

# Stickstoff in die Pflanze – Potenziale für die Landwirtschaft der Zukunft

Annette Deubel

Hochschule Anhalt, Bernburg

## Bericht: Grundwasser vielerorts verseucht

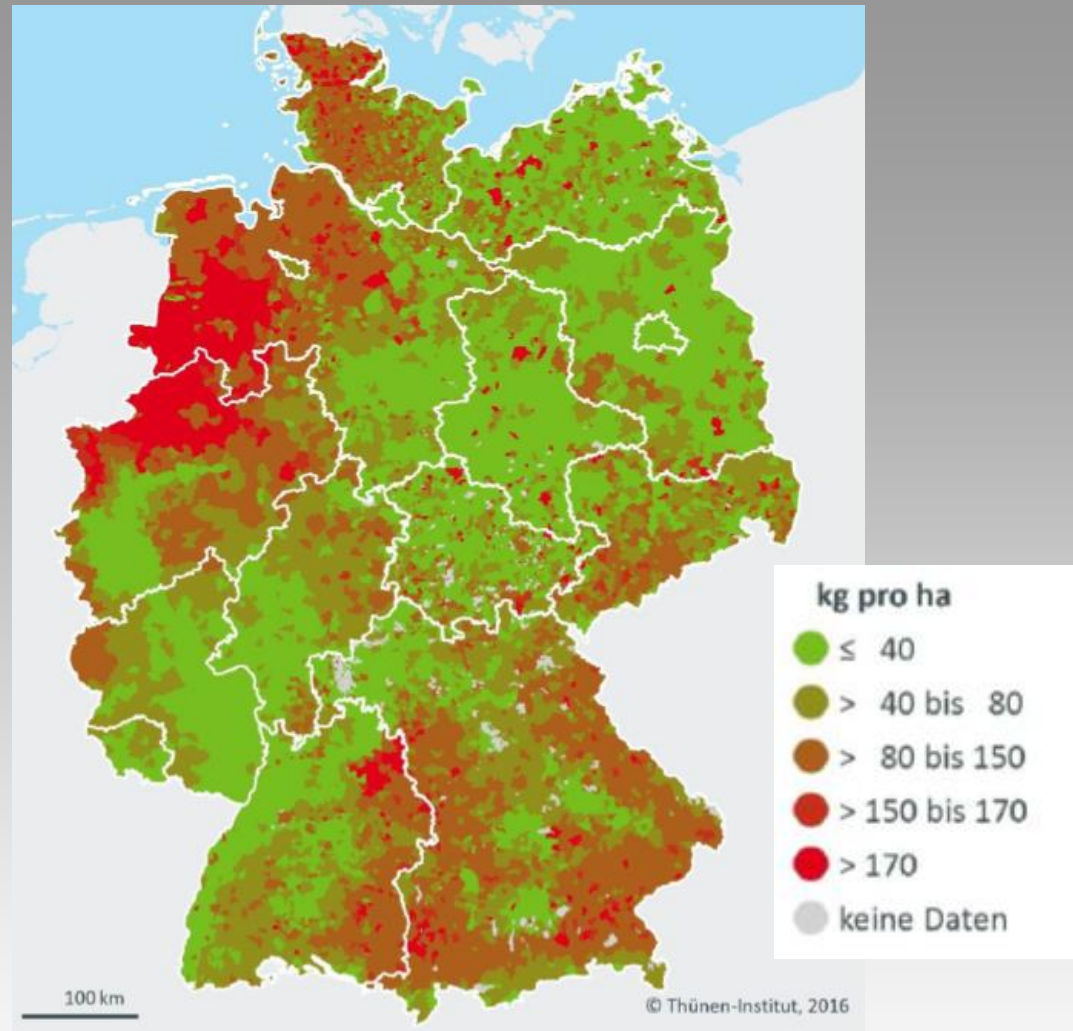
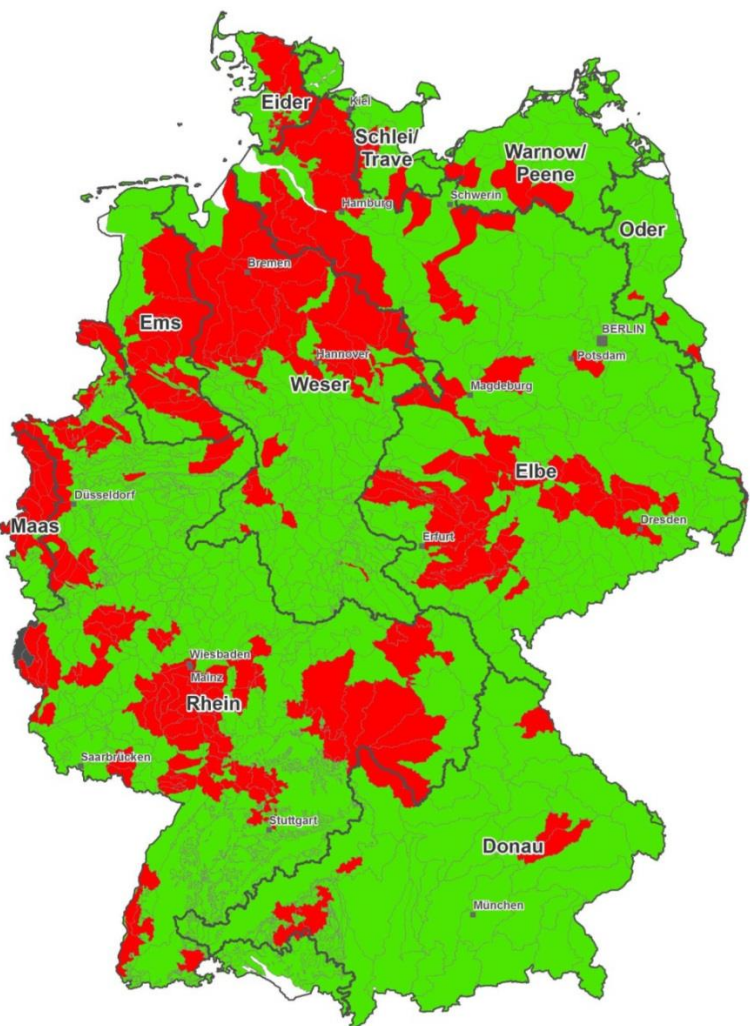
03.01.2017, 07:36 Uhr | AFP



Ein Landwirt düngt sein Feld mit Gülle. (Quelle: dpa)

**Die Nitratwerte im deutschen Grundwasser sind nach wie vor an vielen Orten zu hoch: An 28 Prozent der berücksichtigten Messstellen seien die Grenzwerte für den gesundheitsschädlichen Düngestoff überschritten worden, zitierte die "Neue Osnabrücker Zeitung" aus dem aktuellen Nitratbericht, den die Bundesregierung an die EU-Kommission übermittelte.**

In den vergangenen Jahren seien in Deutschland bei der Nitratbelastung "keine wesentlichen Veränderungen" erzielt worden, heißt es demnach in dem Regierungsbericht. Problematisch ist den Befunden zufolge auch das hohe Vorkommen von Phosphor, das über landwirtschaftliche Flächen letztlich in Nord- und Ostsee gelange und dort das Algenwachstum begünstige. 65 Prozent der Messstellen an Seen und Flüssen wiesen zu hohe Werte auf.



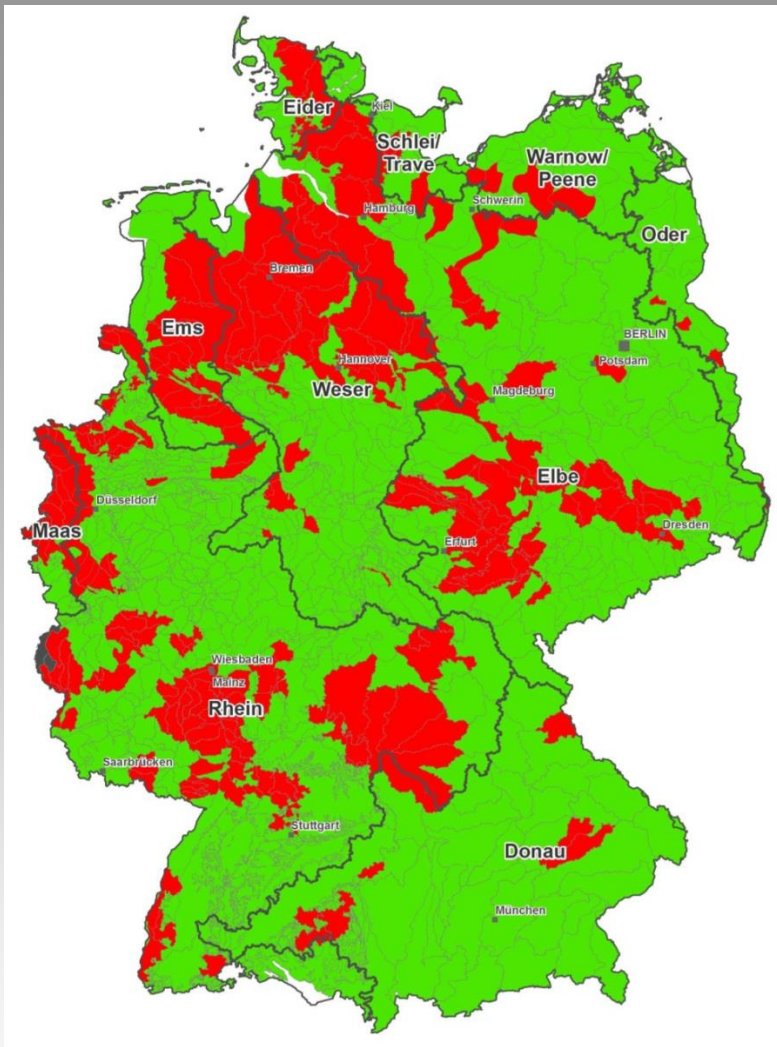
## Nitratbelastung im Grundwasser

> 50 mg/l

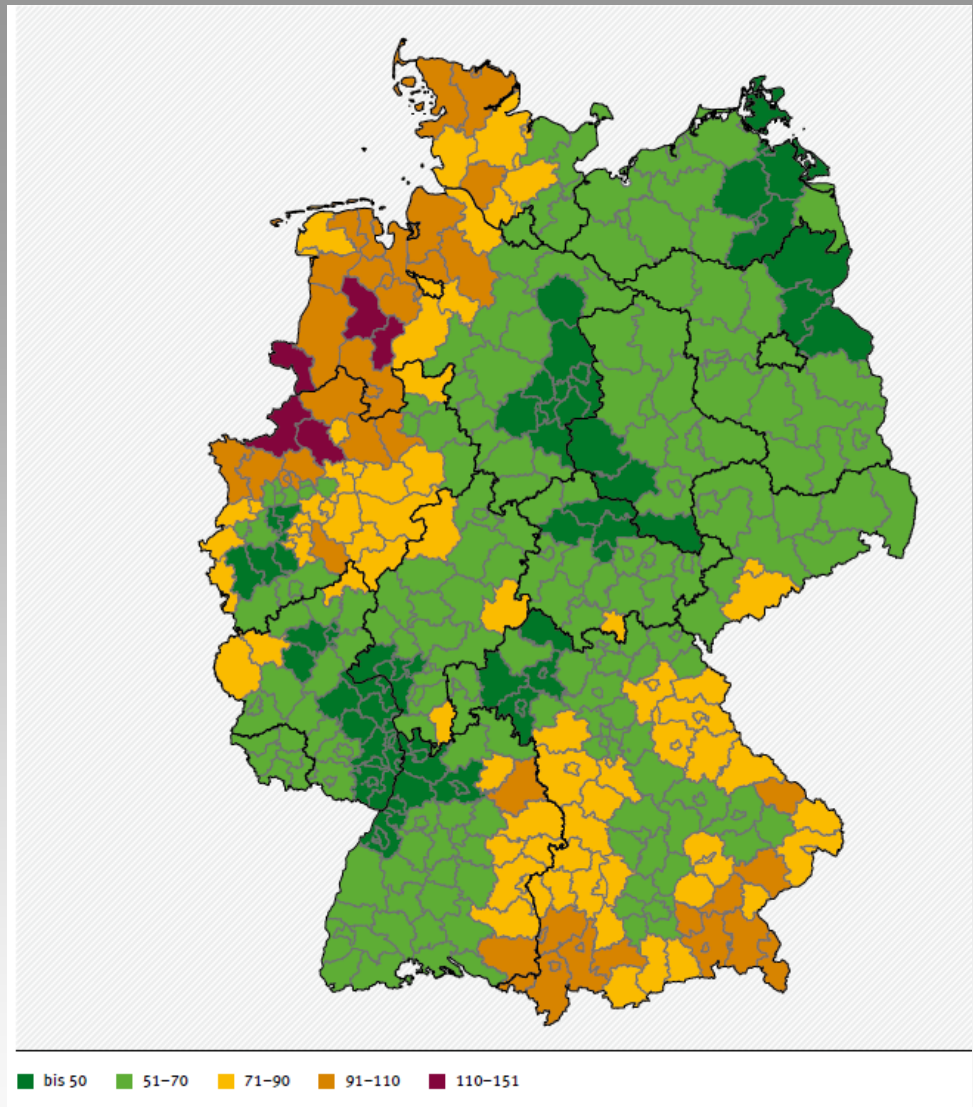
(BfG 2010 Berichtsportal WasserBLICK)

