

Gliederung

1. Einleitung

2. Rechtliche Vorgaben und Verordnungen

1. Düngegesetz, Düngemittelverordnung, Düngeverordnung,...

1. Ermittlung des Düngebedarfs als Grundlage der Düngung

2. Regeln zur Ausbringung insbes. org. Dünger

3. Nährstoffbilanzierung als Beleg für effizientes Düngen

3. Düngemittel gruppiert nach Nährstoffen (Ca/Kalk, N, P, ~~K~~, ~~S~~, ~~Mg~~, ~~SE~~)

1. Wichtige Düngemittel

2. Bedeutung der Nährstoffform

3. Wirkungen neben der direkten Nährstoffwirkung

4. Anwendung

4. Besonderheiten von Organischen Düngern und ihrer Anwendung

Fragenliste 1 – Kapitel 4

1. Warum ist es ein Fehler organische Dünger nur mit dem Blick auf die N-Düngung zu betrachten?
2. Die N-Düngewirkung der organischen Dünger ist verschieden. Anhand welcher Kenngröße kann die mögliche kurzfristige N-Düngewirkung eingeschätzt werden?
3. Welche N-Formen werden mit organischen Düngern ausgebracht?
4. Enthalten organische Dünger Nitrat? Begründen Sie ihre Meinung!
5. Wenn Sie das Ranking der organischen Dünger bzgl. ihrer kurzfristigen N-Düngewirkung betrachten, können Sie Charakteristika ableiten, die das Ranking stark beeinflussen. Welche Eigenschaft dominiert die Ausbildung der kurzfristigen Wirkungsdifferenzierung und begründen Sie warum?
6. Warum erhöht sich das MDÄ eines organischen Düngers mit der Regelmäßigkeit seiner Anwendung?
7. N-Verluste werden stetig in Verbindung mit organischen Düngern diskutiert. Um welche Art von Verlusten geht es? Wo und wann entstehen diese? Welche Möglichkeiten bestehen im Pflanzenbau diese Verluste zu verringern?
8. Sehen Sie aus der Sicht des Landwirtes einen Vorteil in der Reduktion der N-Verluste während der Anwendung organischer Dünger im Feld? Begründen Sie Ihre Antwort!
9. Welche Faktoren bestimmen die N-Verluste aus einer Gülledüngung? Welche sind besonders wichtig? Skizzieren Sie die Bedingungen, die die Verluste maximieren und begründen Sie die Wirkung der Faktoren.
10. Sie verteilen Ihre Gülle auf eine frisch mit Branntkalk gedüngte Fläche, damit sich der Branntkalk schnell umsetzt. Was halten Sie davon?
11. *Wie lässt sich selbst beim Einsatz jeder Gülleausbringtechnik der N-Verlust vermindern? Begründen Sie Ihre Vorschläge.
15. Welchen Verlustpfaden kann N, der als Nitrat im Boden vorliegt unterliegen? Begründen Sie kurz welche Randbedingungen die unterschiedlichen Wege beeinflussen.
16. Wenn die Zeitung wieder titelt: „Güllenitrat verseucht unser Grundwasser“, was ist daran sachlich falsch, warum mag der „Kurzschluss“ der Aussage trotzdem zutreffen?
17. Wie lassen sich Verluste aus der Nitratfraktion minimieren?
18. *Welche Bodeneigenschaften befördern Verluste aus der Nitratfraktion? Begründen Sie kurz auf welchem Wege diese Wirkung eintritt (denken Sie an die Prozesse!).

Definitionen für organische Dünger

Wirtschaftsdünger sind Düngemittel aus der Landwirtschaft

a) tierische Ausscheidungen oder

Festmist: tierische Ausscheidungen und pflanzliches Material, TS-Gehalt >15%

Gülle: tierische Ausscheidungen mit geringen Mengen pflanzlichen Materials oder mit Zugabe von Wasser, TS-Gehalt <15%

Jauche: Gemisch aus Harn und feinen Bestandteilen des Kotes/ der Einstreu sowie von geringen Mengen an Wasser

b) pflanzliche Stoffe nach aerober/anaerober Behandlung

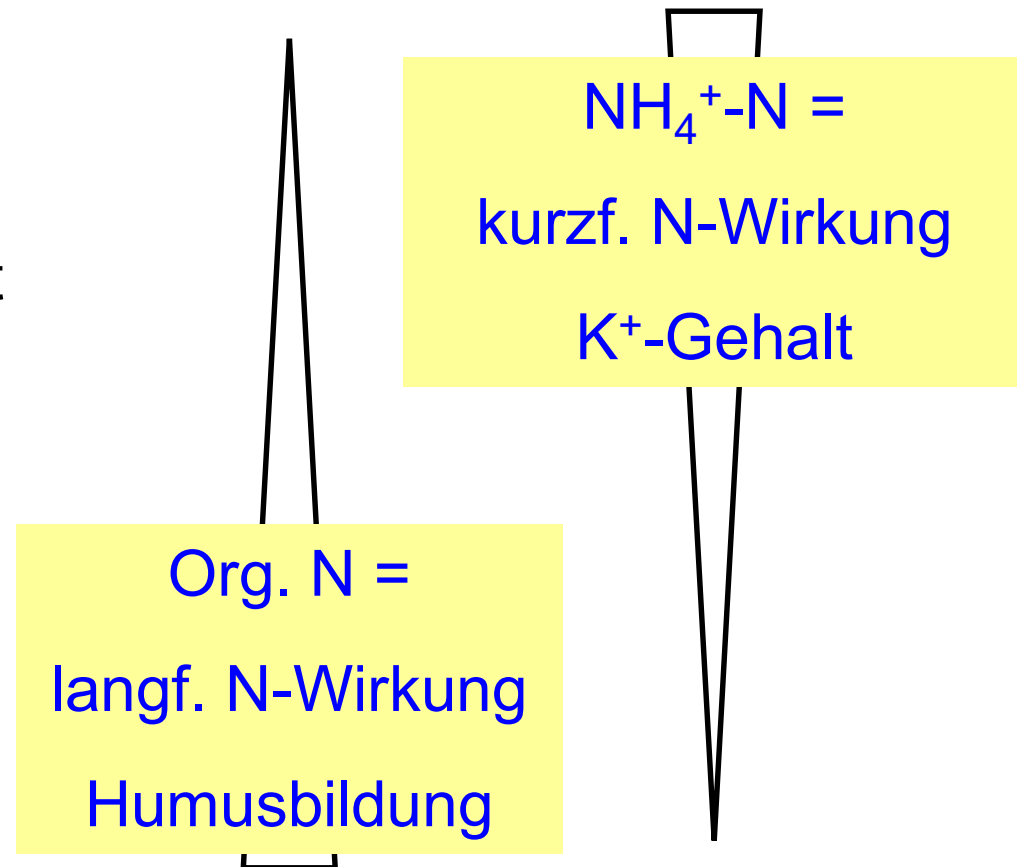
Sekundärrohstoffdünger kommen von außerhalb der LW:

Klärschlamm, Kartoffelschlempe, BAK, ...

