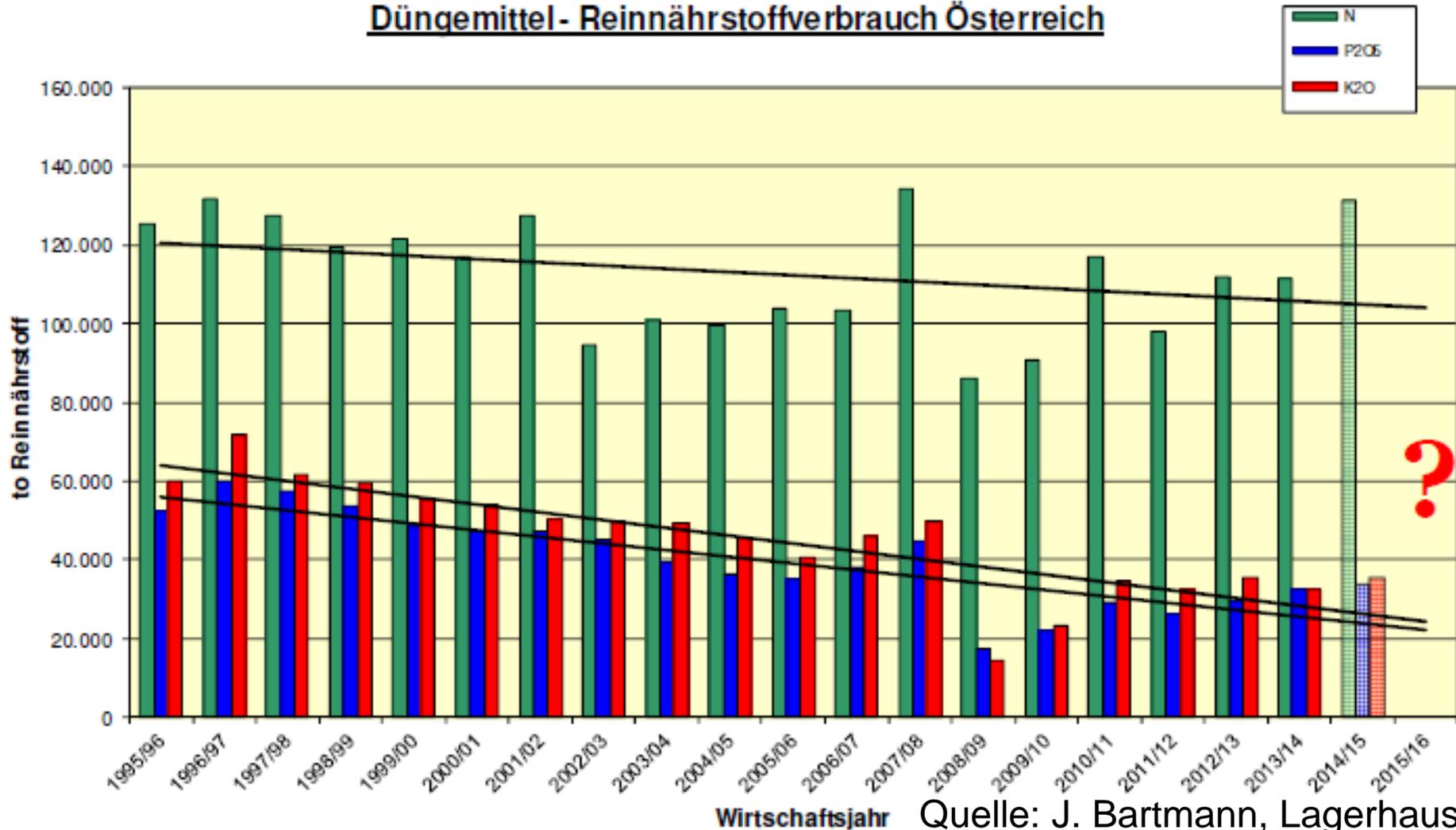




Düngemittel – Reinnährstoffverbrauch Österreich

Lagerhaus | Wiener Becken

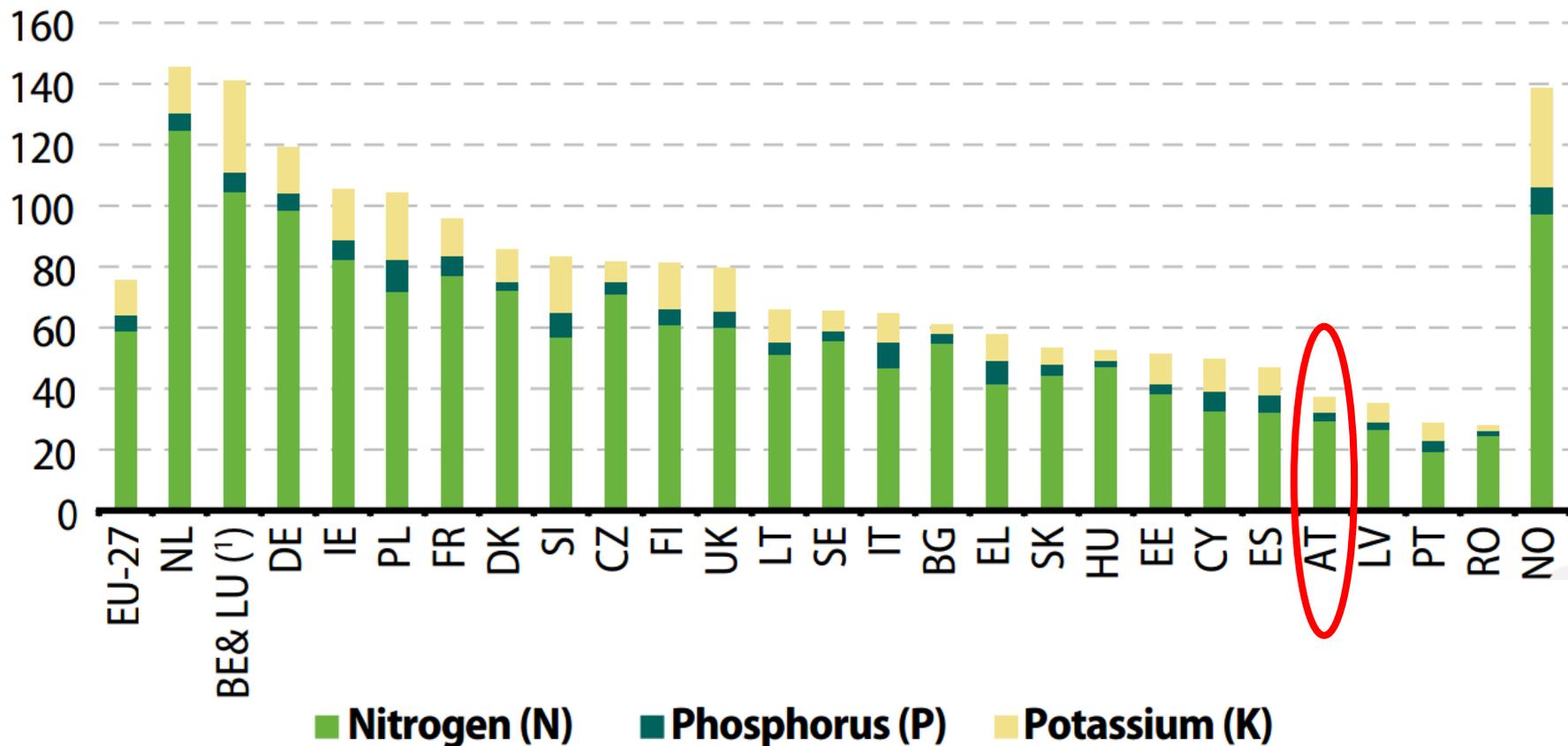
Düngemittel- Reinnährstoffverbrauch Österreich



Quelle: J. Bartmann, Lagerhaus