## N aus Wirtschaftsdüngern einschließlich Gärrestepflanzlicher Herkunft

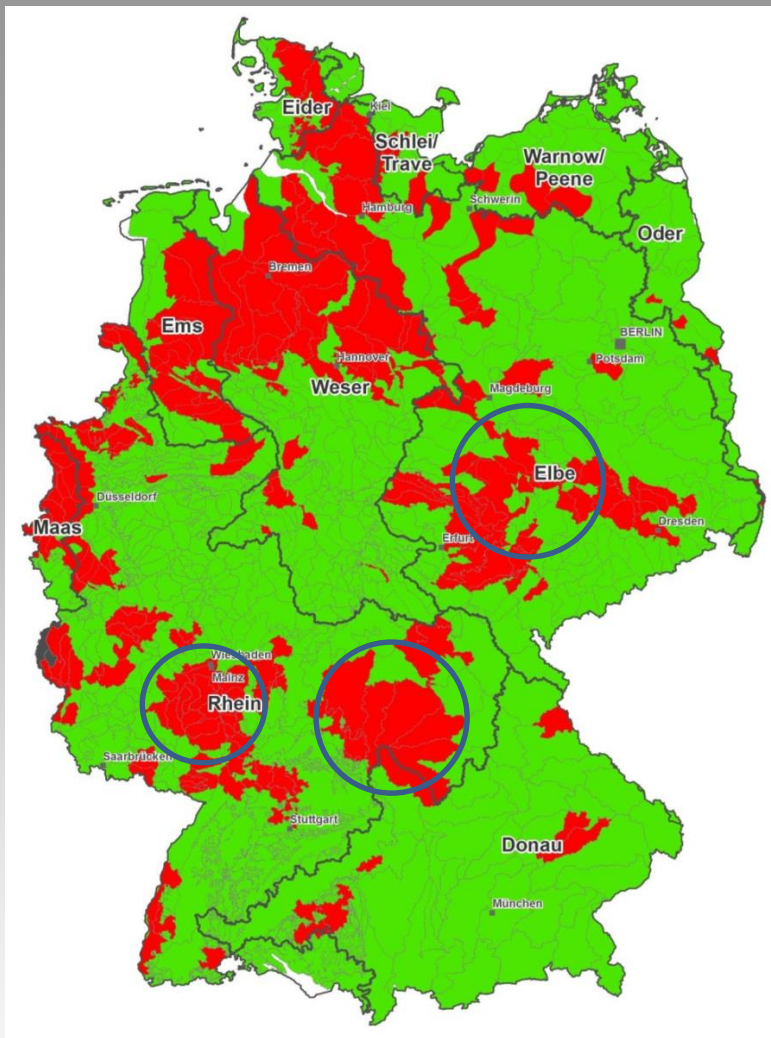
(nach Abzug von Stall- und Lagerverlusten, ohne Export von Wirtschaftsdünger, ohne Geflügeldung; Osterburg et al. 2016)



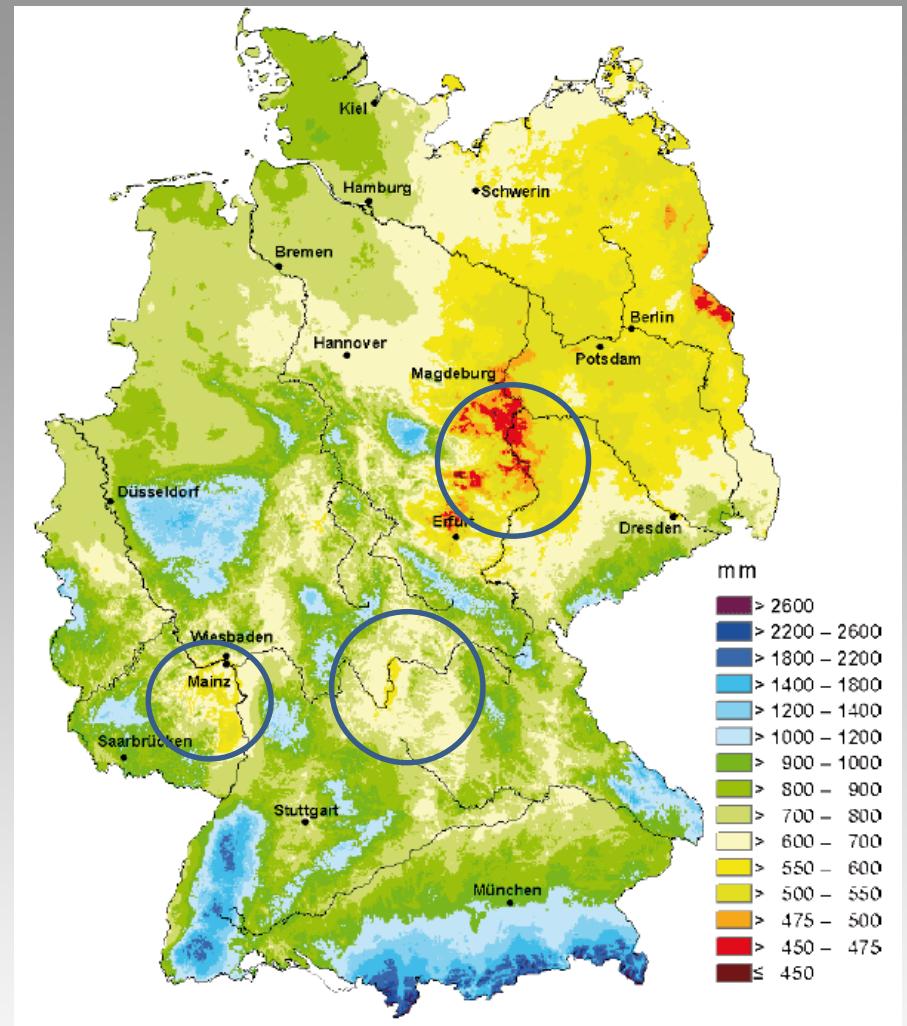
Nitratbelastung im Grundwasser  
 > 50 mg/l  
 (BfG 2010 Berichtsportal WasserBLICK)



Überschuss in der N-Flächenbilanz 2009-2011  
 (Bach 2014)



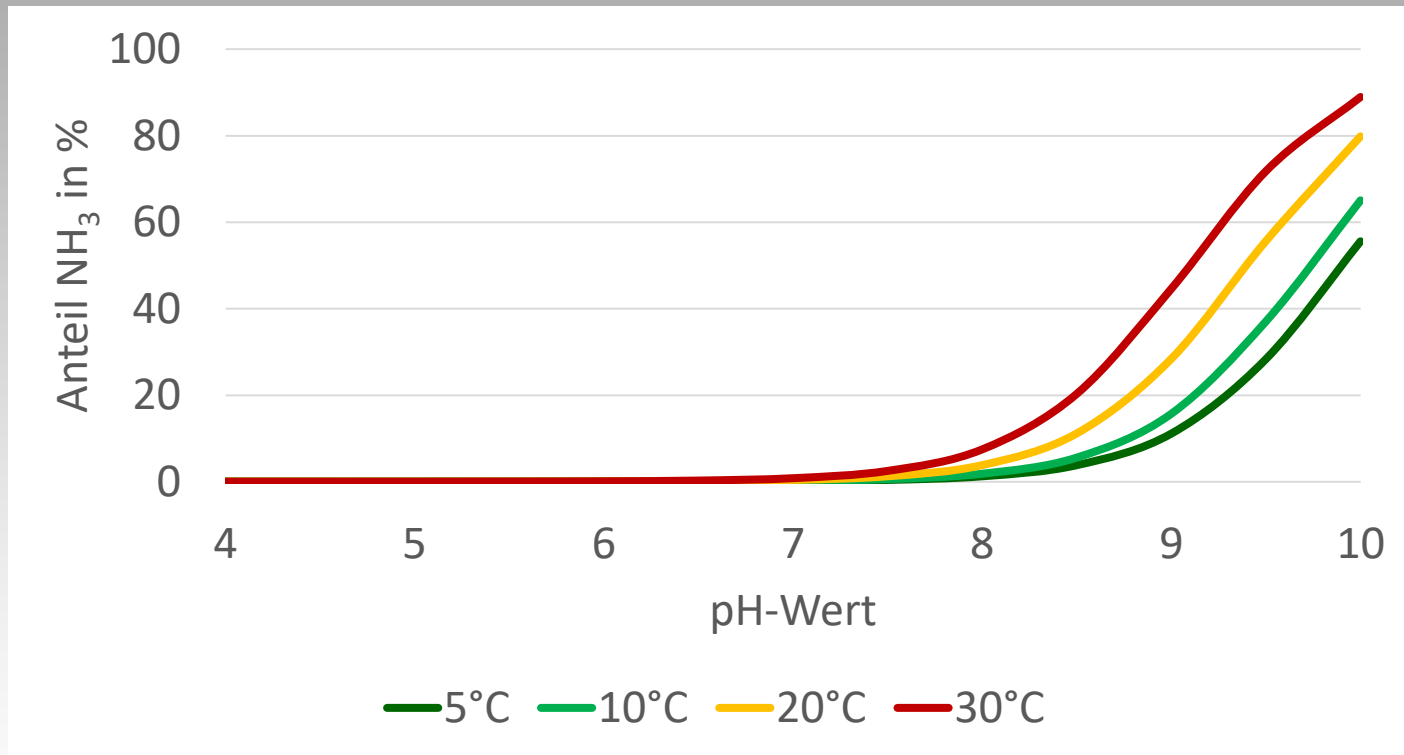
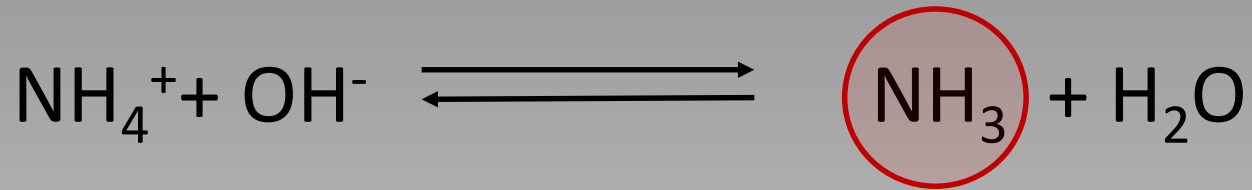
Nitratbelastung im Grundwasser  
 > 50 mg/l  
 (BfG 2010 Berichtportal WasserBLICK)



Normalperiode Niederschlag 1961-1990;  
 (DWD Deutscher Klimaatlas; Stand 1.12.2013)

**An welchen Stellen  
entstehen N-Verluste – wie  
lassen sie sich reduzieren?**

# Gasförmige Ammoniakverluste



Anteil Ammoniak am  $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ -Verhältnis in Abhängigkeit von pH-Wert und Temperatur

## Ammoniakverluste werden gefördert durch

- Luftkontakt
- Hohe pH-Werte im Düngemittel
- Hohe pH-Werte im Boden
- Geringe Sorptionskapazität des Bodens
- Wärme
- Trockenheit
- Wind

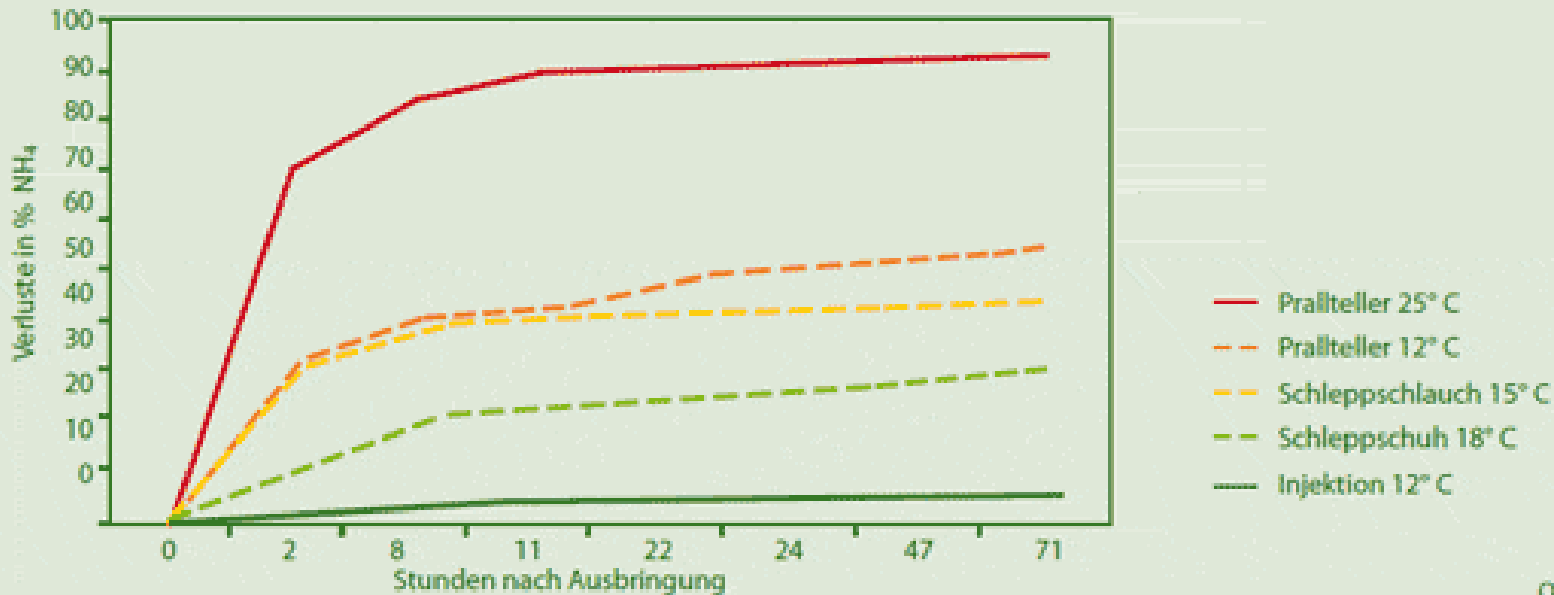
## Ammoniakverluste werden reduziert durch

- Bodennahe Ausbringung von Wirtschaftsdüngern
- Unmittelbare Einarbeitung
- Ansäuerung
- Applikation bei günstigen Witterungsbedingungen
- Ureaseinhibitoren



# Ammoniakverluste bei Wirtschaftsdüngerausbringung

Abb. 1: N-Verluste bei der Gülleausbringung in Abhängigkeit vom Ausbringungsverfahren und Temperatur