Organische N-Dünger, Beispiele

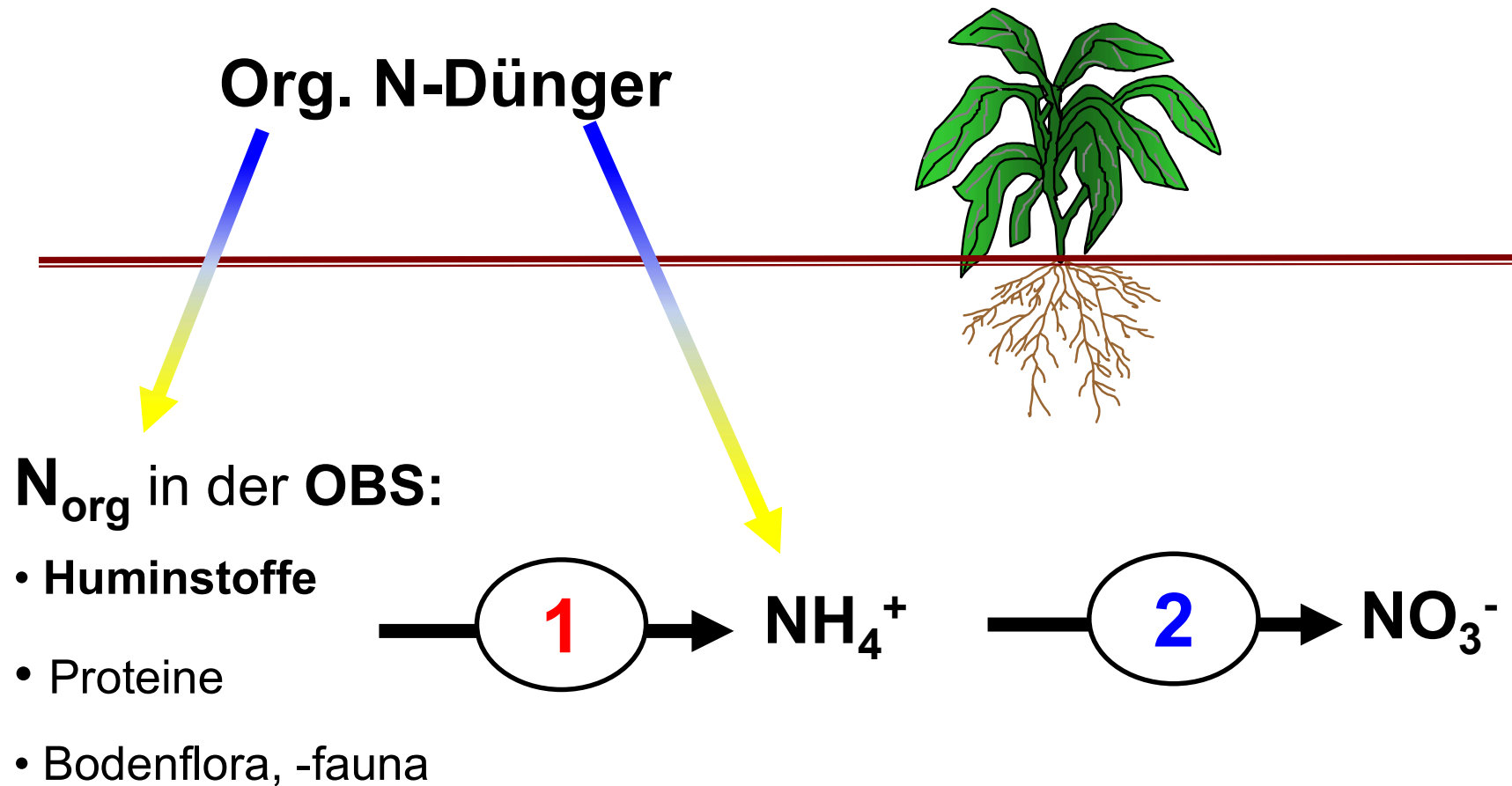
Mehrnährstoffdünger

- » Jauche
- » Gülle
- » Klärschlamm
- » Gärrest, Flüssigseparat
- » Gärrest, normal
- » Gärrest, Festseparat
- » Stallmist
- » Mistkompost
- » Kompost
- » ...



Wie wirken organische Dünger auf N-Aufnahme und Ertragsbildung?

Wie entsteht die N-Wirkung org. N-Dünger?



Was passiert mit org. N-Düngern?

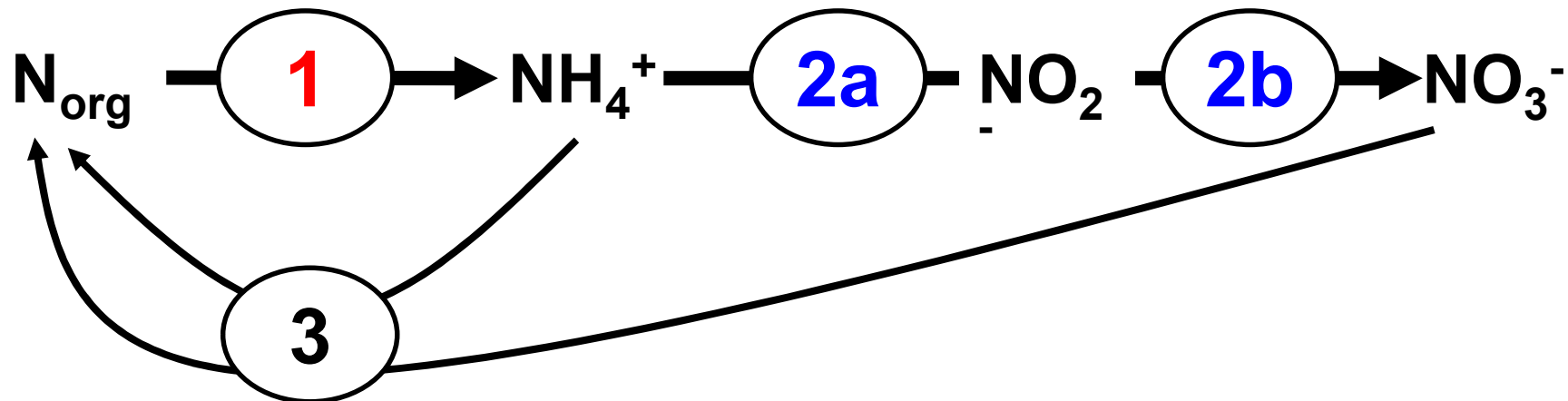
N-Umsatz im Boden:

1. Mineralisation

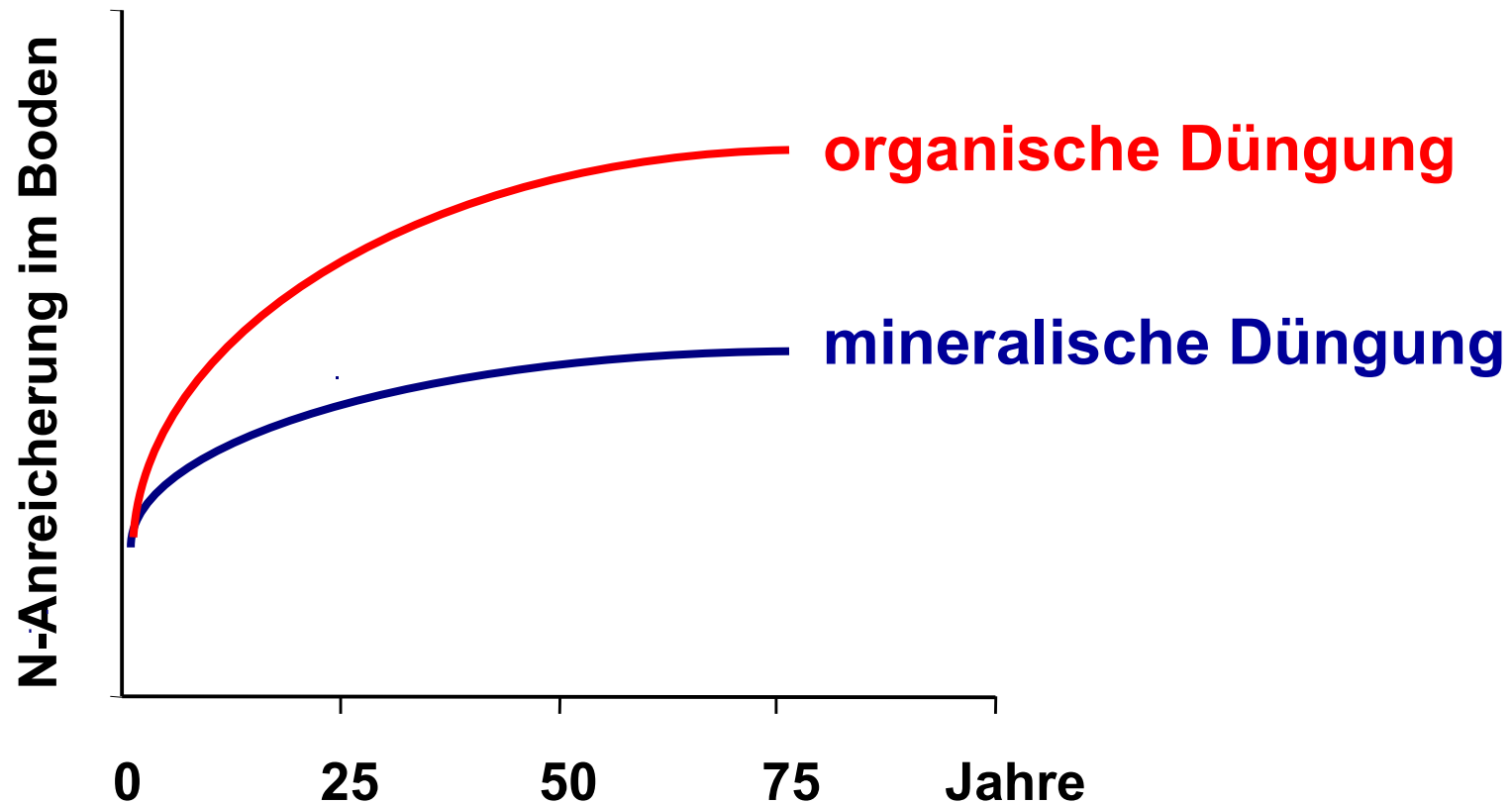
2. Nitrifikation

3. Immobilisierung

Nettomineralisation (=1-3):
1 bis 3(5)% des N_{org} pro Jahr

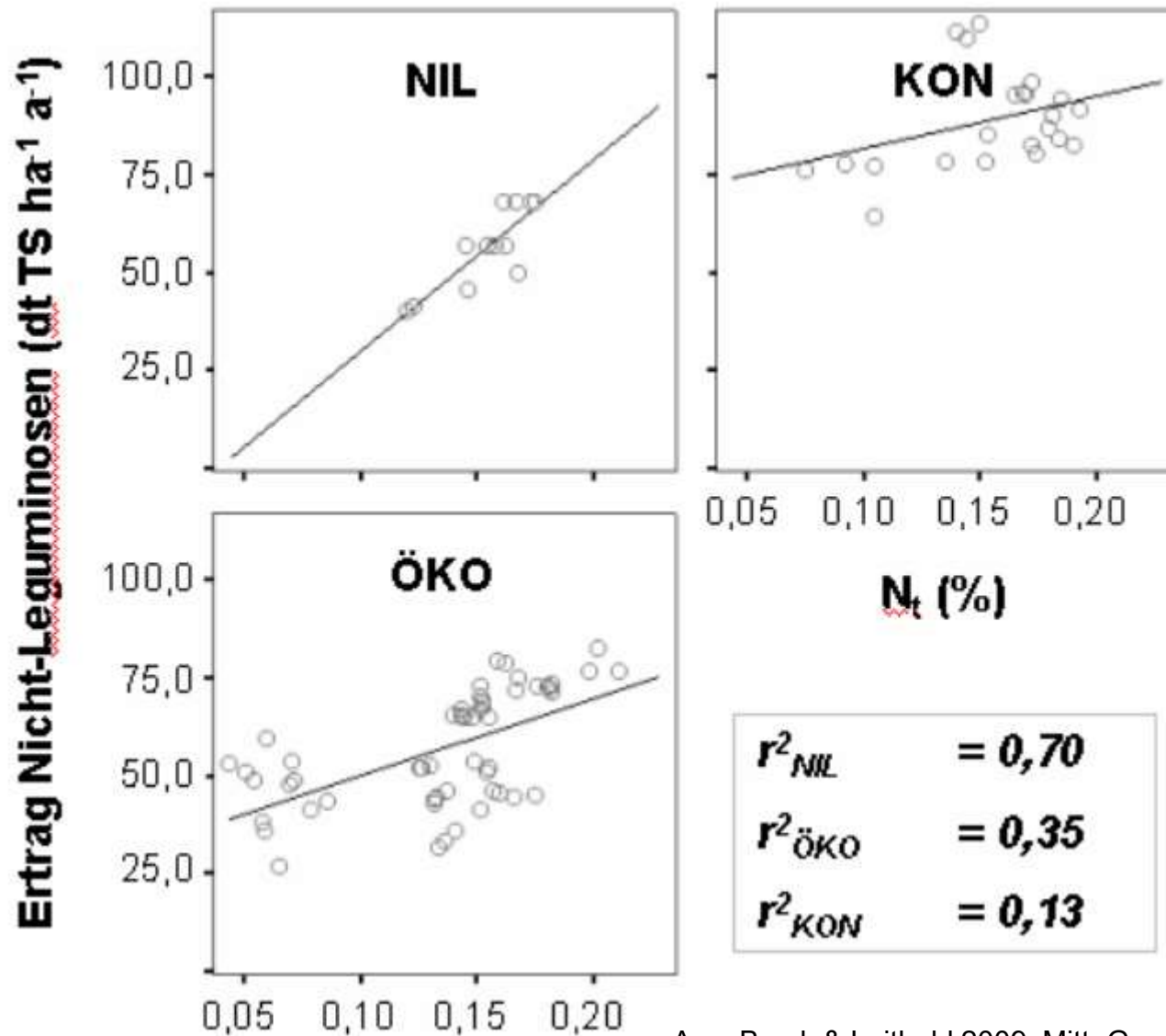


Folge: Aufbau von N_{org} im Boden ist $f(\text{Zeit})$



nach Gutser, 1998

Folge: N_{org} im Boden bestimmt den TM-Ertrag



Aus: Brock & Leithold 2009, Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 21, 27-28

Wirkung beschrieben über MÄQ (Mineraldüngeräquivalent)

Die Menge an N aus Mineraldünger, die durch den Einsatz des jeweiligen organischen Düngers ersetzt werden kann – meist vor dem Hintergrund der sofortigen, d.h. in der aktuellen Vegetation erzielbaren N-Düngewirkung.

D.h. z.B. 70 kg MÄQ bedeutet, dass der organische Dünger den Einsatz von 70 kg mineral. N erspart.

Oftmals im Vergleich zur Mineraldüngung als Prozentzahl ausgedrückt. 70% MÄQ bedeutet das 70% des N im Dünger wie ein mineralischer N-Dünger mit derselben Menge an N wirken.

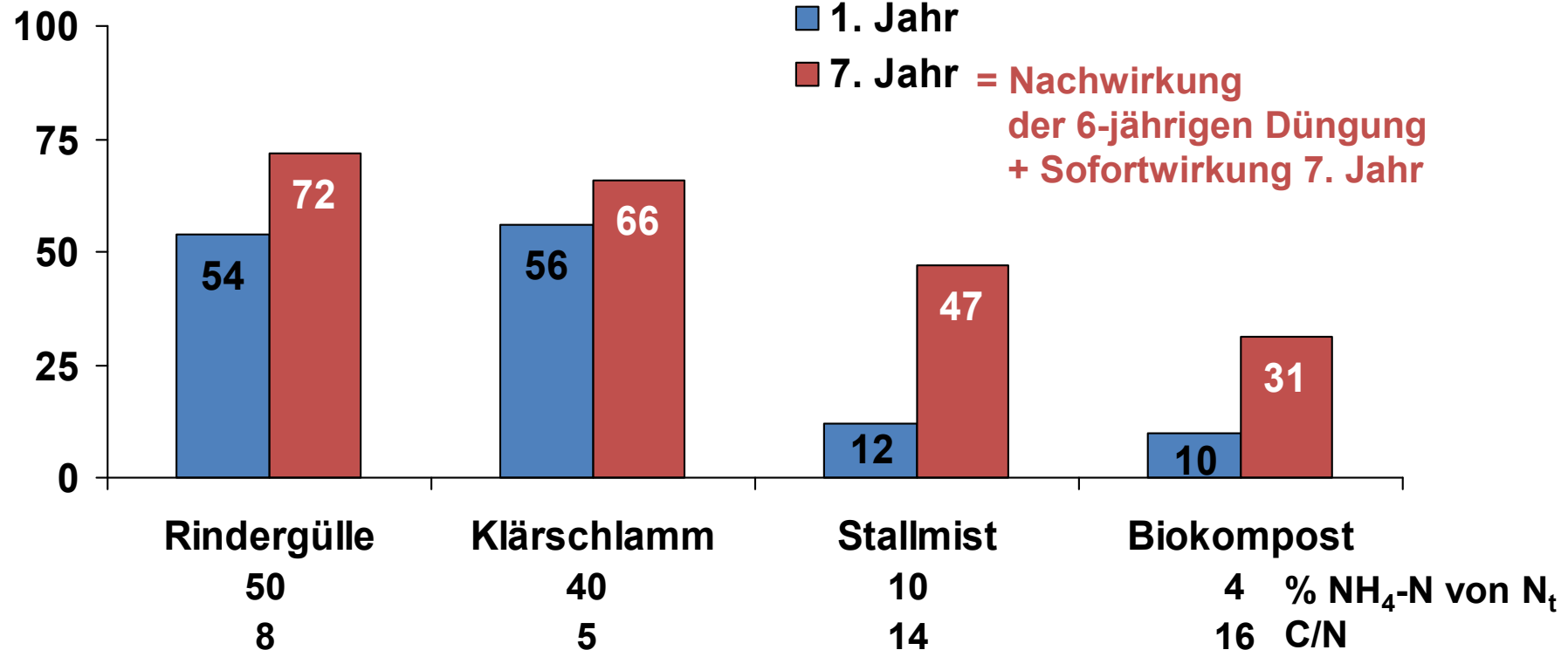
MDÄ heißt nicht!, dass.....:

1. ... der Mineraldünger zu 100% ausgenutzt würde
2. ... im organischen Dünger im obigen Beispiel nur 70 kg Gesamt-N (N_t) stecken – es sind auf jeden Fall mehr!

Mineraldünger-Äquivalente organischer Dünger nach kurz- und langfristiger Anwendung

jährliche Düngung: 750 mg Gesamt-N/Gefäß

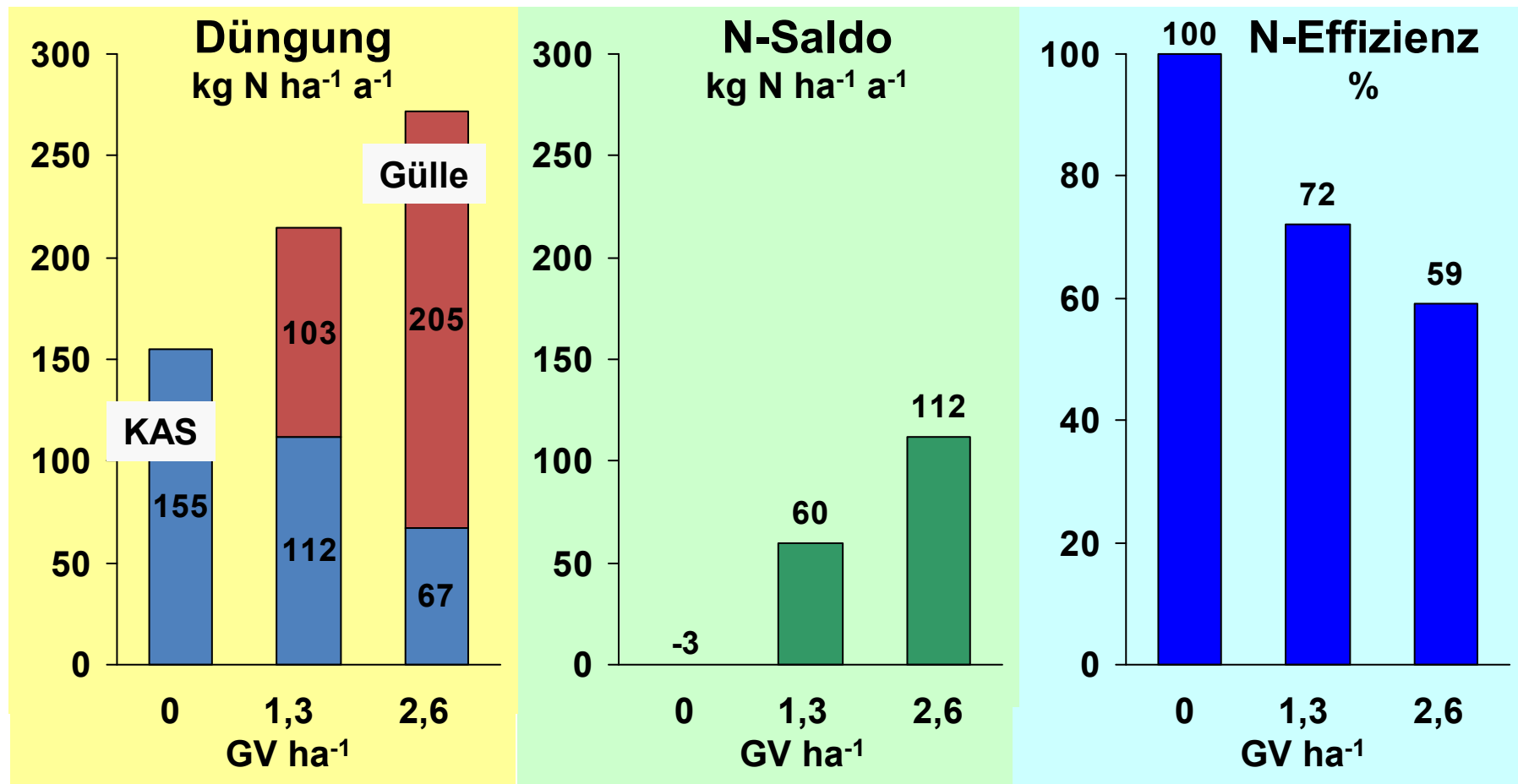
Mineraldünger-
Äquivalent
%



Aus: Gutser et al., 2005

Langzeitfeldversuch zur N-Effizienz von Rindergülle (11 Jahre)