Geschätzter Verbrauch an hergestellten Düngemitteln in 2009



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



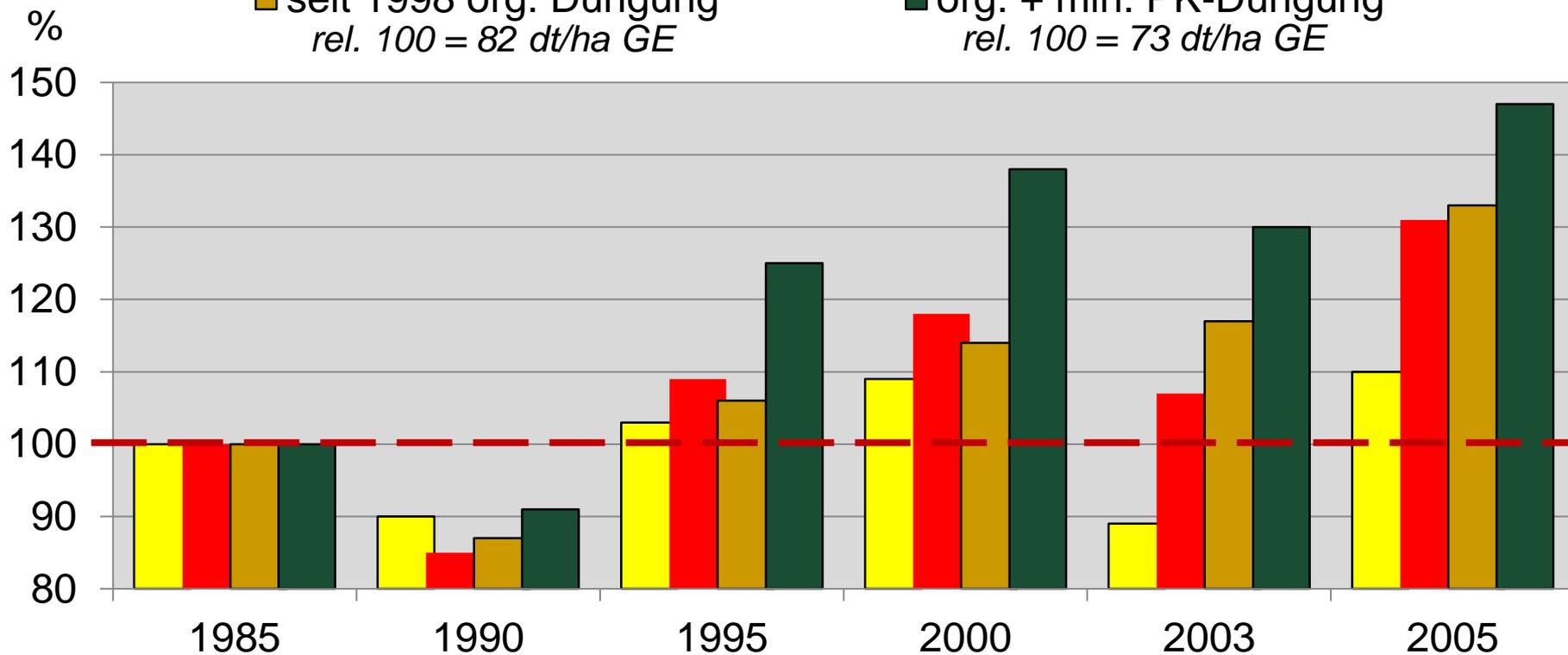
Ertragsentwicklung von Körnerfrüchten in Abhängigkeit von der Düngung