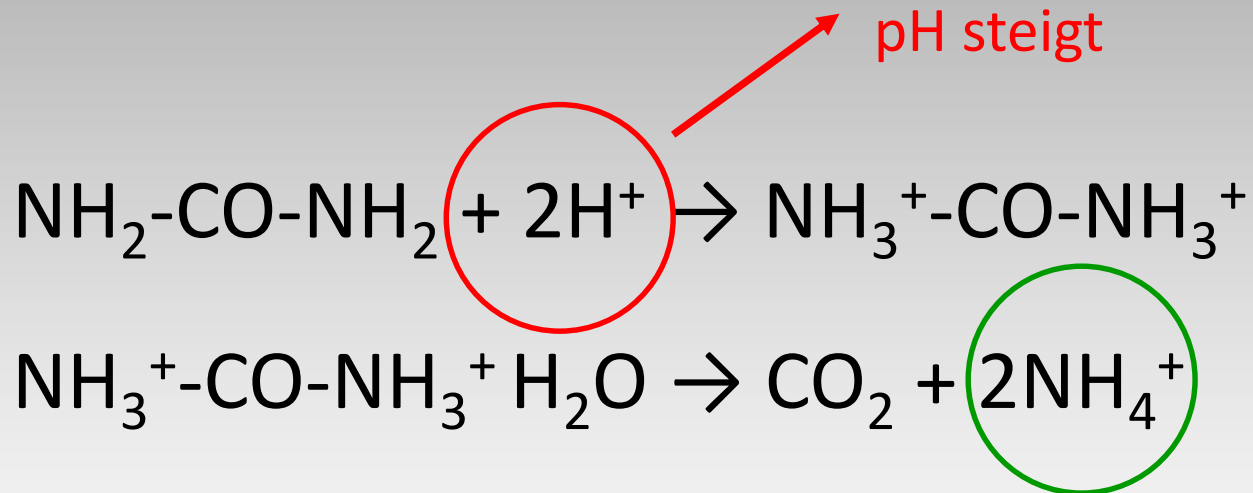
Quelle: Hansen/Santer

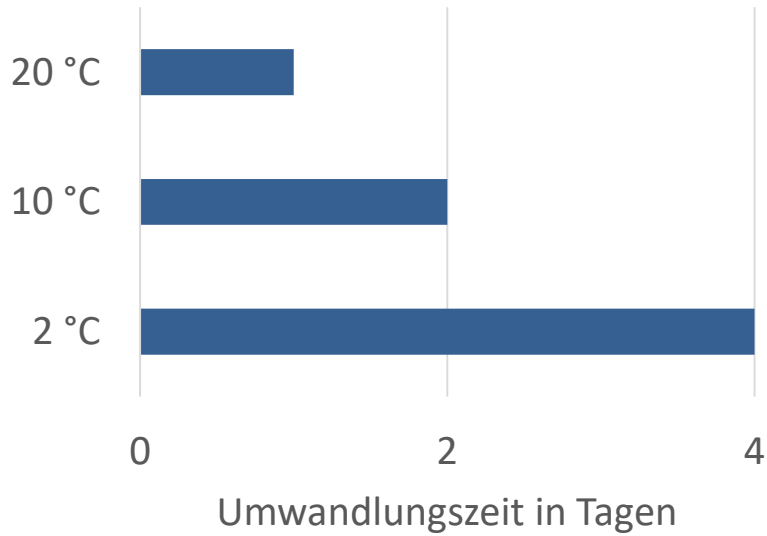
# Ansäuerung von Gülle / Gärresten mit Schwefelsäure (Syren)



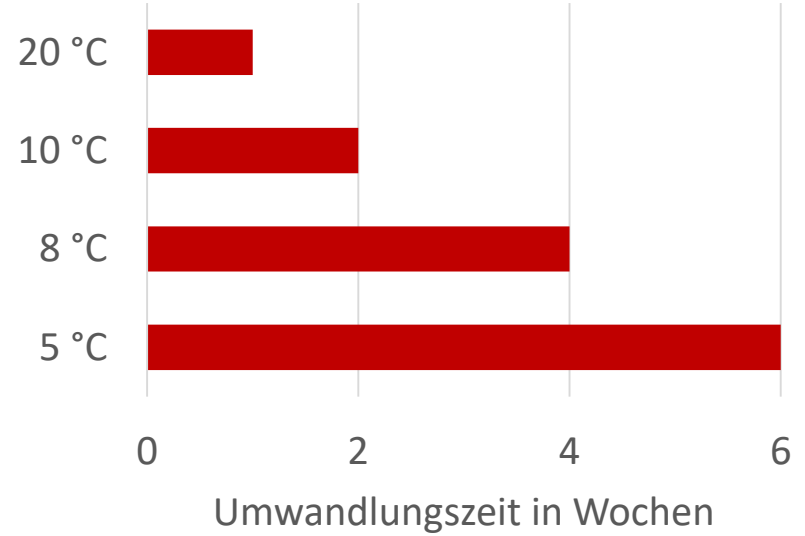
(eilbote-online.com 2012)

# Hydrolyse des Harnstoffs mit Hilfe des Enzyms Urease





## Harnstoffhydrolyse



## Nitrifikation

(Fuchs, EuroChem Agro 2015)

# N-Verluste als NH<sub>3</sub> aus appliziertem Harnstoff weltweit

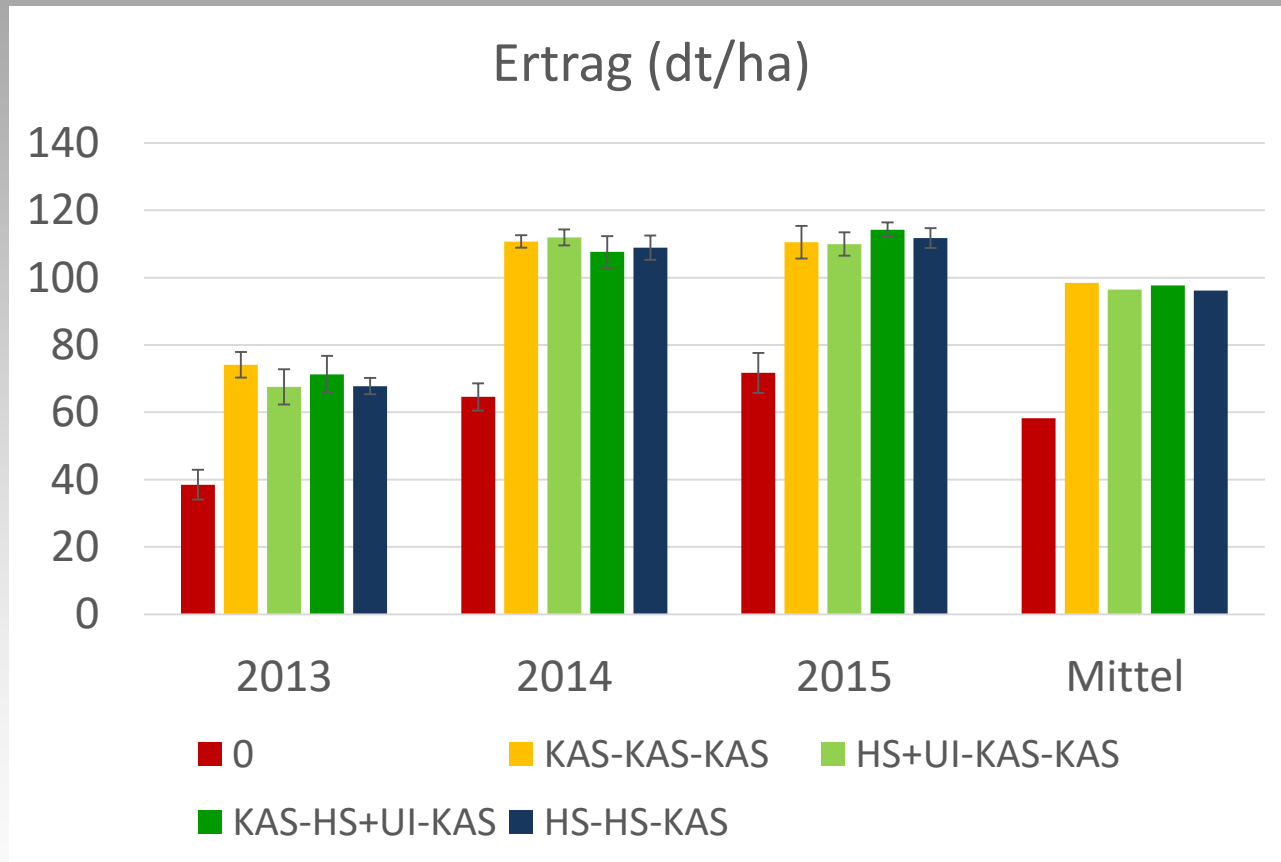
	%		kg N/ ha und Saison	
Ostasien	15,9	(1,7-48,0)	20,6	(1,8-96,0)
Südasien	30,7	(3,0-56,7)	37,5	(5,6-69,7)
Südostasien	16,1	(14,4-19,5)	10,7	(8,6-14,6)
Australien	16,0	(2,0-30,0)	13,7	(0,8-49,2)
Europa	13,0	(0,9-29,8)	17,0	(0,6-29,8)
Nordamerika	17,5	(0,6-64,0)	22,2	(0,6-89,6)
Südamerika	14,2	(1,7-31,8)	11,8	(0,9-25,4)
Durchschnitt	17,6	(0,9-64,0)	19,1	(0,6-96,0)

(78 Studien mit oberflächlicher Harnstoffapplikation;  
Pan et al., Agriculture, Ecosystems and Environment 232, 2016; verändert)

# Minderung der Ammonialverluste bei Harnstoffapplikation

- Unmittelbare Einarbeitung → **Novellierung DüV!**
- Applikation nur bei günstigen Witterungsbedingungen
- Einsatz von Ureaseinhibitoren → **Verzögerung der Harnstoffhydrolyse um 1-3 Wochen**

# Einfluss unterschiedlicher N-Formen auf den Ertrag von Winterweizen, Bernburg 2013-2015)



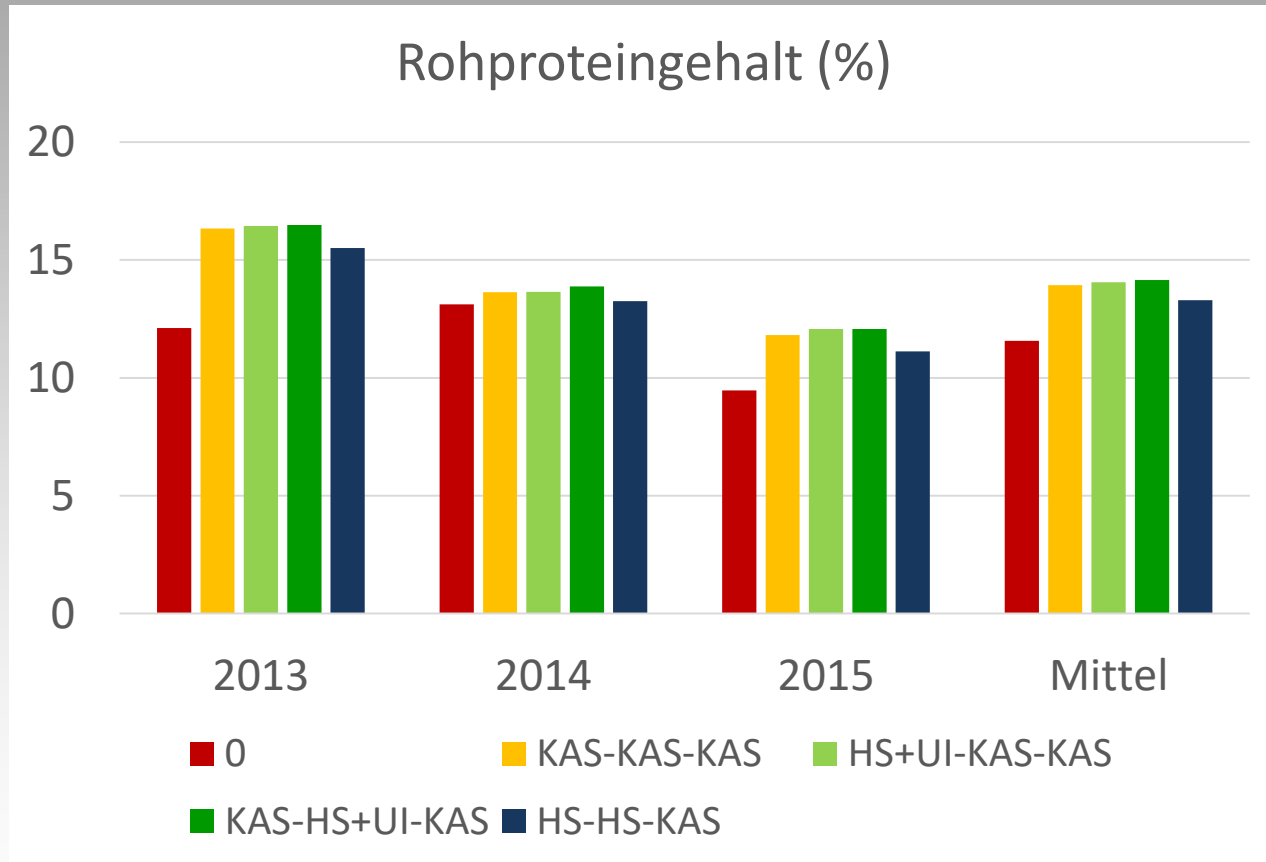
1. Gabe Veg.-Beginn
2. Gabe BBCH 31-32
3. Gabe BBCH 46-49