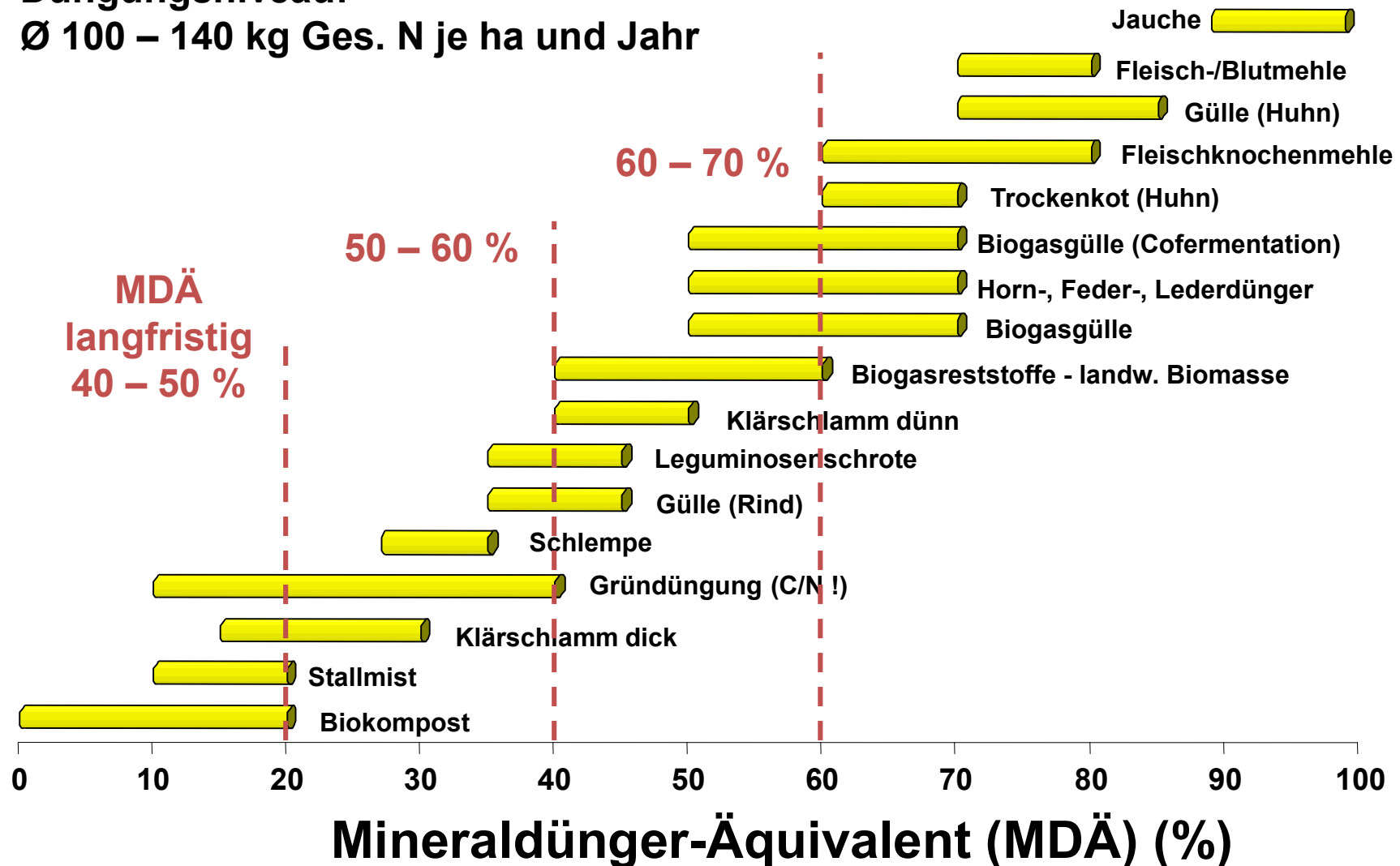
Mineraldünger (KAS) / Gülle – Kombinationen zur Erzielung gleicher N-Abfuhr über Ernteprodukte (SiMais – WiWeizen – WiGerste): 155 – 160 kg N ha⁻¹ a⁻¹



N-Verfügbarkeit organischer Düngerstoffe im Jahr der Anwendung (Basis: MDÄ (%))

Düngungsniveau:

Ø 100 – 140 kg Ges. N je ha und Jahr



IOSDV: Internationaler organischer Stickstoffdauerversuch der LfL

Standortbeschreibung:

Ort:	Puch
Landkreis:	Fürstenfeldbruck
Landschaft:	Altmoräne des Loisach-Ammergletschers
Ø Jahresniederschläge:	875 mm
Ø Jahrestemperatur:	8,8°C
Bodentyp:	Tiefgründige Parabraunerde
Bodenart:	uL
Gestein:	Lößlehm über Reißmoräne
Durchwurzelungstiefe:	ca. 100 cm
Ackerzahl:	66

Profilbeschreibung:

Horizont	Tiefe	Bodenart
A _p	0 - 25 cm	schluffiger Lehm (uL)
A _l B _v	25 - 50 cm	schluffiger Lehm (uL)
B _{vt}	50 - 100 cm	schluffig-toniger Lehm (utL)

Aus: Schubert et al., 2022. IOSDV - Versuchsergebnisse zur Wirkung von Stallmist.
BLW 16/2022., 26-28.
https://www.lfi.bayern.de/mam/cms07/iab/dateien/2022_blw_heft_16_stickstoffdauerversuch_iosdv_zur_stallmistwirkung.pdf

2 Faktorielle Streifenanlage, 3-gliedr. Rotation

Tabelle 2: Organische und mineralische Düngung zu den einzelnen Kulturen in der Fruchtfolge

	Silomais (SM)		Winterweizen (WW)		Wintergerste (WG)	
	1984-1996	1999-2017	1985-1997	2000-2018	1986-1998	2001-2019
Faktor 1: organische Düngung (hier: Stallmist in dt/ha)						
Stufe 1	ohne	ohne	ohne	ohne	ohne	ohne
Stufe 2	300 dt/ha nach WG	400 dt/ha nach WG	ohne	ohne	ohne	Ohne
Faktor 2: mineralische N-Düngung in fünf Stufen (in kg N pro Hektar und Jahr)						
Stufe 1	0	0	0	0	0	0
Stufe 2	50	50	40	50	30	40
Stufe 3	100	100	80	100	60	80
Stufe 4	150	150	120	150	90	120
Stufe 5	200	200	160	200	120	160

Mit Stallmist wurden pro Rotation im Versuchsmittel 175 kg Gesamt-N pro Hektar ausgebracht

Aus: Schubert et al., 2022. IOSDV - Versuchsergebnisse zur Wirkung von Stallmist.
BLW 16/2022., 26-28.
https://www.lfi.bayern.de/mam/cms07/iab/dateien/2022_blw_heft_16_stickstoffdauerversuch_iosdv_zur_stallmistwirkung.pdf