■ 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

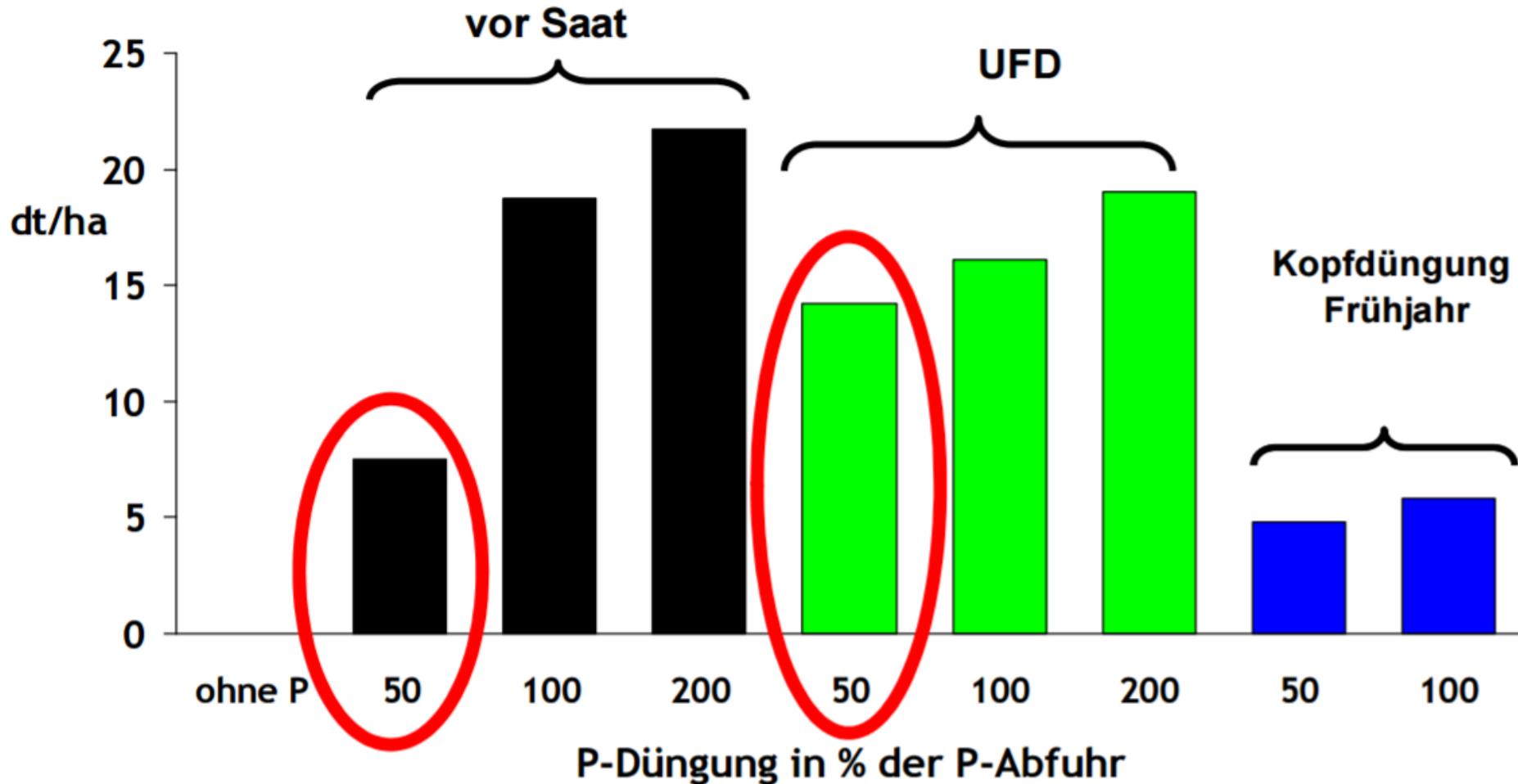
Organische Dünger
- Klärschlamm aus der Schmutzdecke holen

Nährstoffanreicherung im unteren Krümenbereich
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 (%)