2013 Akteur  
85-85-30

2014  
Kerubino  
85-85-30

2015  
Kerubino  
60-85-30

# Einfluss unterschiedlicher N-Formen auf den Rohproteingehalt von Winterweizen, Bernburg 2013-2015)



1. Gabe Veg.-Beginn
2. Gabe BBCH 31-32
3. Gabe BBCH 46-49

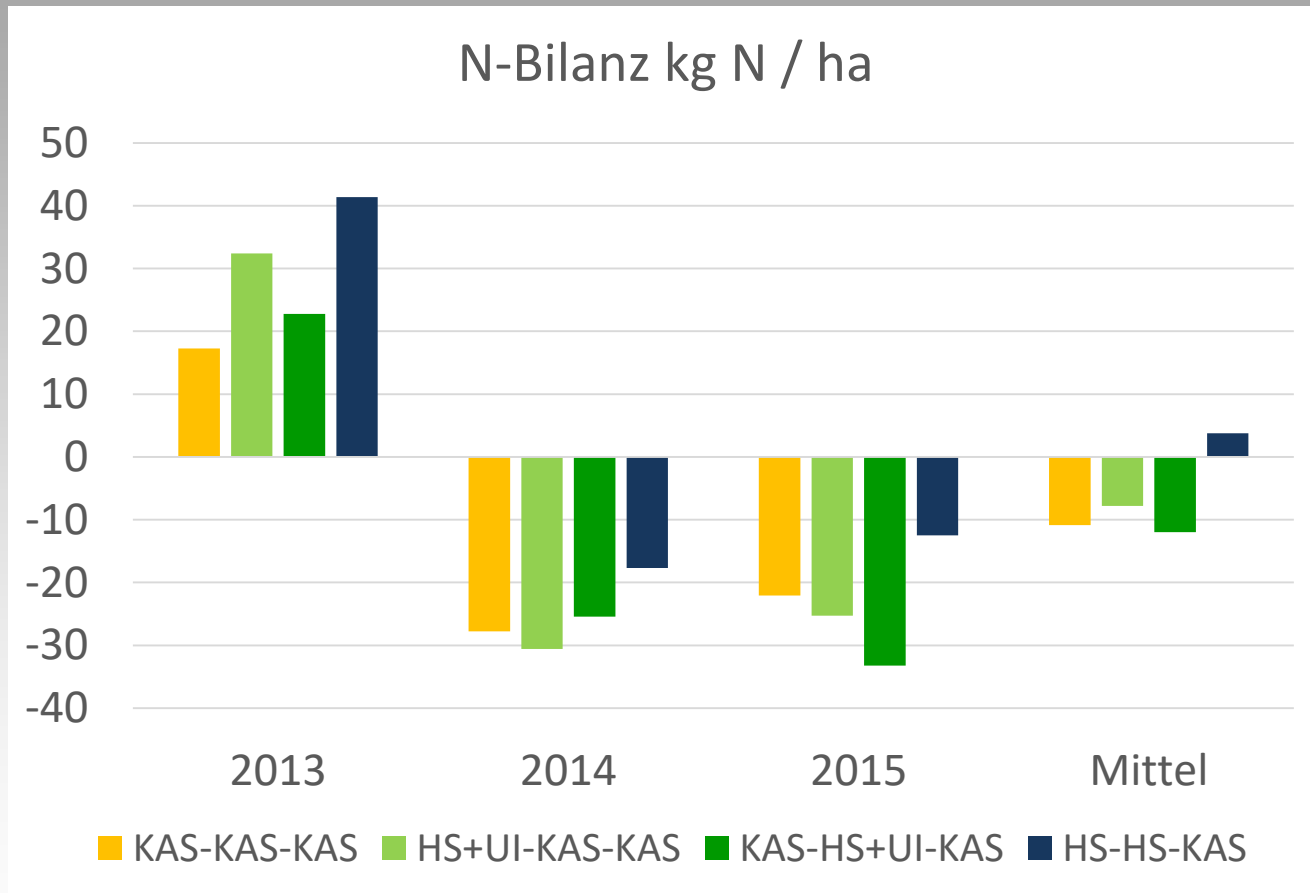
2013 Akteur  
85-85-30

2014  
Kerubino  
85-85-30

2015  
Kerubino  
60-85-30



# Einfluss unterschiedlicher N-Formen auf die N-Bilanz von Winterweizen, Bernburg 2013-2015)



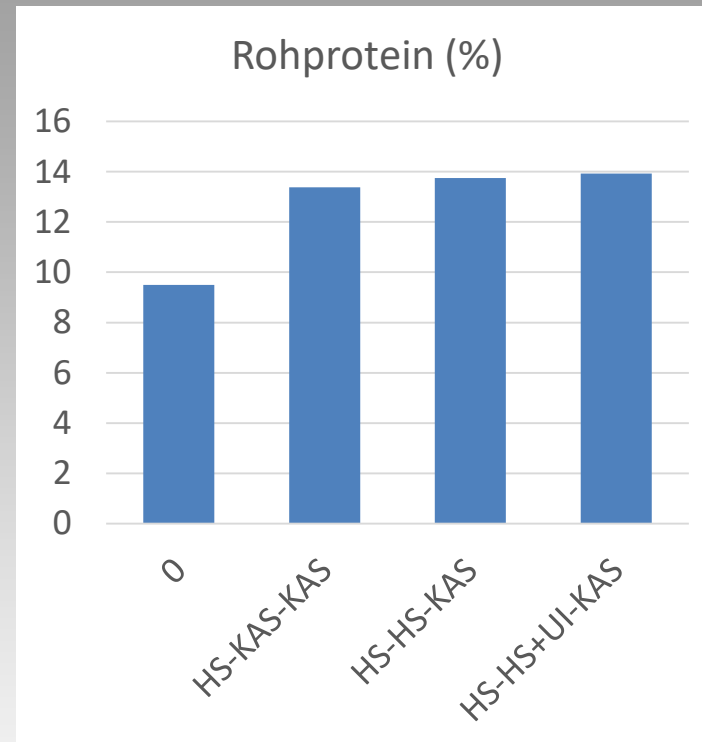
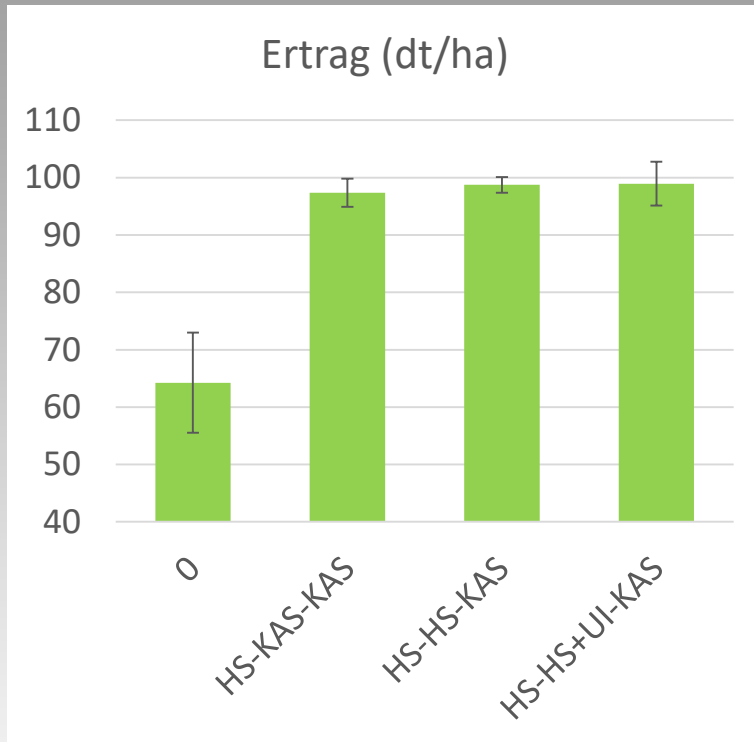
1. Gabe Veg.-Beginn
2. Gabe BBCH 31-32
3. Gabe BBCH 46-49

2013 Akteur  
85-85-30

2014  
Kerubino  
85-85-30

2015  
Kerubino  
60-85-30

# Einfluss unterschiedlicher N-Formen zur zweiten N-Gabe (Winterweizen, Sorte Helmond, Bernburg 2016)



60 kg N Veg.-Beginn  
80 kg N BBCH 31-32  
60 kg N BBCH 46-49

N-Bilanz			
0	HS-KAS-KAS	HS-HS-KAS	HS-HS+UI-KAS
-92,1	3,5	-4,8	-7,9

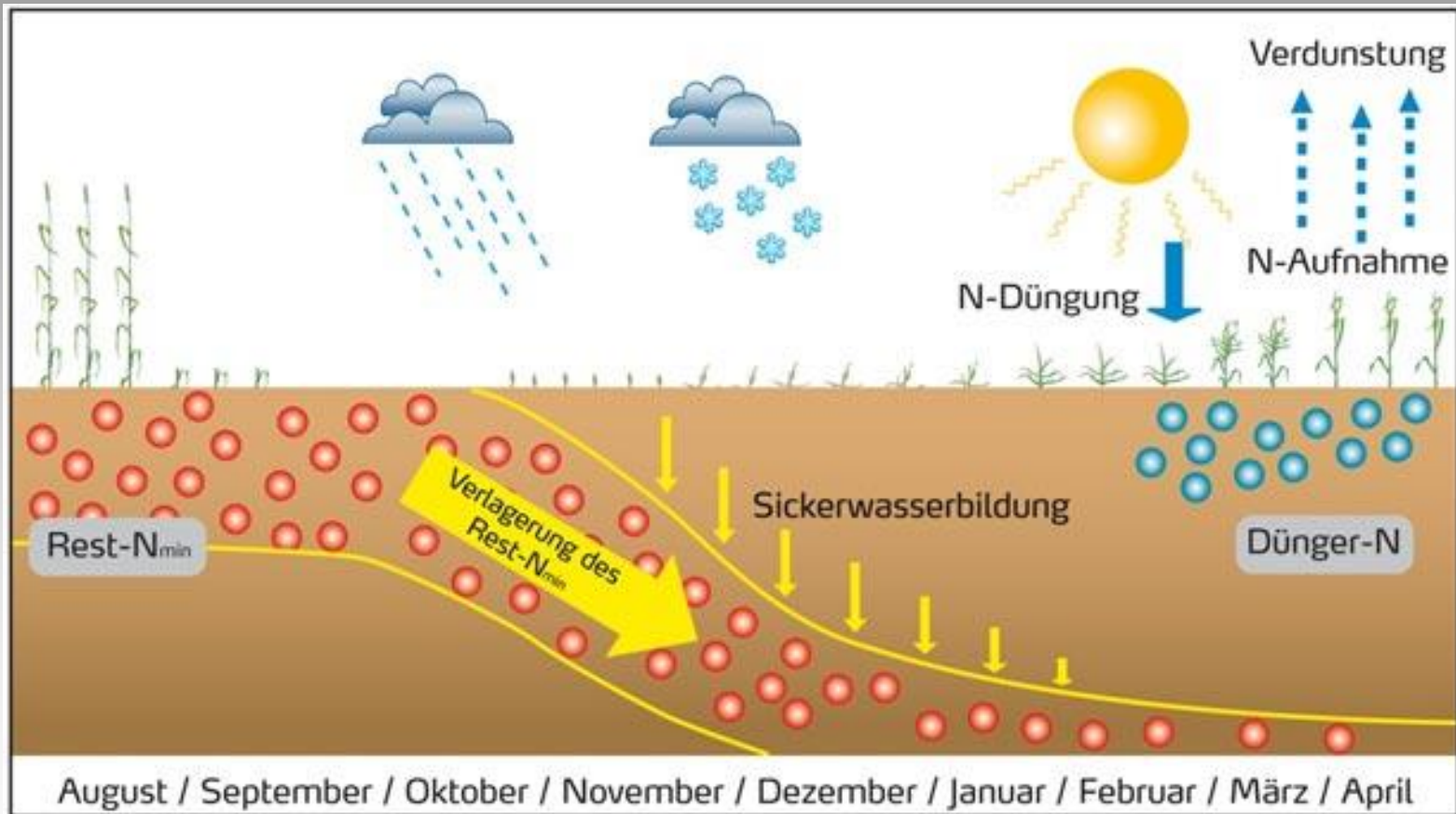
# Oberflächlicher Abtrag

## Gefördert durch

- Nicht aufnahmefähige Böden
- Starkniederschläge
- Schneeschmelze
- Hangneigung

→ Verschärfung der Düngeverordnung

# Nitratverlagerung



([www.effizientduengen.de](http://www.effizientduengen.de))

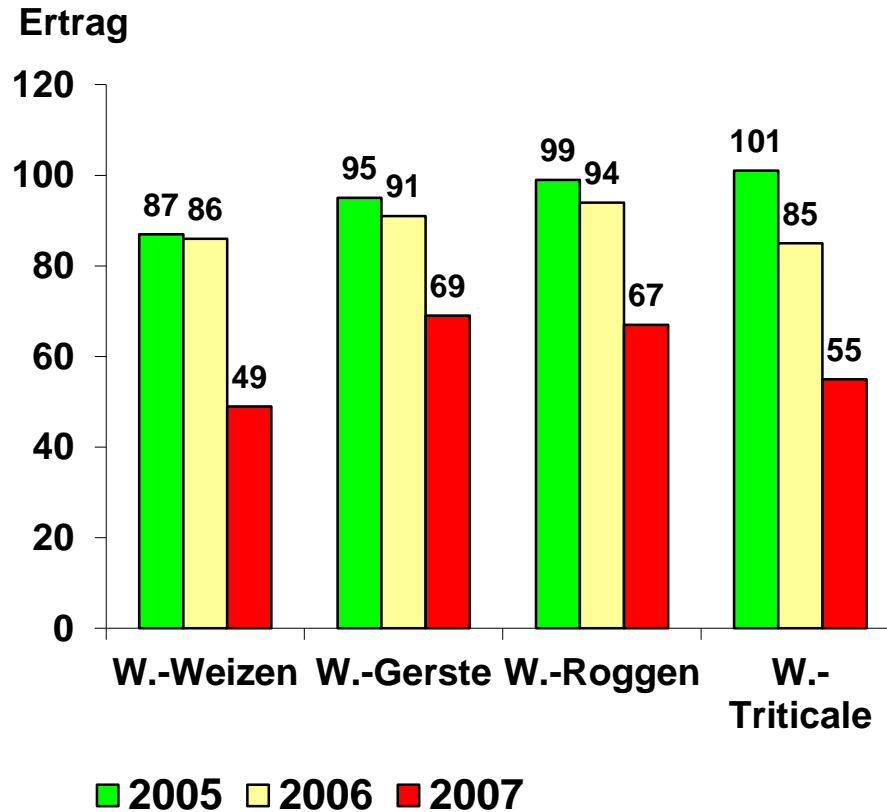
## Nitratauswaschung wird gefördert durch

- Düngung über Bedarf
- Zeitlicher Abstand zwischen Düngung und Pflanzenaufnahme
- Mineralisation zu Zeiten fehlenden Pflanzenbedarfs
- Starkniederschläge
- Geringes Wasserhaltevermögen des Bodens