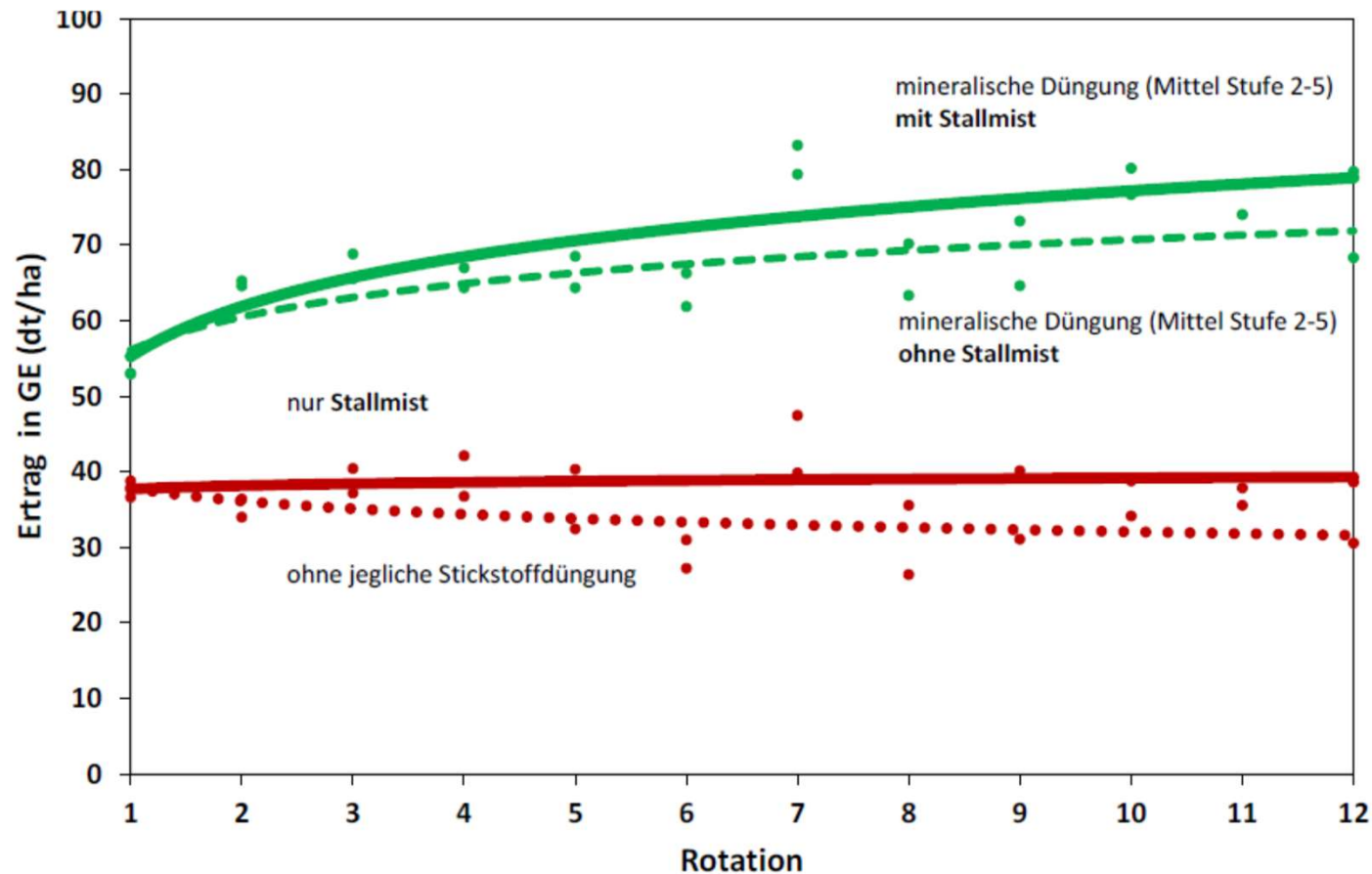


Abbildung 3: Entwicklung der mittleren Jahreserträge bei unterschiedlicher Stickstoffdüngung. Die Punkte sind die im Versuch ermittelten Werte, daraus wurden die dargestellten Trendlinien (grün, rot) berechnet.

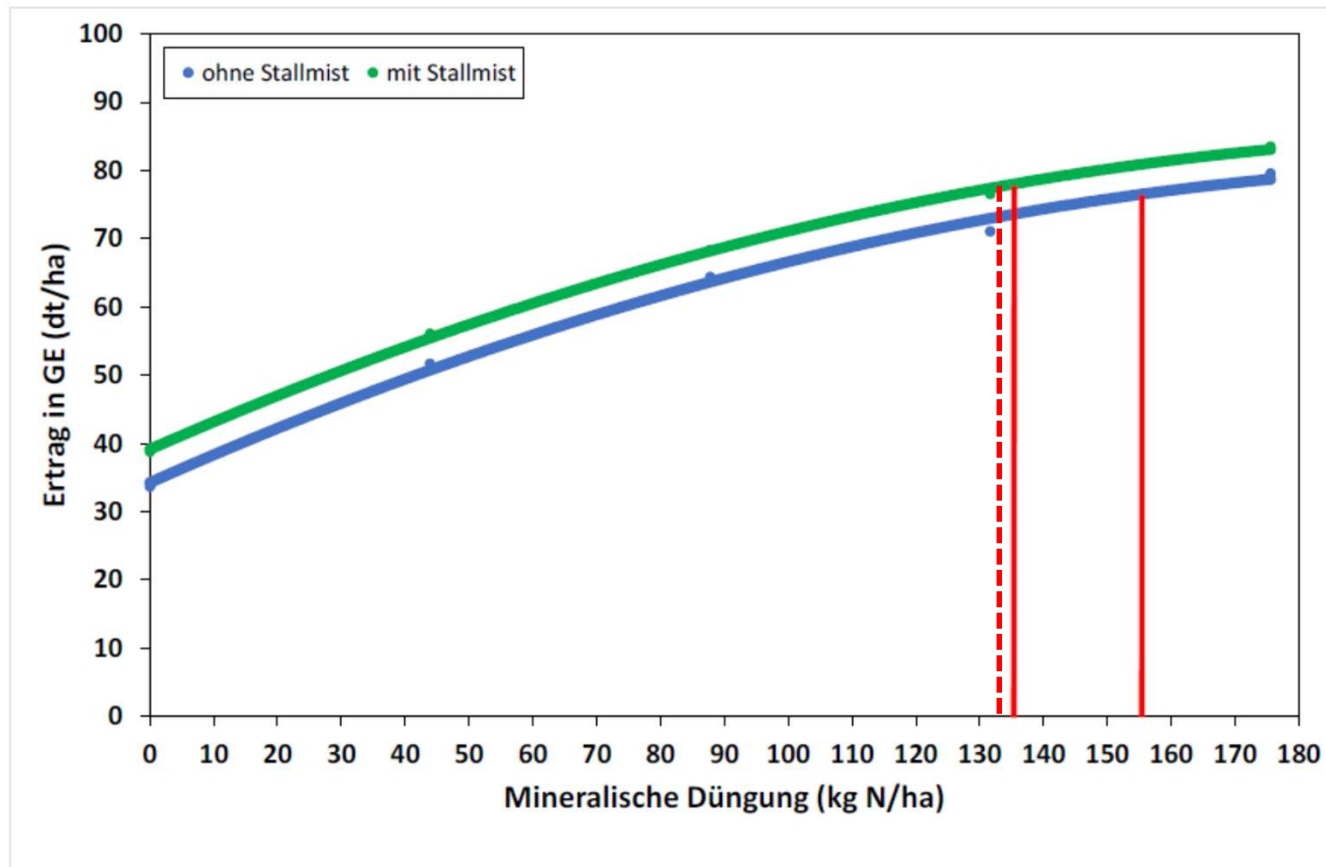


Abbildung 2: Mittlere Jahreserträge einer Rotation in Abhängigkeit von der Höhe der mineralischen N-Düngung (Mittel des Untersuchungszeitraums 1984-2019). Die Punkte sind die im Versuch ermittelten Werte, daraus wurden die dargestellten Trendlinien (blau, grün) berechnet. Rote senkrechte Linien: siehe Text.

Aus: Schubert et al., 2022. IOSDV - Versuchsergebnisse zur Wirkung von Stallmist.
 BLW 16/2022., 26-28.
https://www.lfi.bayern.de/mam/cms07/iab/dateien/2022_blw_heft_16_stickstoffdauerversuch_iosdv_zur_stallmistwirkung.pdf

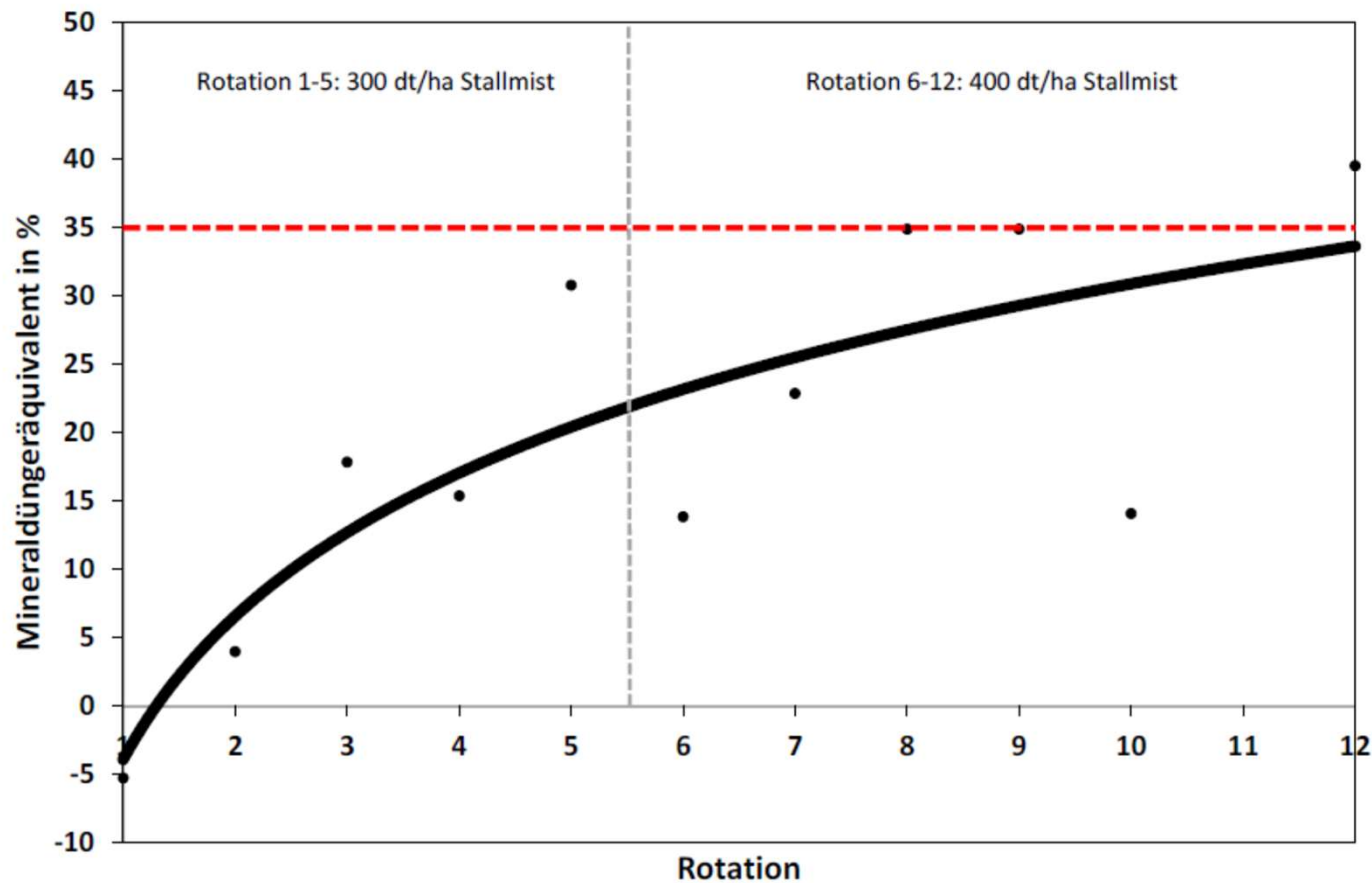


Abbildung 4: Wirkung des Gesamtstickstoffs von Stallmist im Vergleich zur mineralischen Düngung (Mineraldüngeräquivalent) im Verlauf von 12 Rotationen bei IOSDN-Versuch in Puch. schwarze Kurve: Trend; rote gestrichelte Linie: Zielwert Mindestwirksamkeit nach DüV.