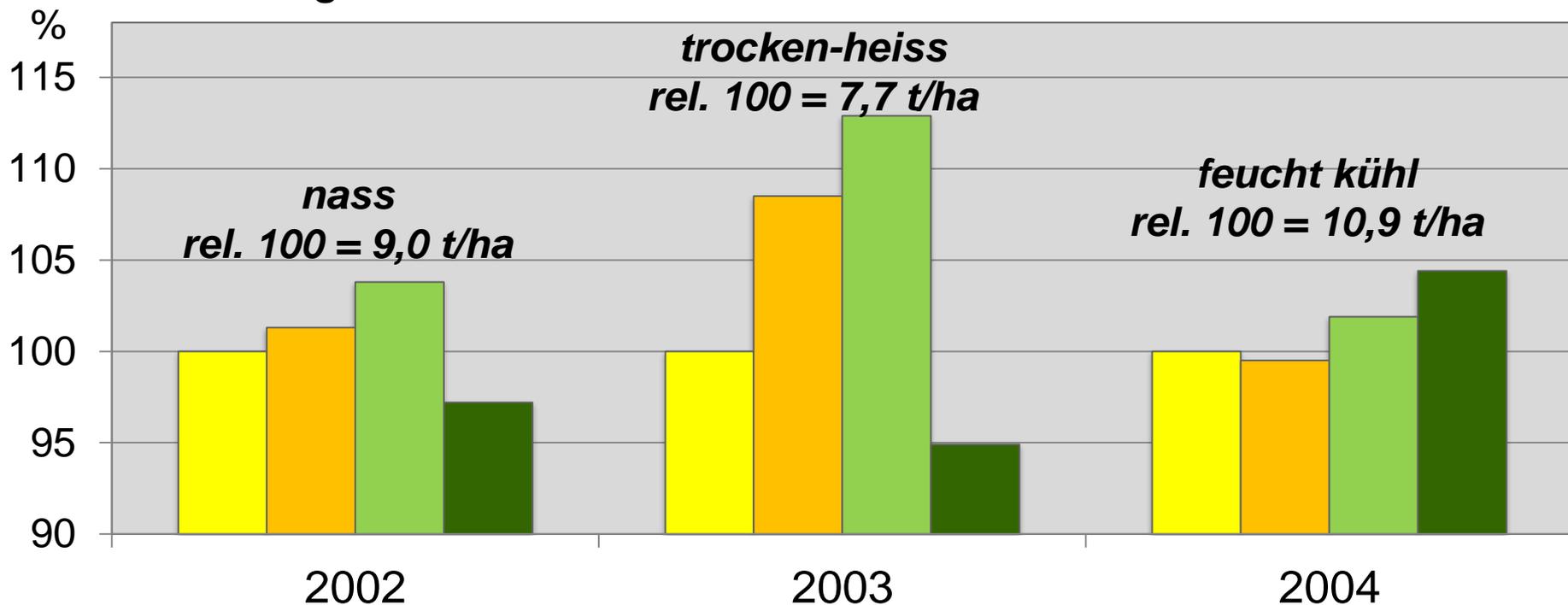
■ ohne Blattdüngung

■ 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 ⁺ Überschuss		OH ⁻ Überschuss
reduzierende Bedingungen		oxidierende Bedingungen
K-, Mg-Festlegung		Ca- Antagonismus („Verkalkung“)
Fe, Mn, Zn, Cu mobil		Fe, Mn, Zn, Cu oxidiert
Bor festgelegt	Bor mobil	Polyboratbildung
Mo fixiert		Mo mobil
P festgelegt (Fe, Al)	P mobil	P festgelegt (Ca)
Nitrifikation gehemmt / 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