## Gegenmaßnahmen

- Exakte Ertragsabschätzung
- **N-Obergrenzen**
- Optimale Applikationstermine
- Gabenteilung
- Nicht zu hoher Anteil organischer Dünger
- Sensorgestützte / teilflächenspezifische Applikation
- Nitrifikationsinhibitoren

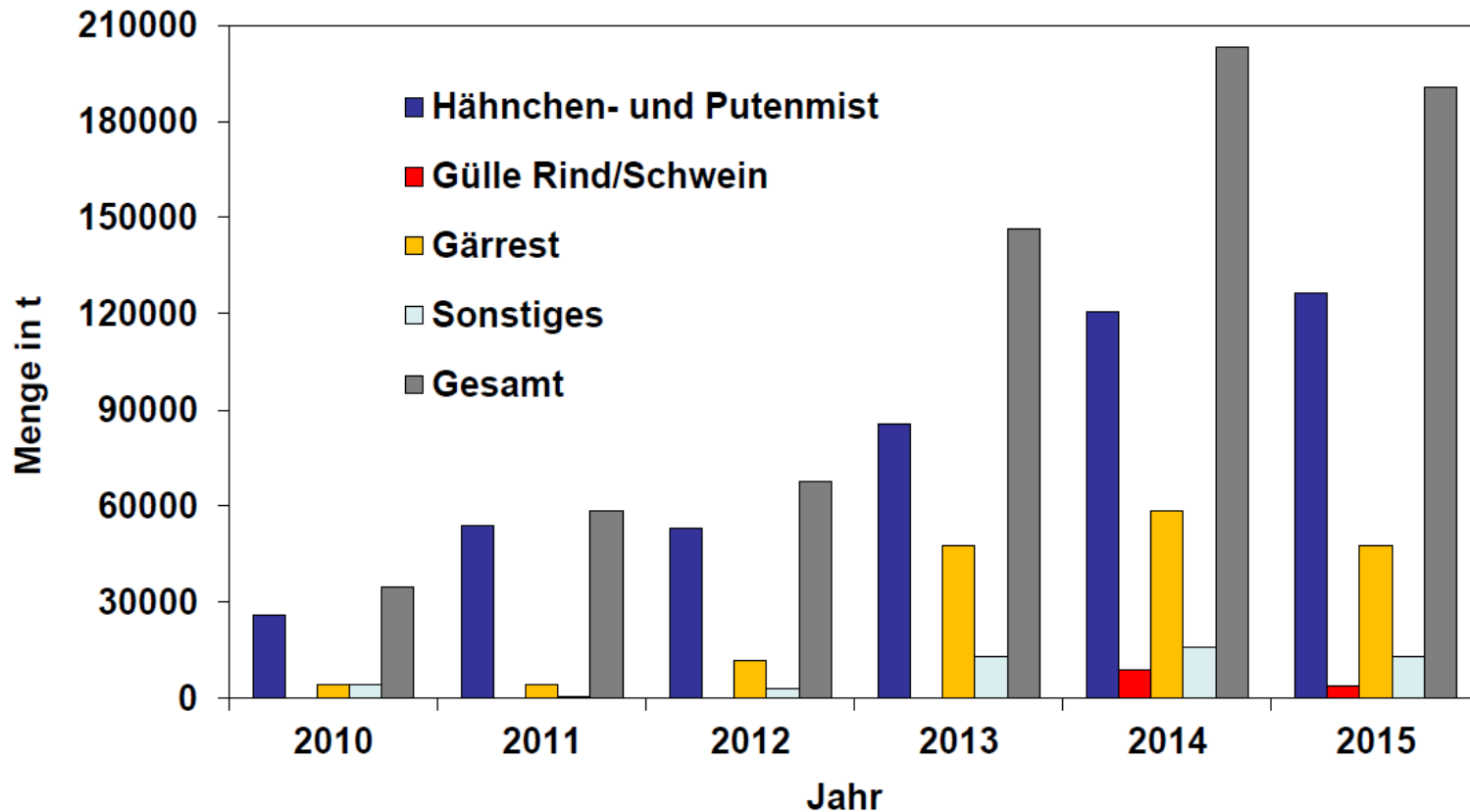
## Einfluss der Jahreswitterung auf die Erträge von Wintergetreide (Körnerartenvergleich Bernburg, Vorfrucht Winterweizen)



→ optimale Ertragsabschätzung zur Vermeidung von N-Überschüssen

# Import von Wirtschaftsdüngern nach Sachsen-Anhalt

## Einfuhrmengen seit 2010



(Wollny, MULE Sachsen-Anhalt,  
Vortragstagung Pflanzenbau aktuell 2017)

# Verzicht auf Wirtschaftsdünger?

- Mindestanrechnung bei N-Bedarfsermittlung:

N-Menge (- Ausbringungsverluste) × MDÄ

Schweinegülle: 60% im ersten+10 % im zweiten Jahr

festes Gärsubstrat: 30% im ersten+10% im zweiten Jahr

(100 kg Gülle-N -12,5% = 87,5 kg

$$87,5 \times 60\% + 87,5 \times 10\% = \mathbf{61,25\ kg}$$

- N-Bilanz:

N-Menge (- Ausbringungsverluste) × 100%!

→ **40-60 % des ausgebrachten Stickstoffs im N-Saldo?**

$$\mathbf{87,5\ kg - 61,25\ kg = 26,25\ kg}$$



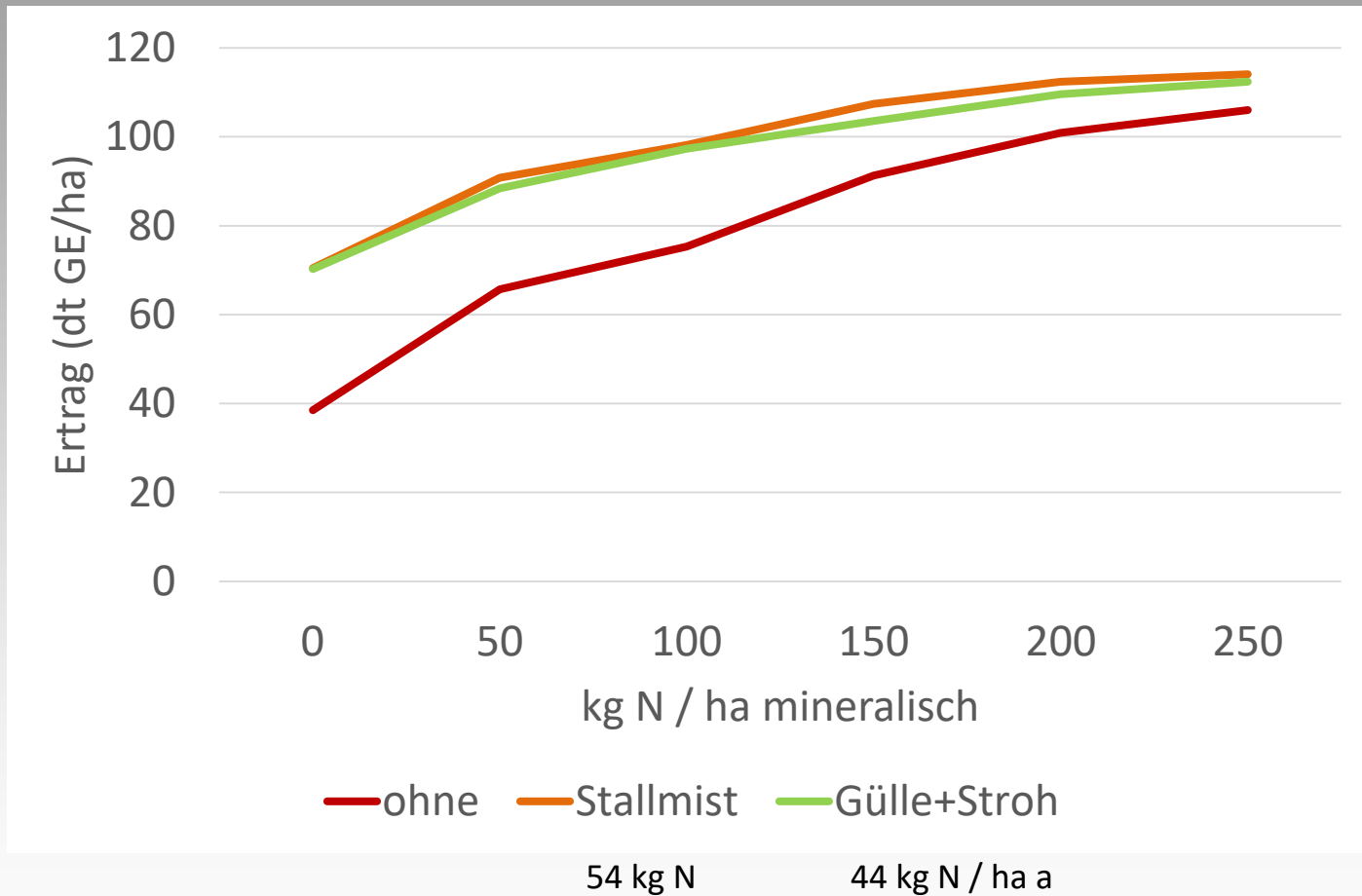
# Ist das so?

- Größere Gefahr der Nitratauswaschung durch Mineralisation zu Zeiten geringen Pflanzenbedarfs

Aber:

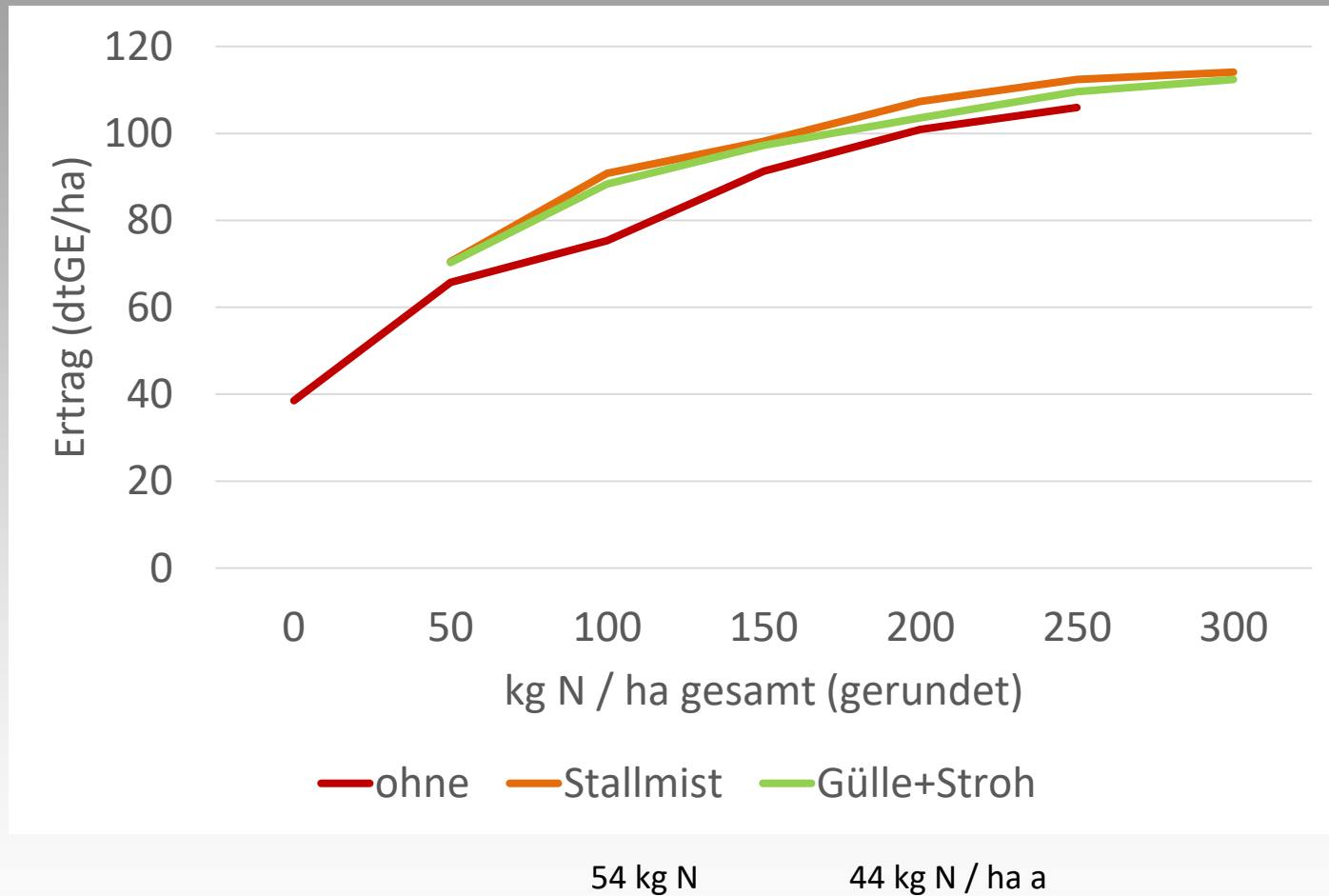
- Preisgünstige Zufuhr von Grundnährstoffen
- Positive Effekte auf Humusgehalt, Wasserhaushalt, Bodenleben
- Verbesserung der Nährstoffverfügbarkeit, insbesondere P
- Ertragsstabilisierung
- Langjährige N-Nachlieferung

# Erträge im Dauerversuch L 28 Bad Salzungen zur organisch-mineralischen Düngung (2006-2008)



Aus: Landwirtschaftsamt Bad Salzungen  
Feldversuche in Bad Salzungen 1934 - 2009

# Erträge im Dauerversuch L 28 Bad Salzungen zur organisch-mineralischen Düngung (2006-2008)



Aus: Landwirtschaftsamt Bad Salzungen  
Feldversuche in Bad Salzungen 1934 - 2009

# Ausnutzung des Stickstoffanteils (% aus Gesamt-N) im Anwendungsjahr in Abhängigkeit von Ausbringungszeit und Fruchtart bei mittleren bis guten Böden.