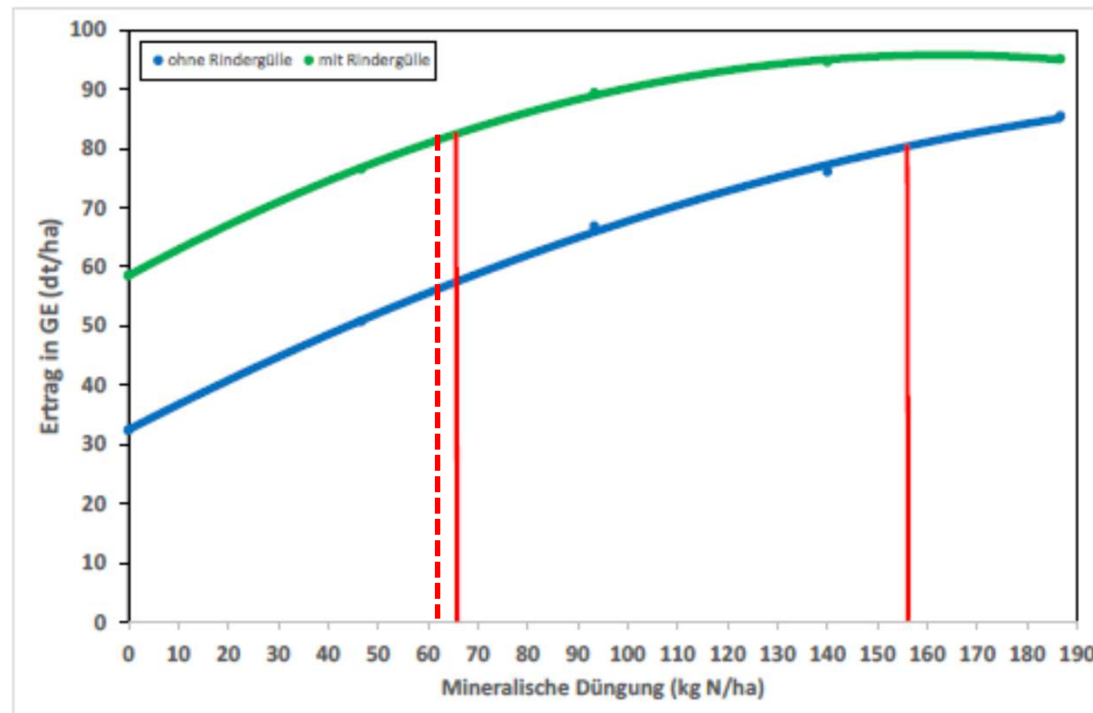


Abbildung 2: Mittlere Jahreserträge einer Rotation in Abhängigkeit von der Höhe der mineralischen N-Düngung (Mittel des Untersuchungszeitraums 1999-2019). Die Punkte sind die im Versuch ermittelten Werte, daraus wurden die dargestellten Trendlinien (blau, grün) berechnet. Rote senkrechte Linien: siehe Text.

Mit Rindergülle wurden im Versuchsmittel 128 kg Gesamt-N pro Hektar und Jahr ausgebracht

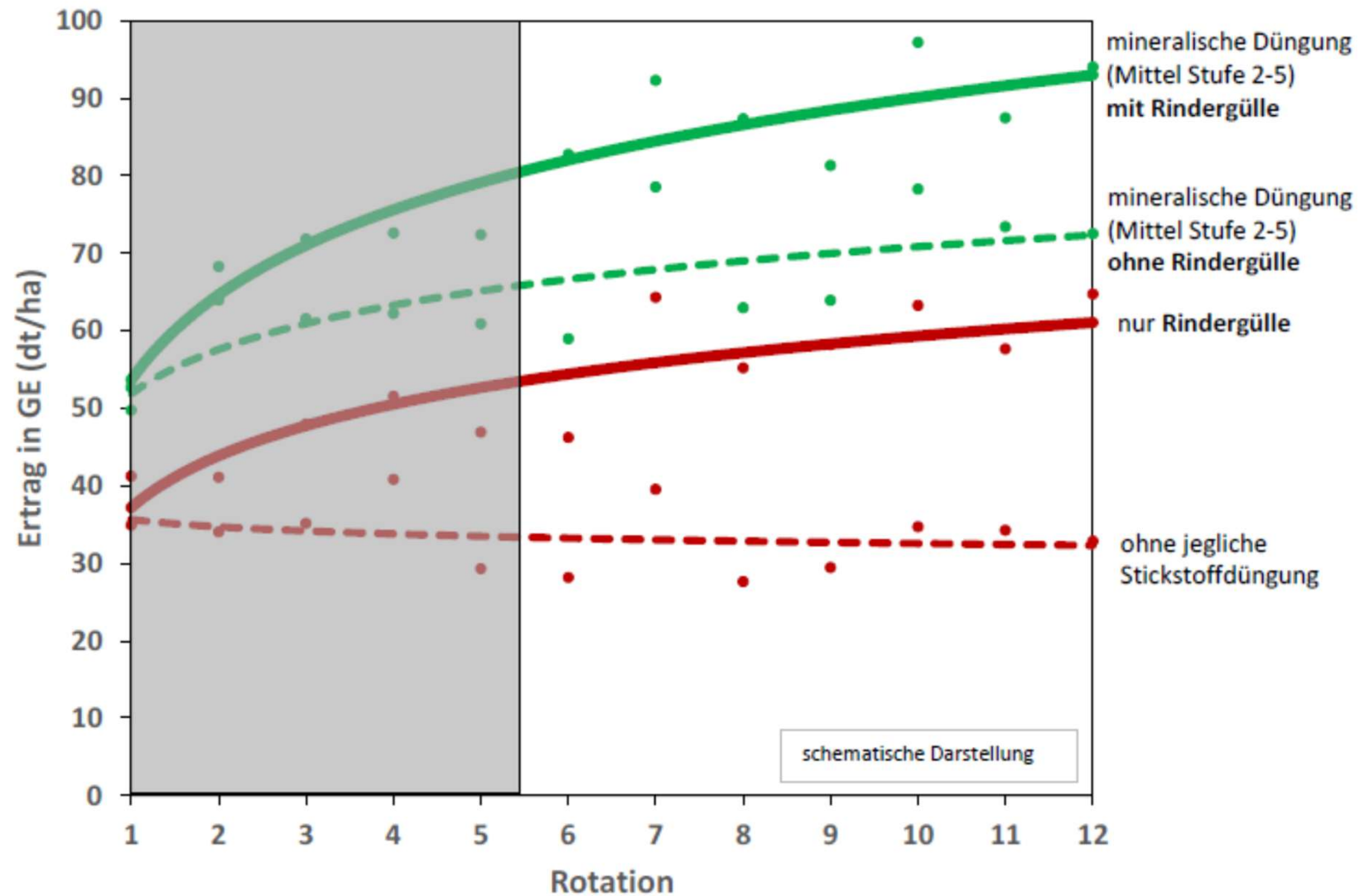


Abbildung 3: Entwicklung der mittleren Jahreserträge bei unterschiedlicher Stickstoffdüngung. Die Punkte sind die im Versuch ermittelten Werte, daraus wurden die dargestellten Trendlinien (grün, rot) berechnet.