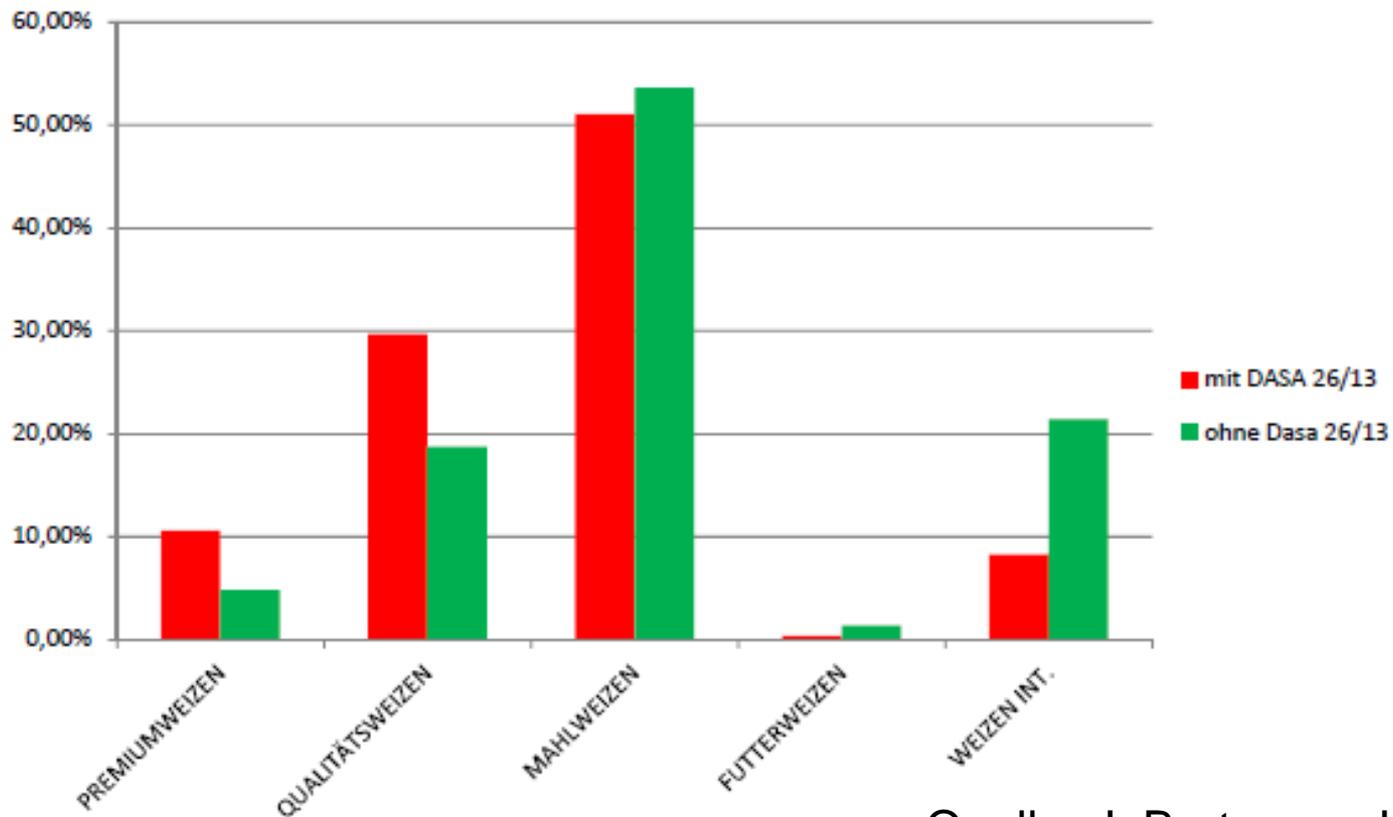
Lagerhaus | Wiener Becken Ergebnis DASA (26/13) Stickstoff mit Schwefel