( ) = Ausbringung nicht empfehlenswert bzw. durch Düngeverordnung verboten

[Abgewandelt nach AID 1149, 1991] <http://www.agrarservice.de/guelle.htm>

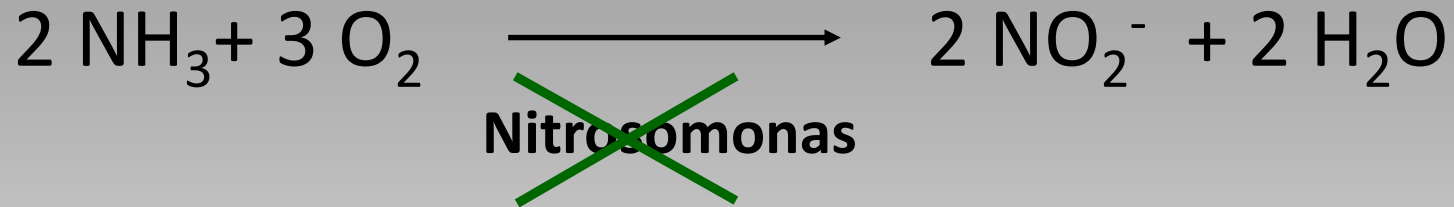
Monat	Raps	Wintergetreide	Sommergetreide	Mais Rüben Kartoffeln	Weidelgras	Zwischenfrüchte
Juli	30 %	10 %	10 %	10 %	50 %	50 %
Aug.	30 %	10 %	10 %	10 %	40 %	50 %
Sept.	--	20 %	20 %	20 %	30 %	40 %
Okt.	--	20 %	20 %	20 %	--	--
Nov.	--	(20 %)	(30 %)	(20 %)	--	--
Dez.	--	(30 %)	(30 %)	(30 %)	--	--
Jan.	--	(30 %)	(40 %)	(30 %)	--	--
Febr.	--	40 %	50 %	40 %	--	--
März	50 %	50 %	50 %	50 %	40 %	--
April	50 %	50 %	50 %	60 %	60 %	--
Mai	--	50 %	50 %	60 %	60 %	--
Juli	--	--	--	--	50 %	50 %

# Wirtschaftsdünger können N-Bilanzen erhöhen, aber Vorteile überwiegen

Vorausgesetzt:

- Moderate Mengen
- Optimale Applikationstermine
- Verlustarme Ausbringung
- Geeignete Fruchtarten

# Nitrifikation



Nitrifikationsinhibitoren → Hemmung für  
4 Wochen bis 3 Monate



# Denitrifikation



Fakultativ anaerobe Bakterien wie  
*Pseudomonas, Alcaligenes* u.a.

## Begünstigt durch

- Bodenverdichtungen
- Hohe Wassersättigung
- Wurzelatmung
- Hohe Nitratgehalte

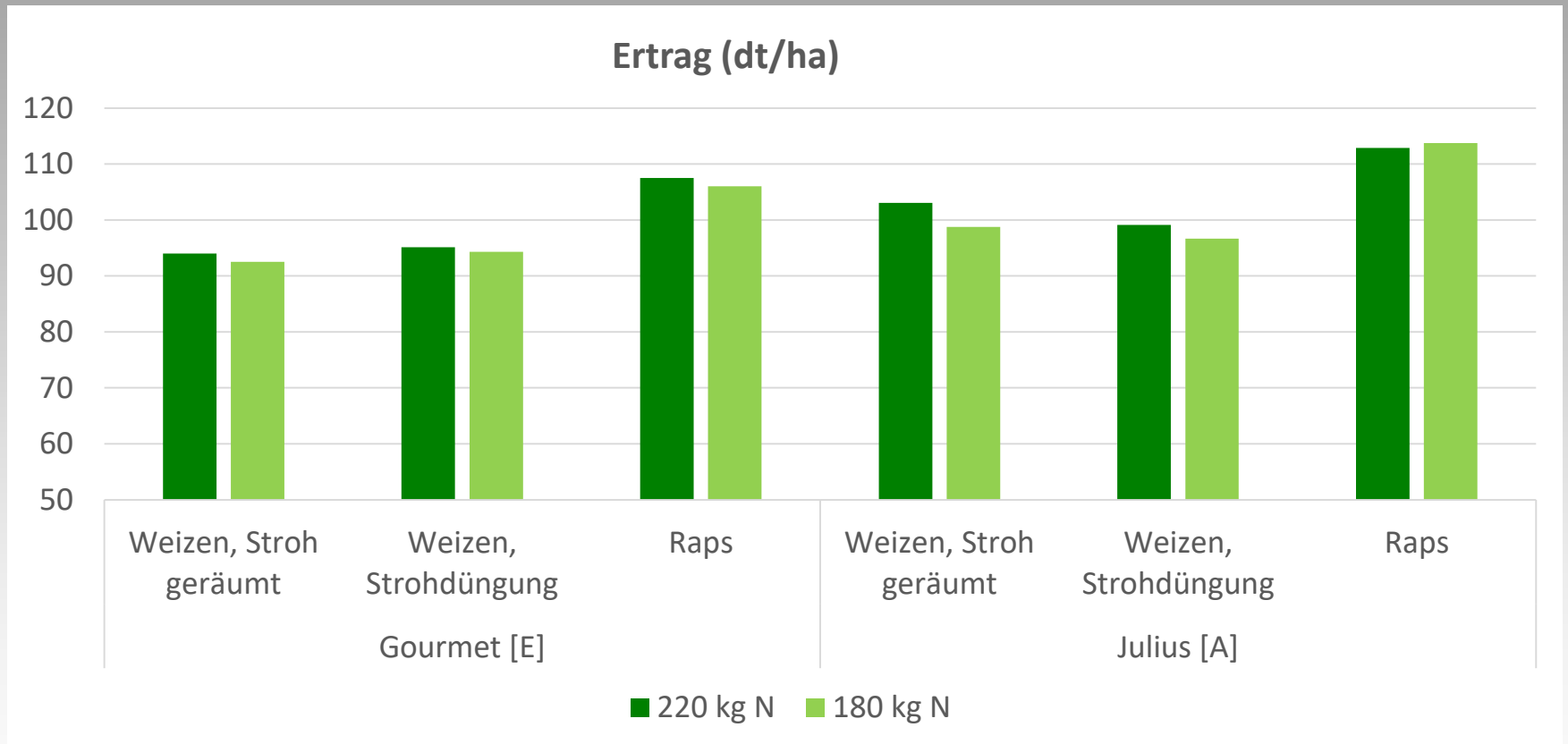
## Reduziert durch

- Optimale Bodenbearbeitung
- Drainage
- Nitrifikationsinhibitoren

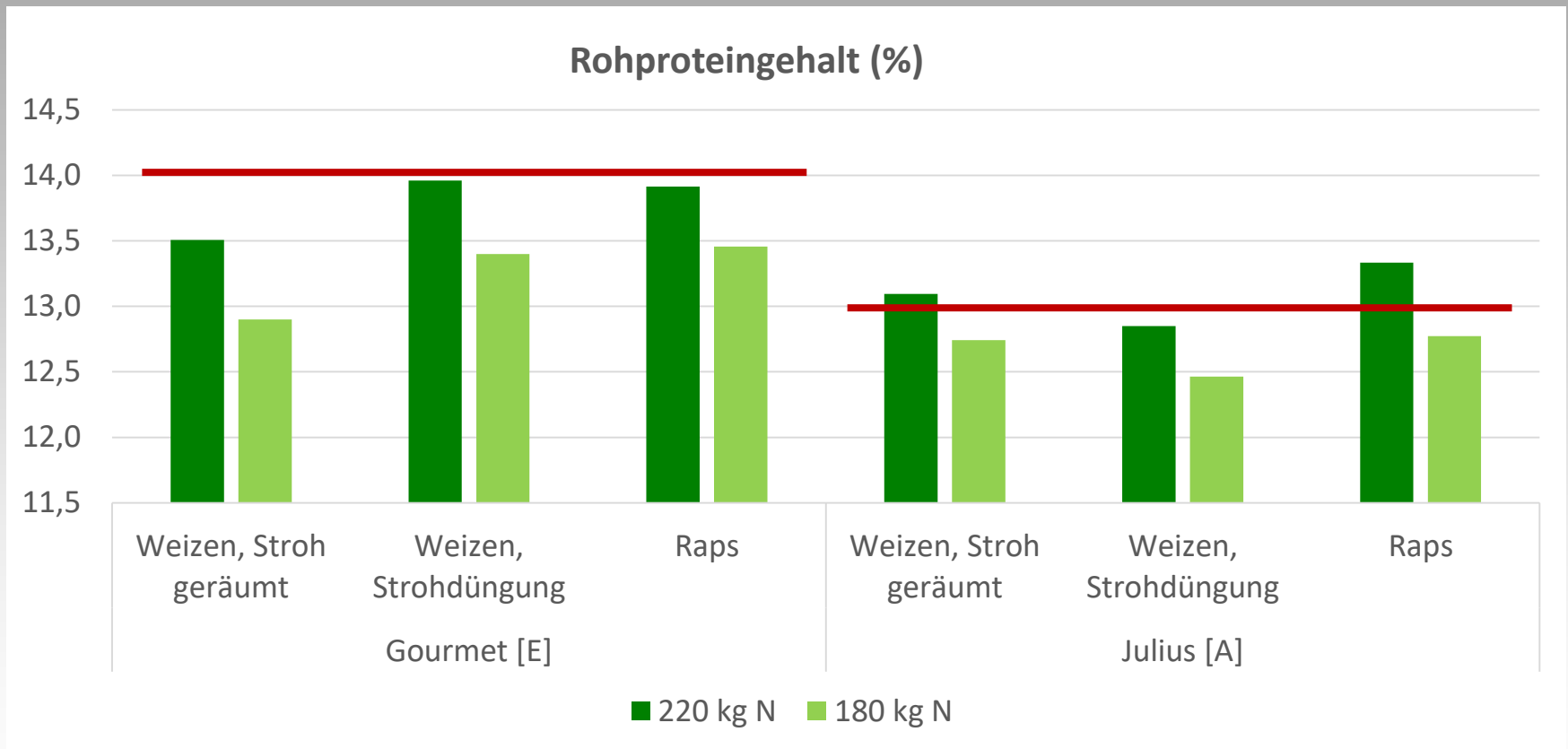
**Wie wirkt sich reduzierte N-Düngung  
(standortbezogene Obergrenzen) auf  
die N-Bilanzen aus?**



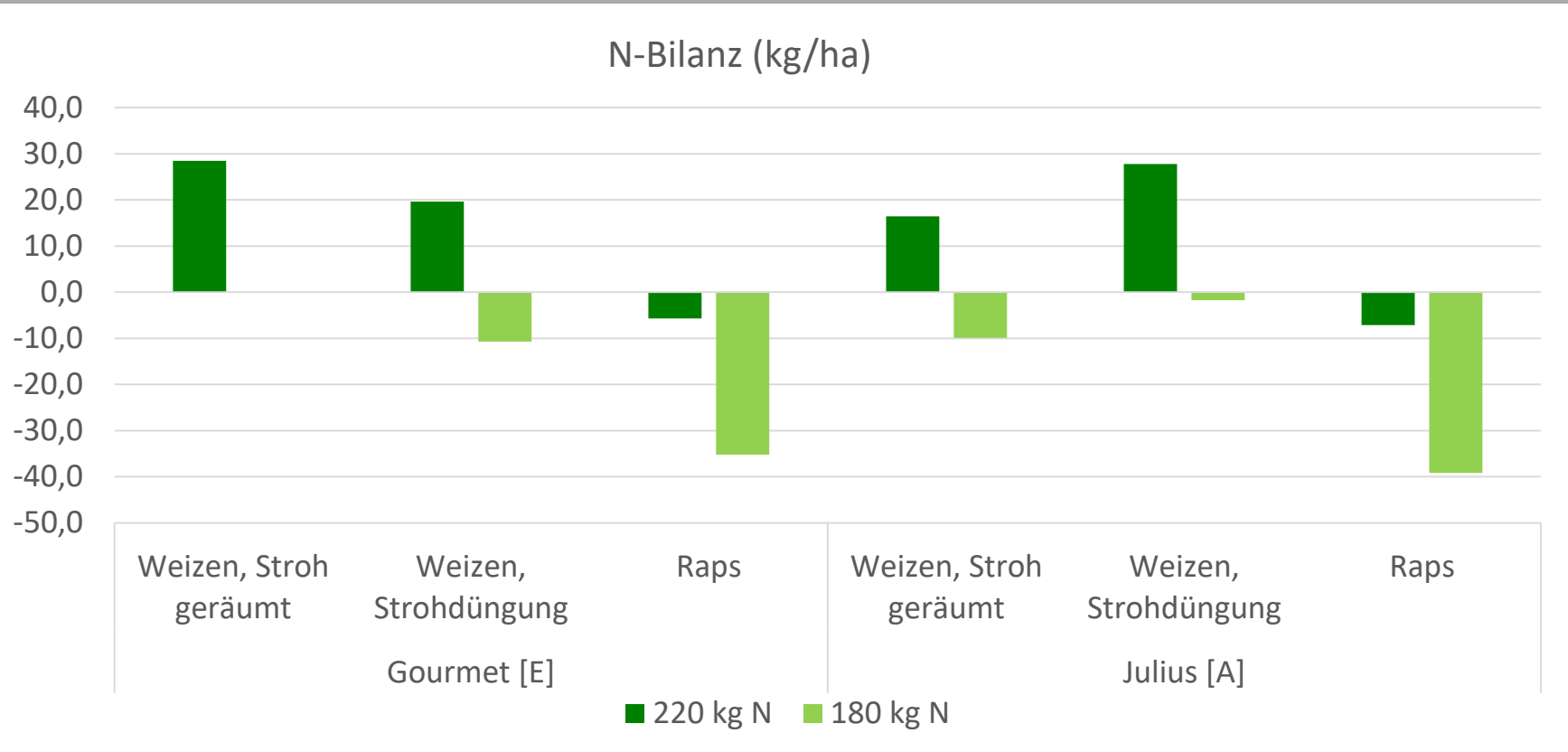
# Einfluss reduzierter N-Düngung im Anbau von E- und A-Weizen nach verschiedenen Vorfrüchten Bernburg, Mittel 2014-2016