MDÄ im IOSDV nach 21 a

	Mineraldüngeräquivalent	
Fruchtart	Wirkung im Anwendungsjahr	Gesamtwirkung
Silomais	64 %	72 %
Winterweizen	56 %	70 %
Wintergerste	35 %	50 %
Mittel Rotation	52 %	64 %

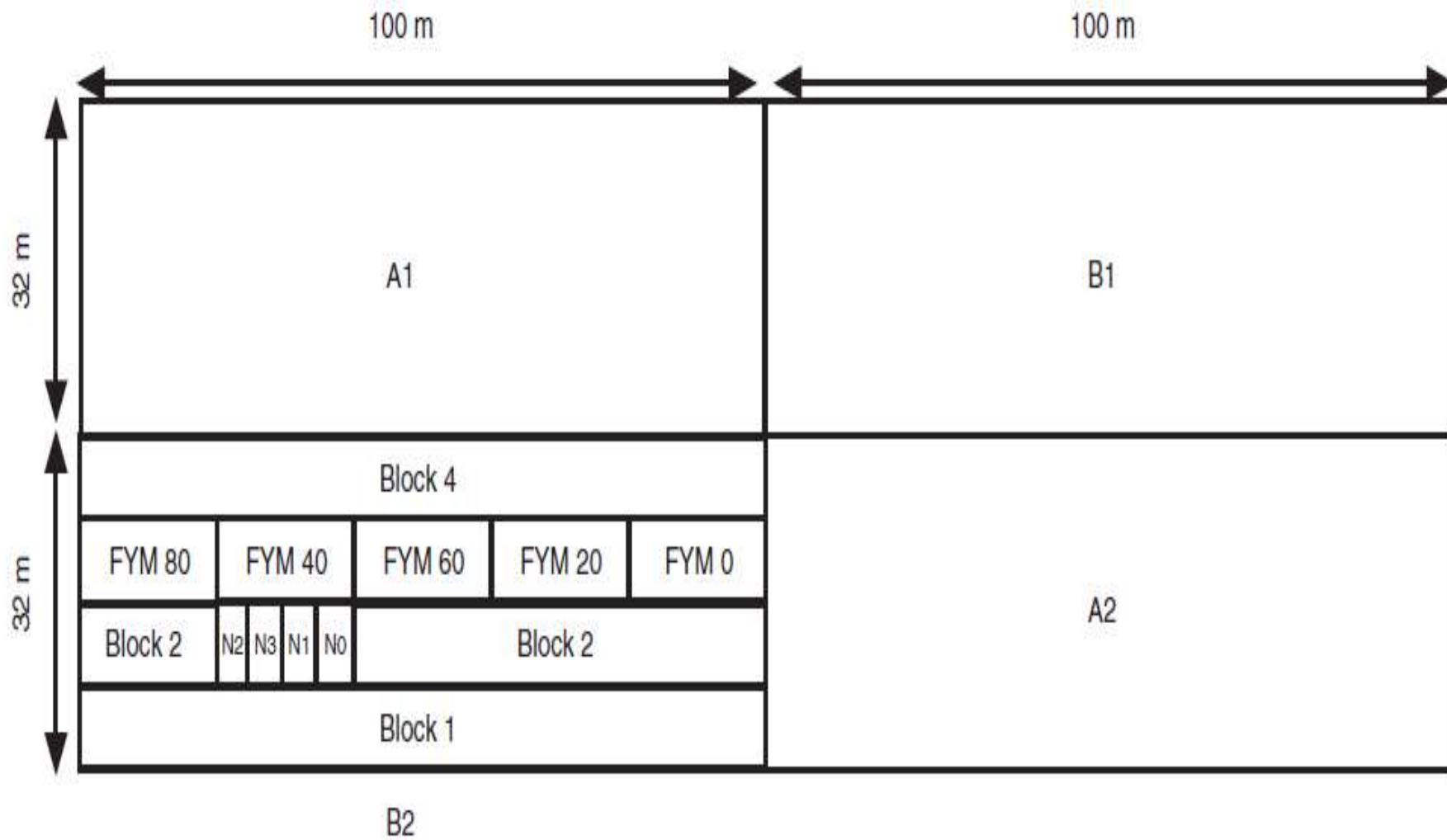
Aus: Schubert et al., 2022. IOSDV - Versuchsergebnisse zur Wirkung von Rindergülle. BLW 17/2022., 36-38.
https://www.lfi.bayern.de/mam/cms07/iab/bilder/2022_blw_heft_17_stickstoffdauerversuch_zur_g%C3%BCllewirkung.pdf



Versuchsinformationen

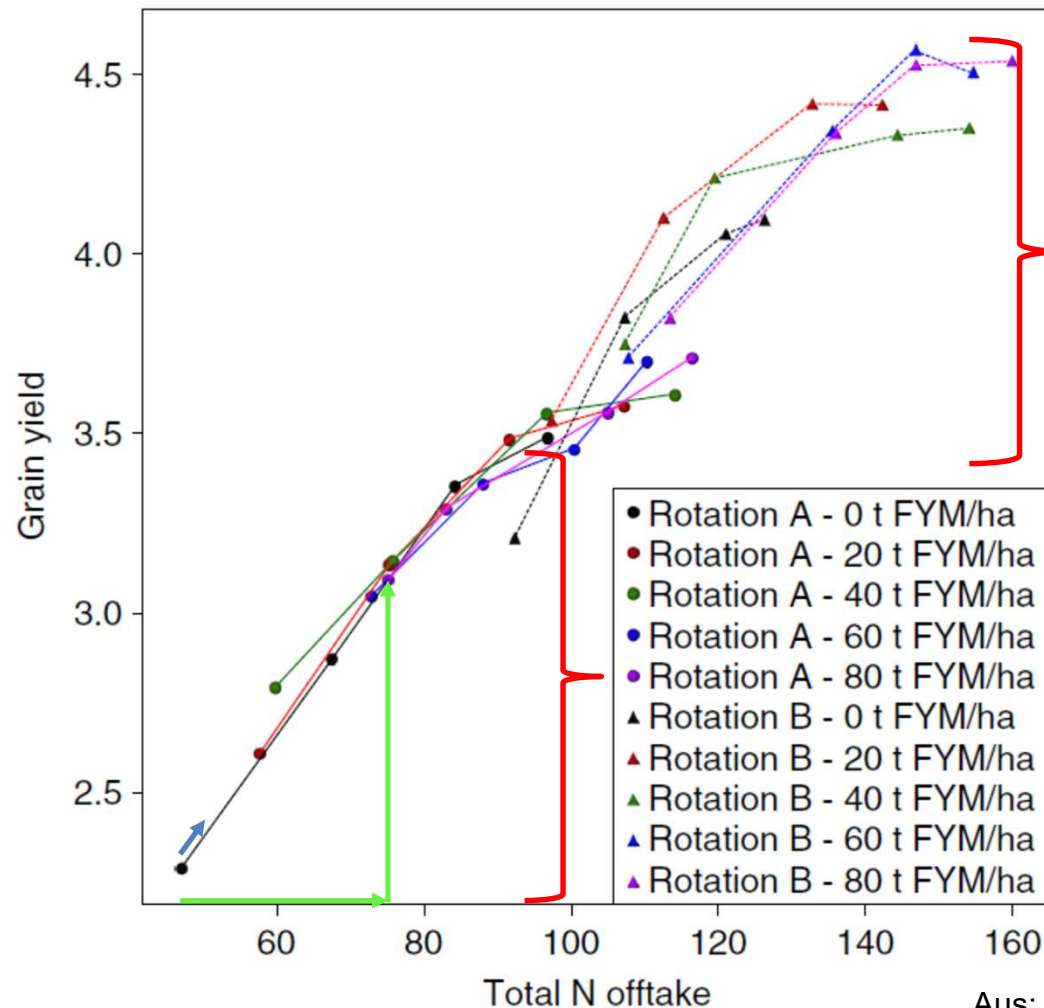
- » Traditioneller Ackerstandort
- » Boden: lehmiger Sand, Parabraunerde
- » 2 Fruchtfolgen: A: Kart, W-Weizen, S-Gerste, Silo-Mais
B: Kart, W-Weizen, S-Gerste, Klee gras
- » Faktoren im Versuch:
 - Fünf Mistdüngerstufen (0, 20, 40, 60, 80 t/Rotation) immer vor Kart
 - Vier mineralische N-Düngerstufen (N0, N1, N2, N3)

Aus: ten Berge et al., 2016, Soil, Use & Management
& Pikula et al., 2016, Soil, Use & Management