	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**

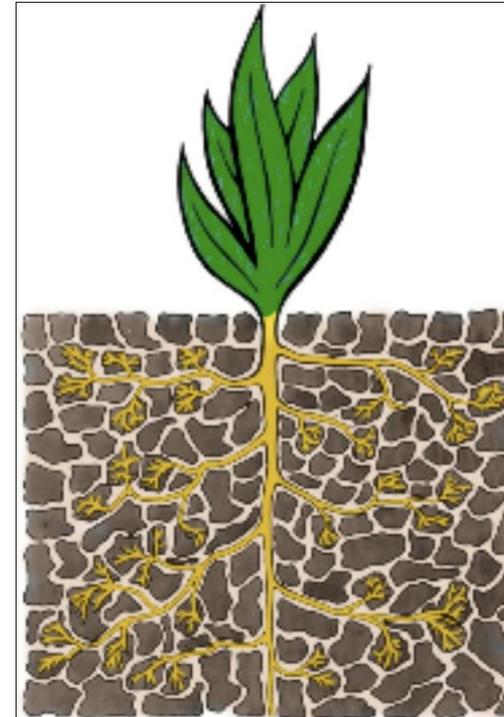


Nährstoffaufnahme

- welchen Einfluss hat die Bodenstruktur -



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

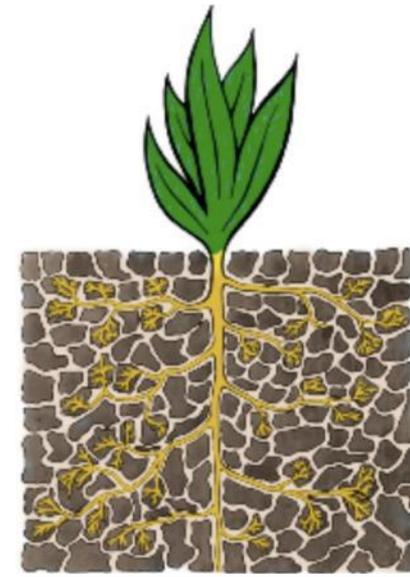
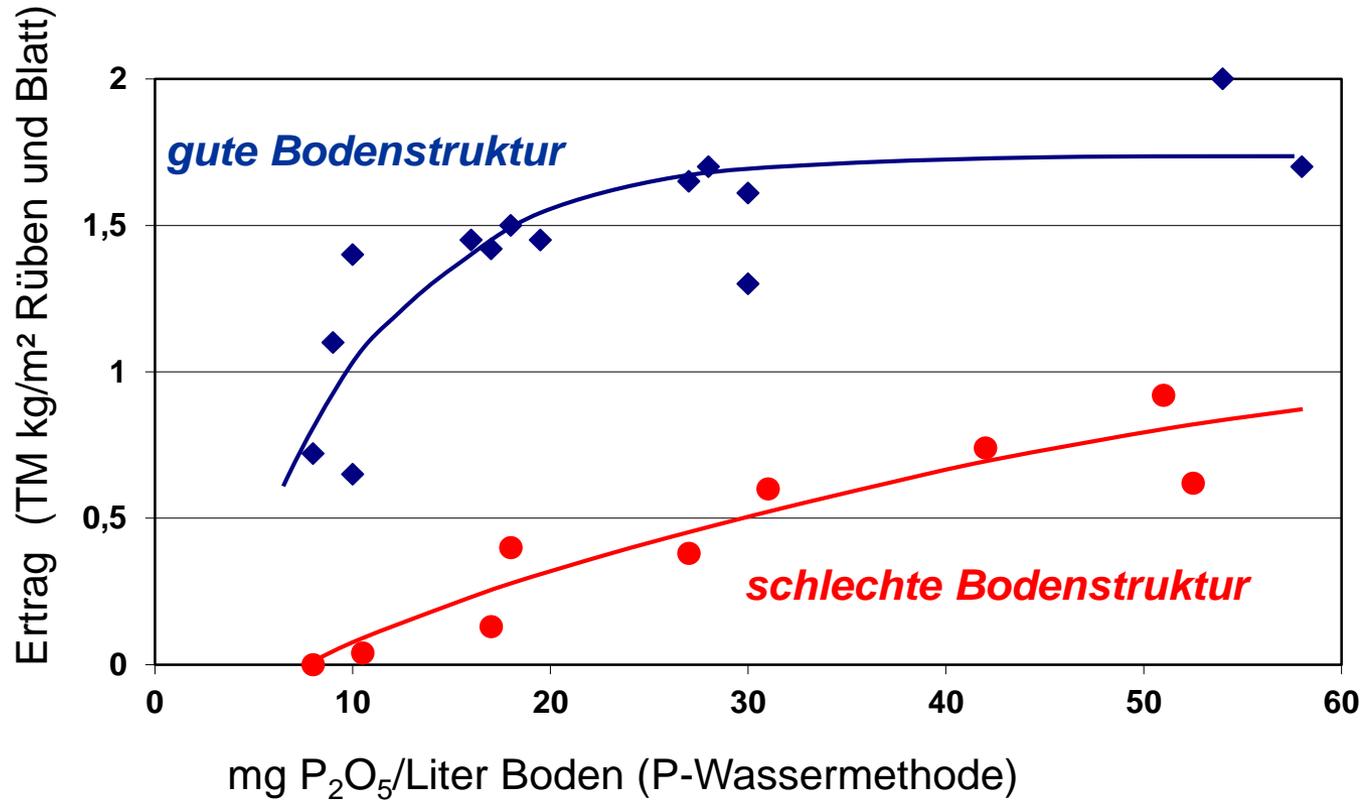


Bei einer guten Bodenstruktur können die Wurzeln die Nährstoffe gut erschließen.

Bildquelle: http://www.hauptsachegarten.de/UserFiles/Image/02_Rasen/D_Rasenpflege_Boden/01_gute_Bodenstruktur_w200.jpg