# Einfluss reduzierter N-Düngung im Anbau von E- und A-Weizen nach verschiedenen Vorfrüchten Bernburg, Mittel 2014-2016



# Einfluss reduzierter N-Düngung im Anbau von E- und A-Weizen nach verschiedenen Vorfrüchten Bernburg, Mittel 2014-2016

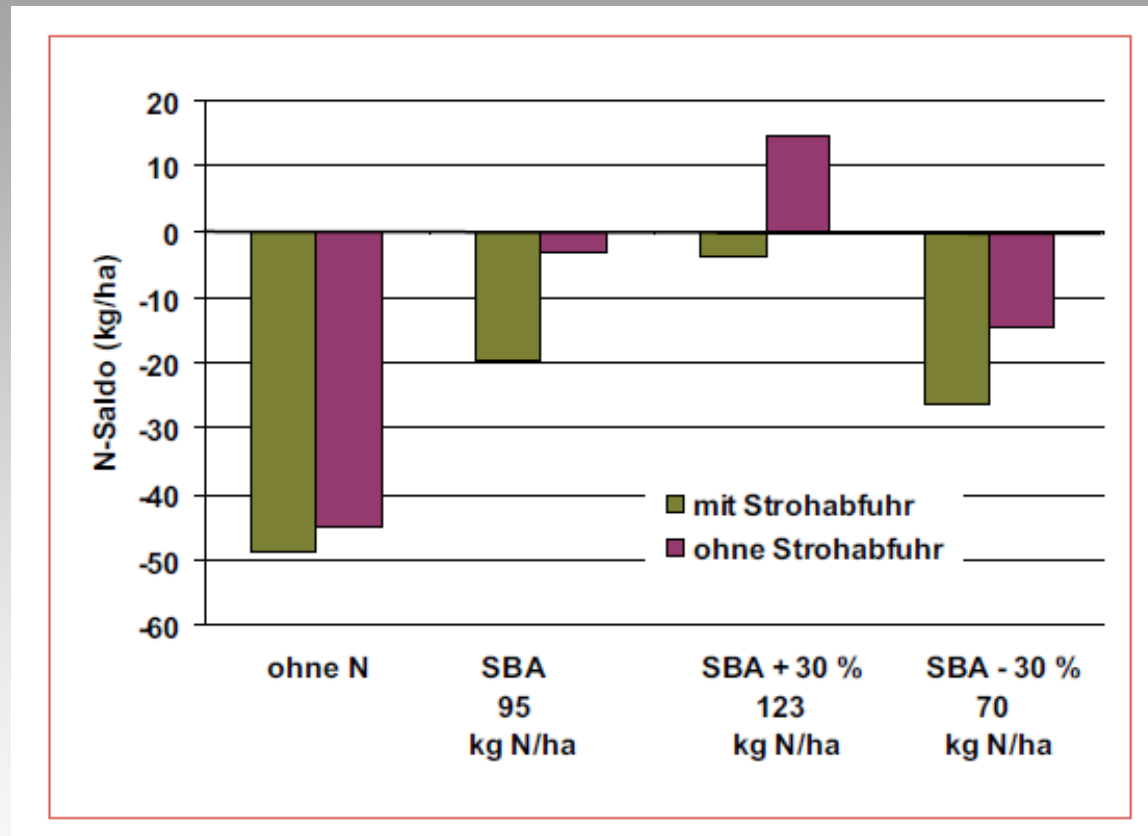


# Einfluss reduzierter N-Düngung im Anbau von E- und A-Weizen nach verschiedenen Vorfrüchten Bernburg, Mittel 2014-2016

- 1-2 dt / ha niedrigere Erträge bei reduzierter N-Düngung
- Nach Raps 12-16% höhere Erträge als Stoppelweizen
- 0,4-0,6 % niedrigere Rohproteingehalte absolut bei reduzierter Düngung → Qualitätsstufe wird nicht erreicht
- 40 kg niedrigere N-Düngung führte zu 30 kg niedrigeren N-Bilanzen
- Niedrigste N-Bilanzen nach Winterraps durch hohe N-Nachlieferung

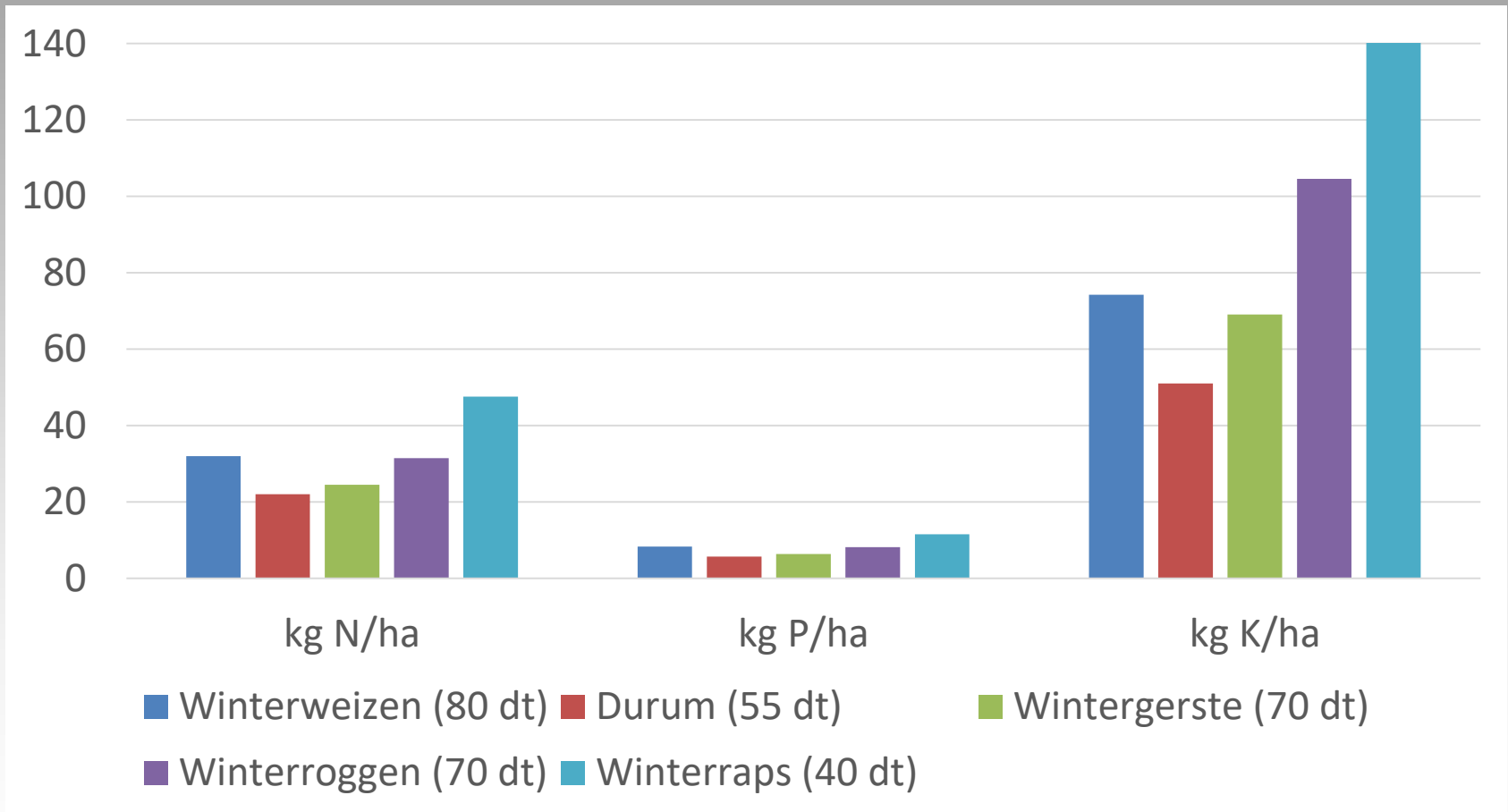
# Was bringt eine Strohabfuhr?

# Mittlere N-Salden (mit und ohne Strohabfuhr) im statischen N-Düngungsversuch Bad Salzungen (1994 bis 2008)

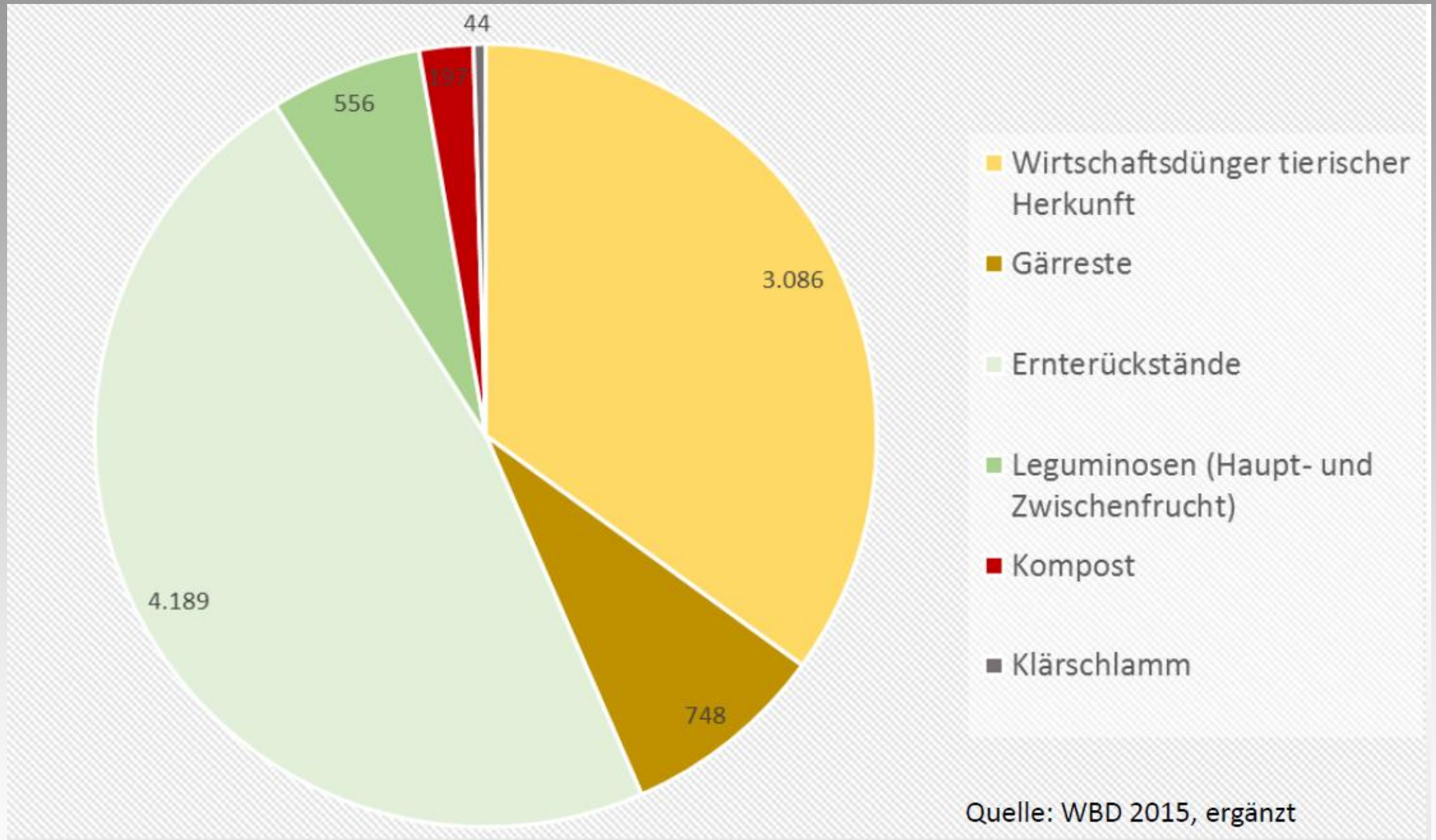


Aus: Landwirtschaftsamt Bad Salzungen  
Feldversuche in Bad Salzungen 1934 - 2009

# Nährstoffgehalte im Stroh bei Durchschnittserträgen nach DüV



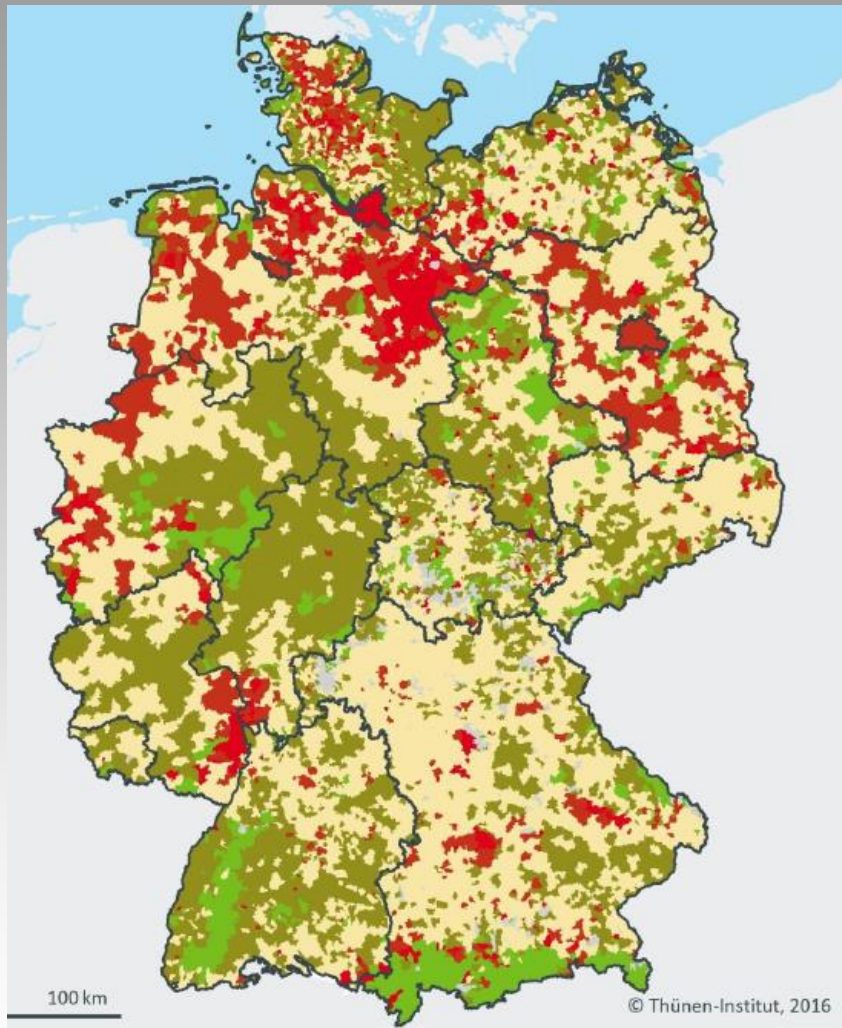
# Beitrag verschiedener organischer Dünger und Reststoffe zur Humusreproduktion