Bodenstruktur und Nährstoffverfügbarkeit



**gute
Bodenstruktur**



**schlechte
Bodenstruktur**

Quelle: TLL, Jena

Bodenverdichtungen

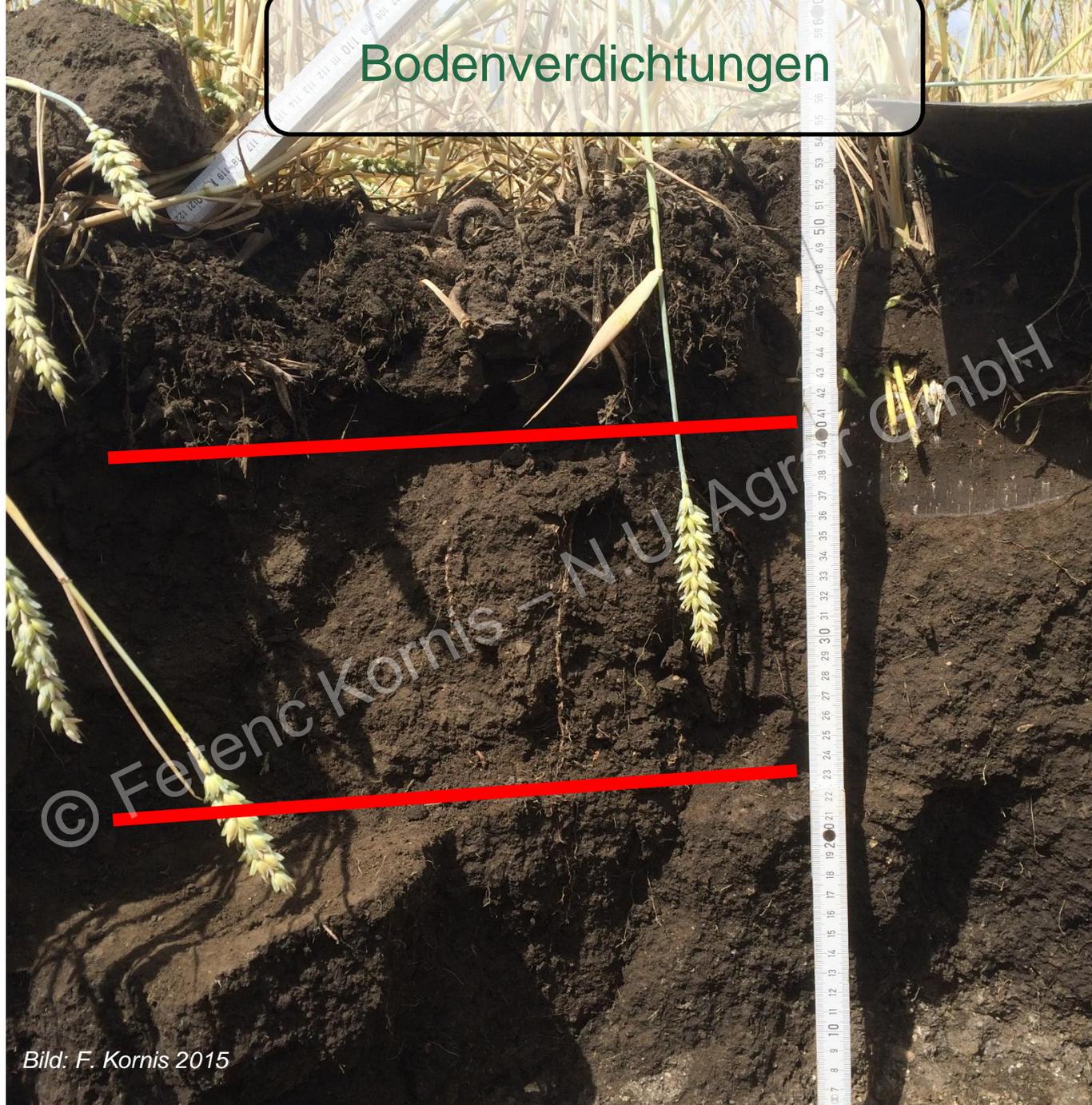
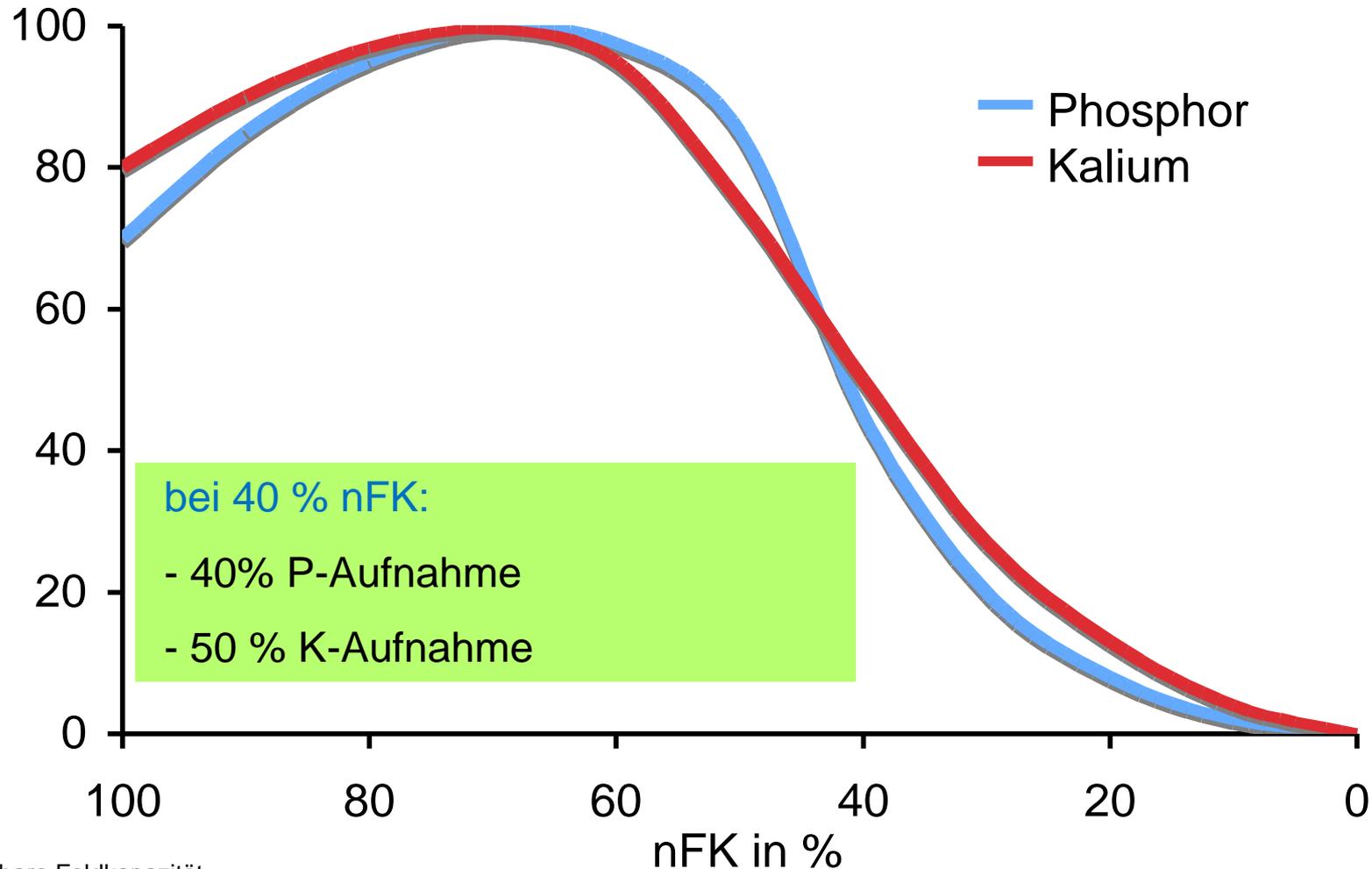