(Osterburg, DLG-Kolloquium 2016)



# Schätzung der Humusbilanz nach VDLUFA-Methode auf Gemeindeebene



- Humusdefizite in Regionen mit viel Hackfrüchten, Feldgemüse, Mais und Biogas
- Optionen: Nicht mehr organische Dünger, sondern andere Fruchtfolge und mehr Ernterückstände

Quelle: Osterburg et al., 2016

(Osterburg, DLG-Kolloquium 2016)

**Lassen sich bei geringerer  
Ertragserwartung wegen reduzierter N-  
Düngung an anderer Stelle Kosten  
sparen?**

# Kali-Dauerdüngungsversuch 2016

## Zuckerrüben am 25. August, 8.00 Uhr



**ohne Kali**



**50%**



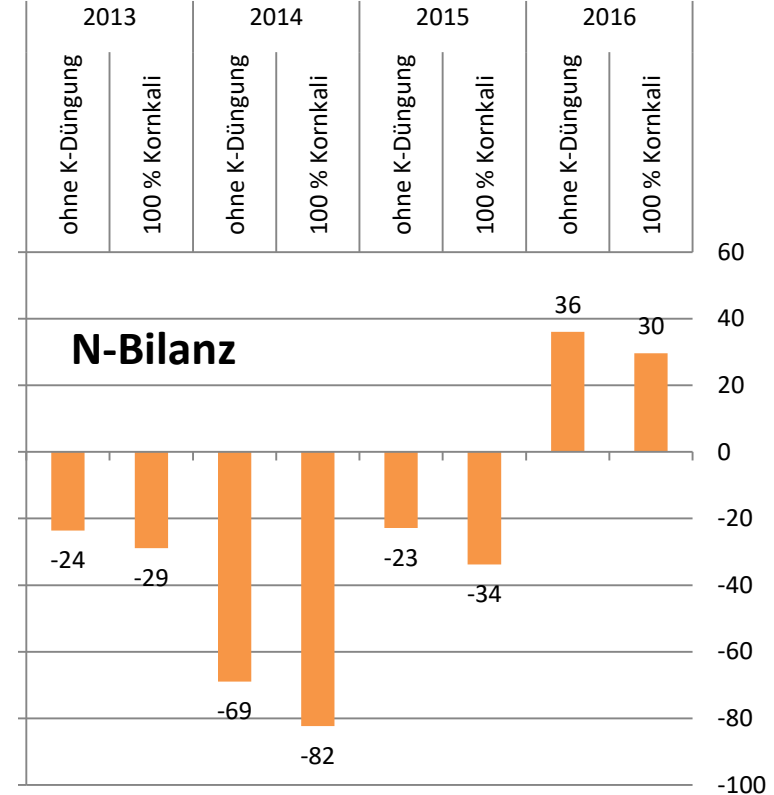
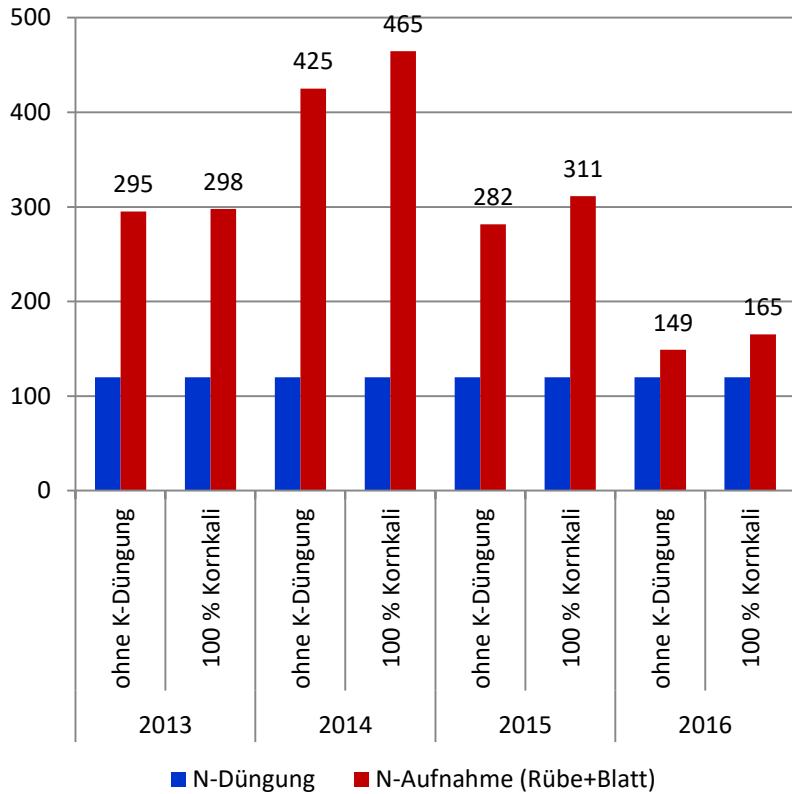
**100%**



**150%**

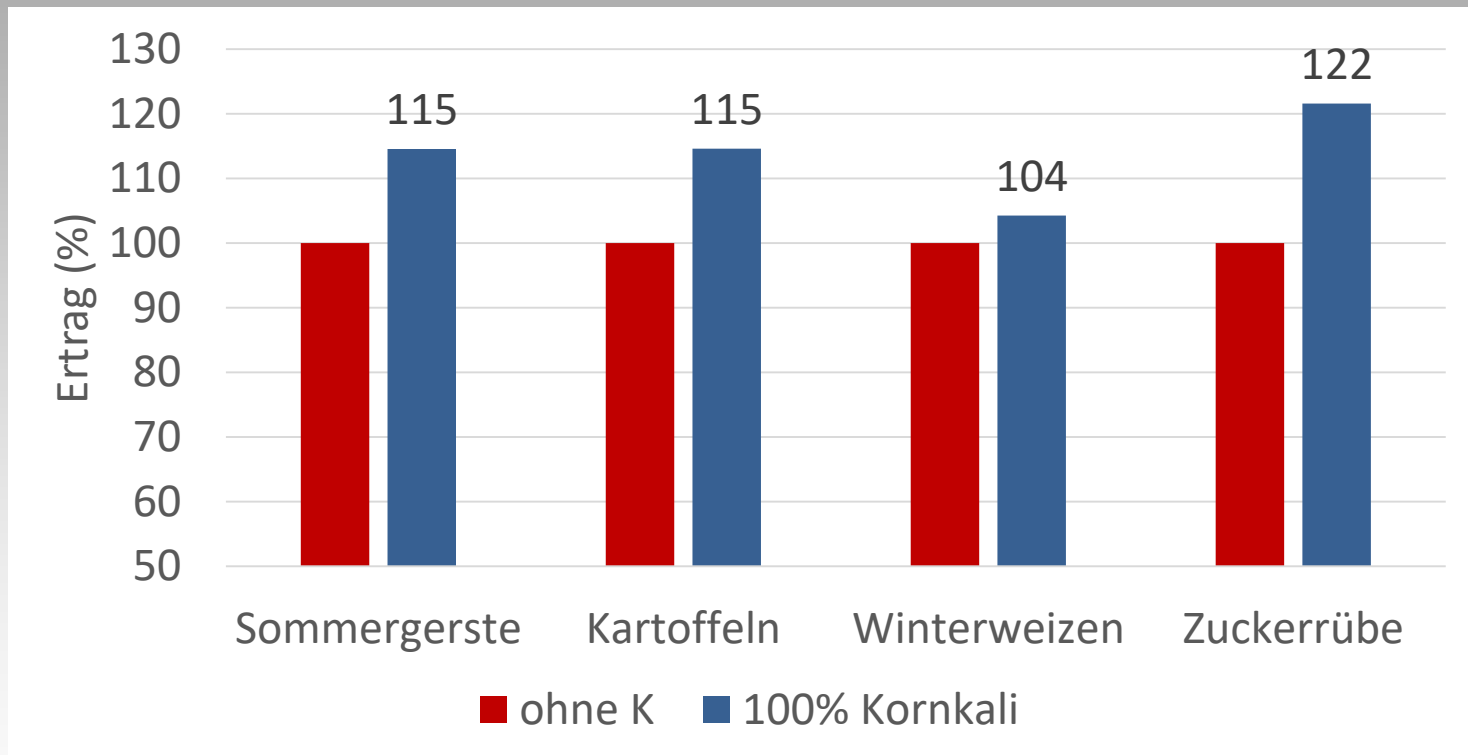
**des Pflanzenentzuges als Kornkali**

# Zuckerrübe

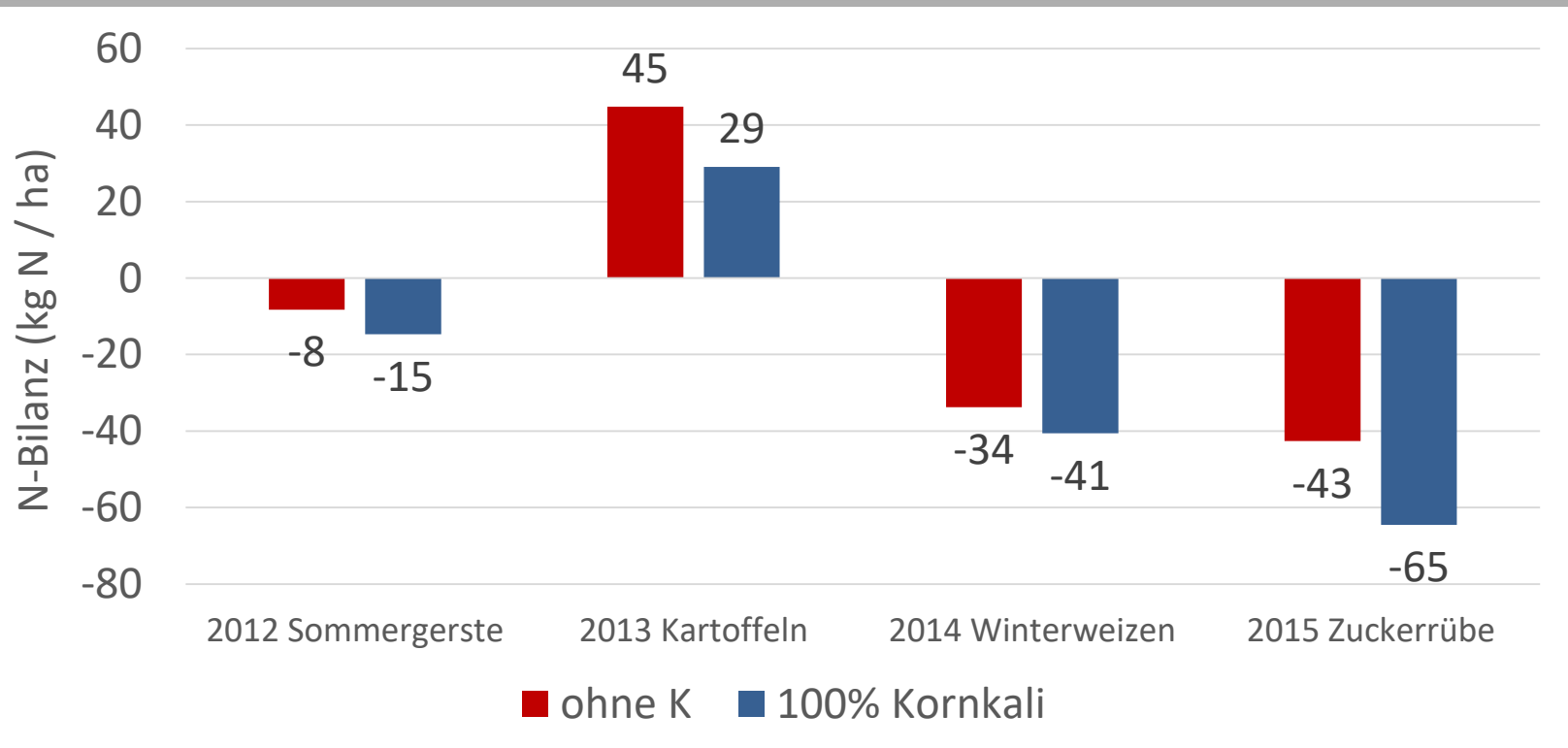


N-Aufnahme und N-Bilanz bei Zuckerrüben in Abhängigkeit von der K-Versorgung, Bernburg/Strenzfeld 2013-16

## Erträge im Kali-Dauerdüngungsversuch Cunnersdorf, Mittel aus 19 Versuchsjahren



## N-Bilanzen im Kali-Dauerdüngungsversuch Cunnersdorf, 2012-2015



# Zusätzliche P-Unterfußdüngung zu Mais (20 kg P als DAP)



**Mais, Versuch Westerfeld, 8.6.12**  
**Kornertrag: 101,4 dt / ha (-20 kg N/ha)**



**100 kg DAP / ha Unterfußdüngung**  
**110,7 dt/ha (-33 kg N/ha)**

# Stellschrauben zur Optimierung der N-Ausnutzung

- Exakte, (teil-)flächenspezifische Bedarfsermittlung
- Optimale Applikationstechnik
- Ureaseinhibitoren, Nitrifikationsinhibitoren
- Fruchtfolgegestaltung, Sortenwahl, Strohmanagement
- Bedarfsgerechte Grundnährstoffversorgung
- Moderater Anteil organischer N-Quellen
- Konsequente Gesunderhaltung der Bestände





Vielen Dank!