Bild: F. Kornis 2015



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

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



Entwicklung und Ertragsbildung

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



Entwicklung und Ertragsbildung

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

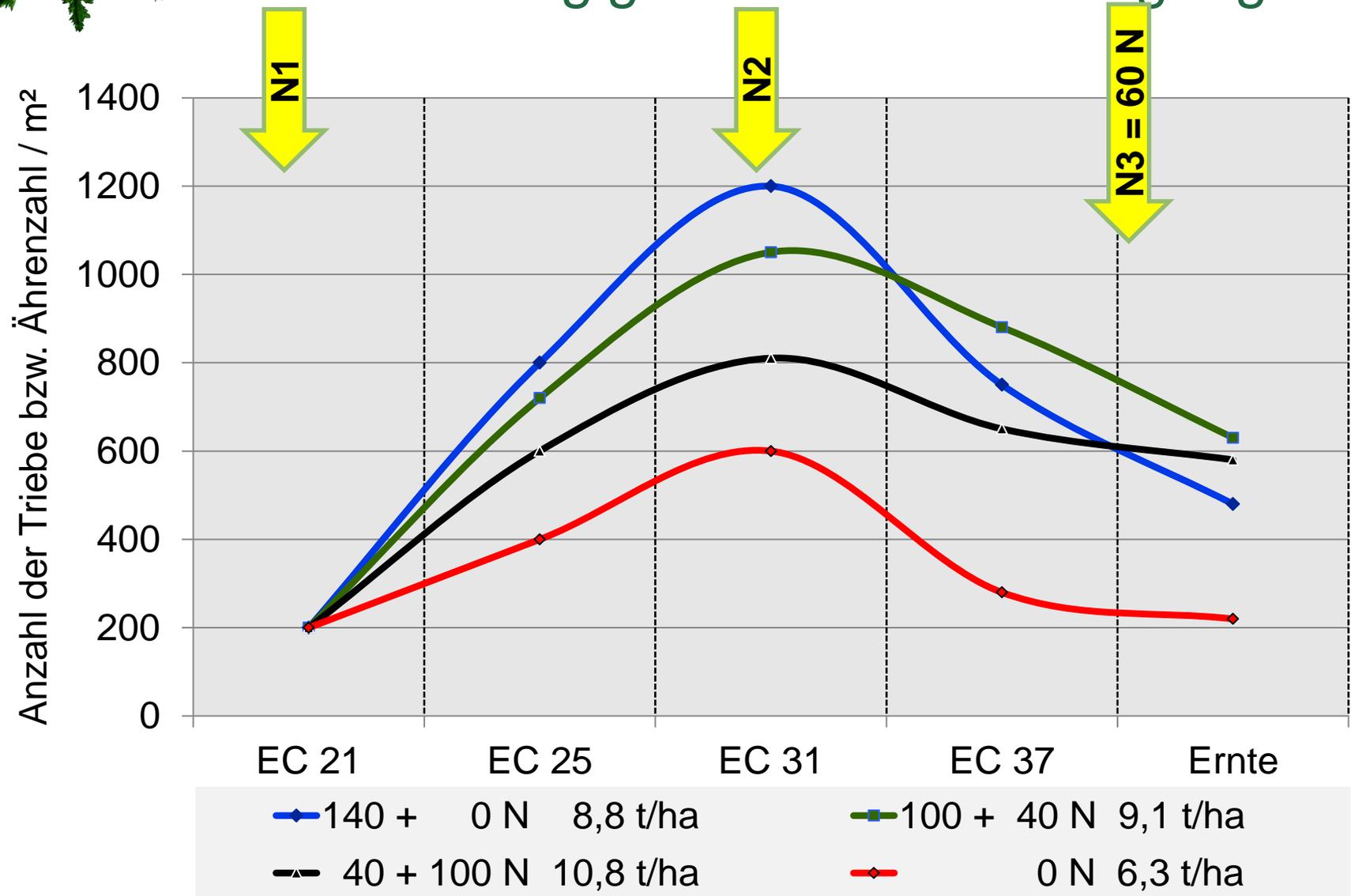


Wie wirkt sich der Stickstoff in verschiedenen Phasen der Entwicklung des Weizens aus

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

N1	→ Bestandesdichte	EC 14/21	Regeneration + Bestandesdüngung
	+ Ährchenanlage	(23/25)	
N2	→ Triebreduktion	EC 29/30	Ertragsdüngung (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)	
N3	→ Blütenfertilität Kornbildung	EC 37/39	Ertragsdüngung (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.