Aus: ten Berge et al., 2016, Soil, Use & Management

Beispiel Sommergerste



Ertragseffekt durch FYM,
mit Klee gras

Ertragseffekt durch Klee gras
ca. 1 t (bzw. 60 kgN) oder 25%

Ertragseffekt durch FYM,
ohne Klee gras

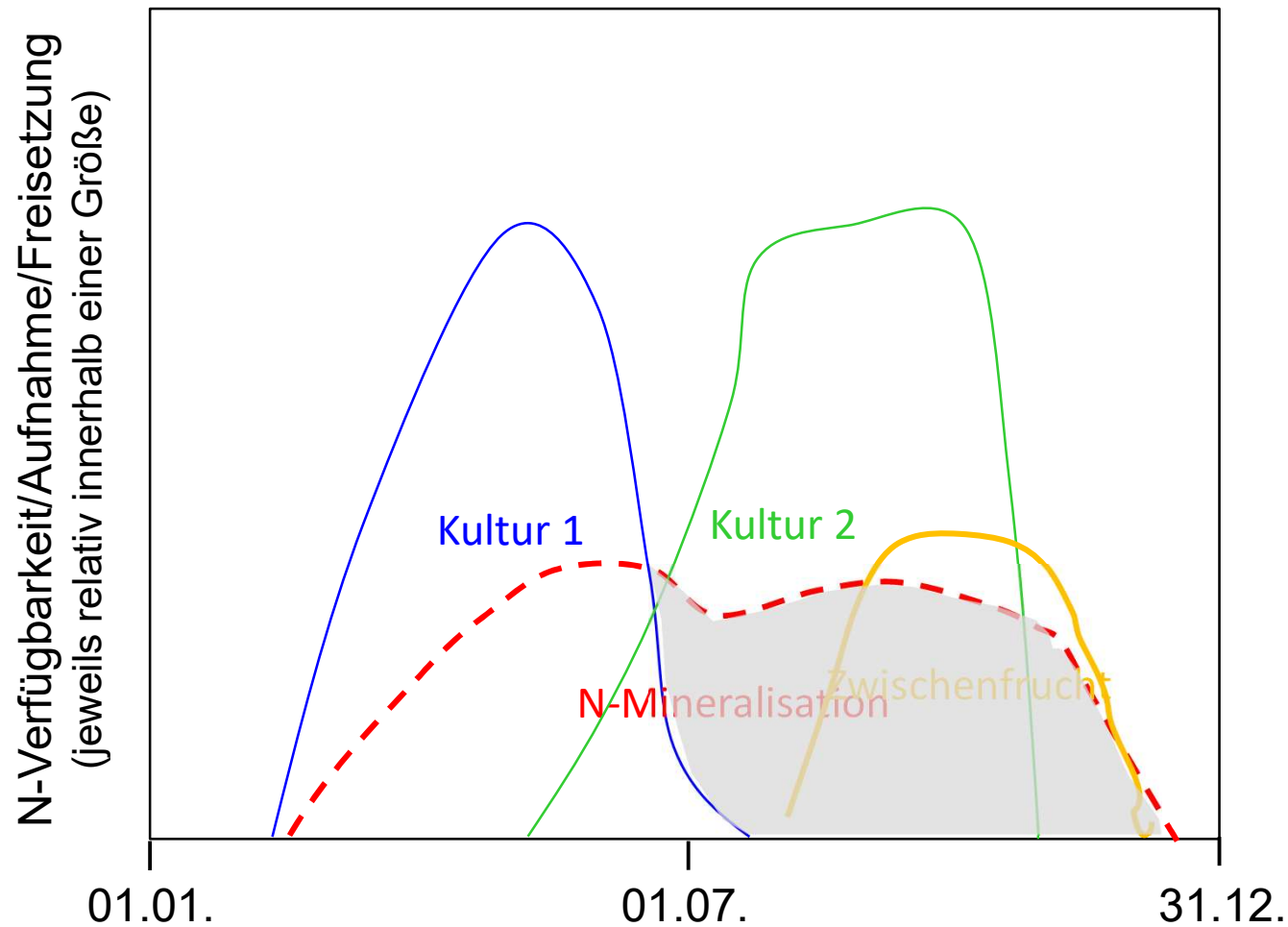
NO = N-Offtake = N-Entzug

Aus: ten Berge et al., 2016, Soil, Use & Management

**Besondere Problemfelder der
organischen Düngung/Dünger
grundsätzlich schon im WS besprochen**

- **geringe Effizienz der N-Düngung**

Mögliche Entkopplung von N-Bedarf der Pflanze und –Verfügbarkeit im Boden



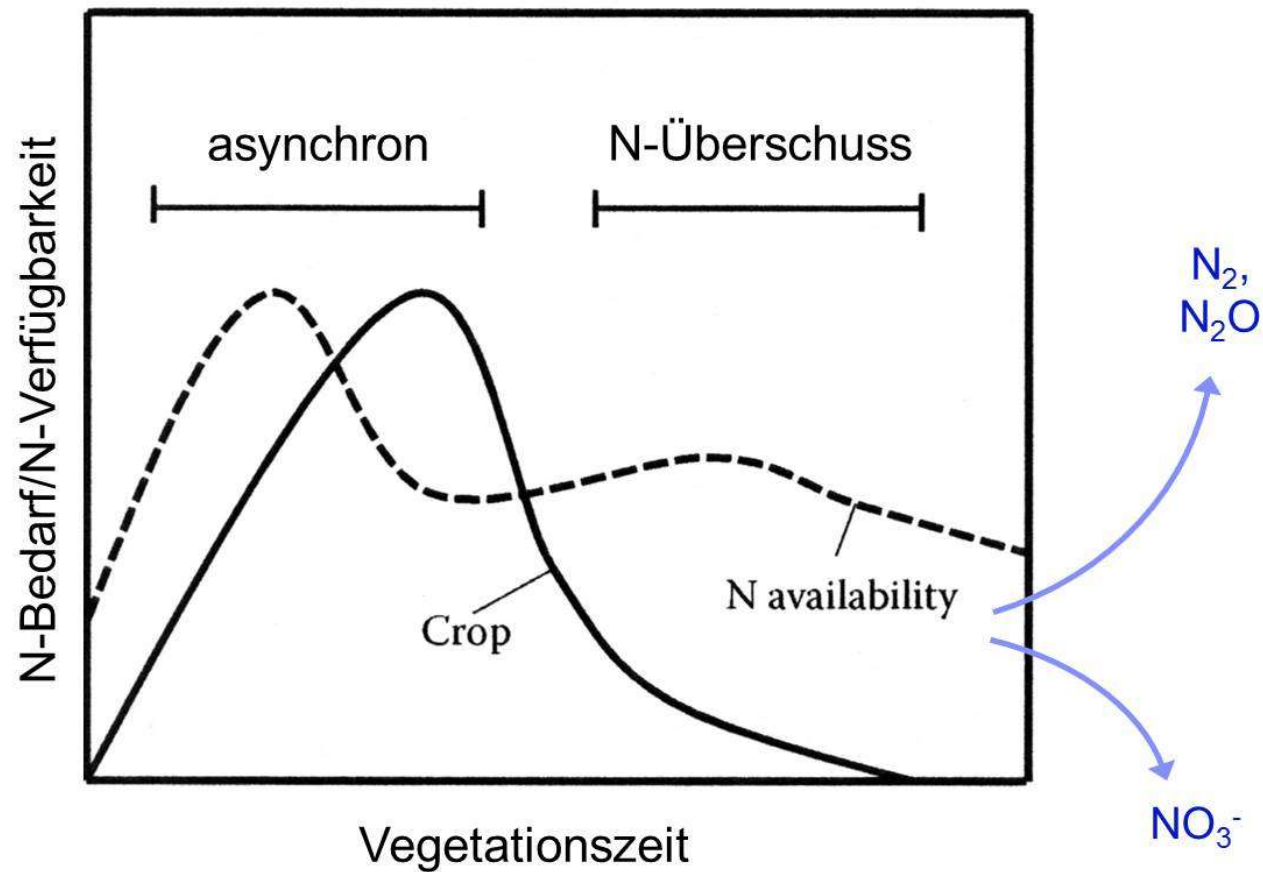
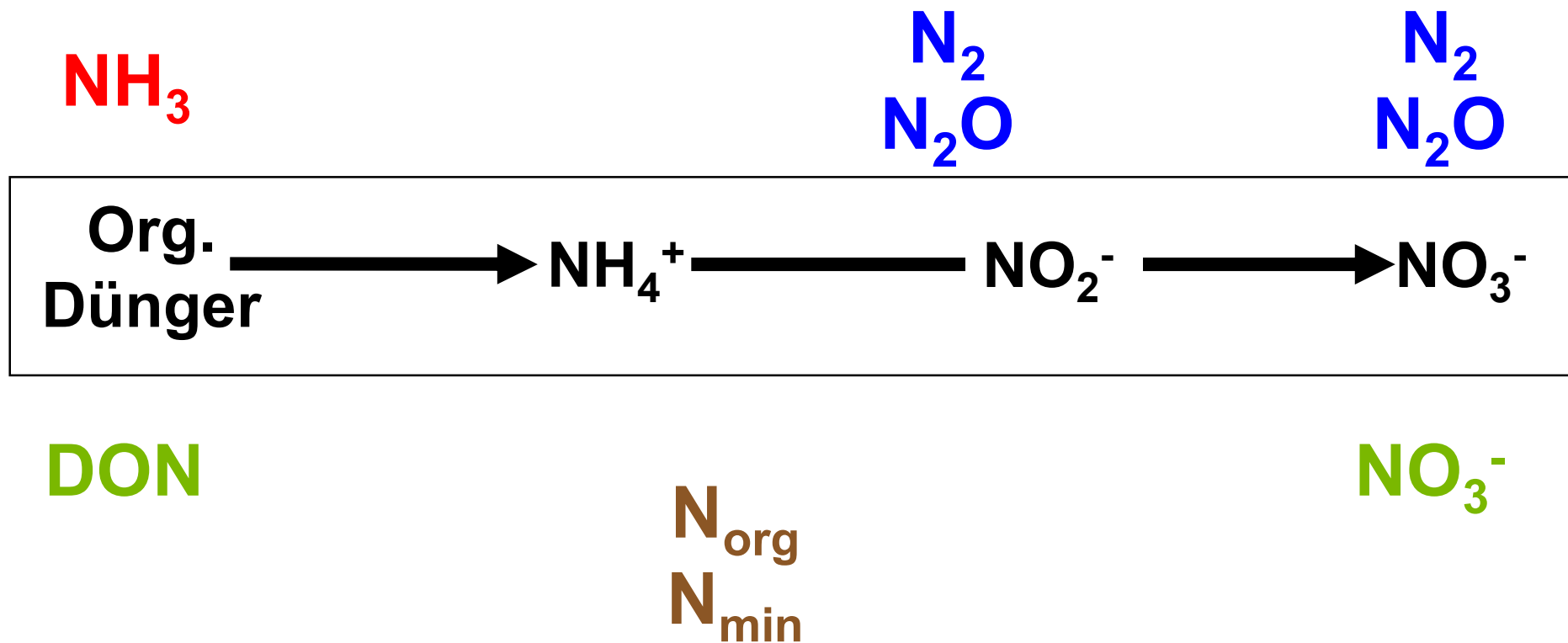


Abbildung 1: N-Freisetzung aus der organischen Substanz und N-Bedarf des Pflanzenbestandes (verändert, nach Grandy et al., 2013)

N-Verluste aus org. Düngern - Ursachen

1. Ausbringung, Umsatz
2. (Nitrifikanten) Denitrifikation
3. Auswaschung
4. Erosion



Ammoniakverluste

Woher?

Wann?

Wie viel?

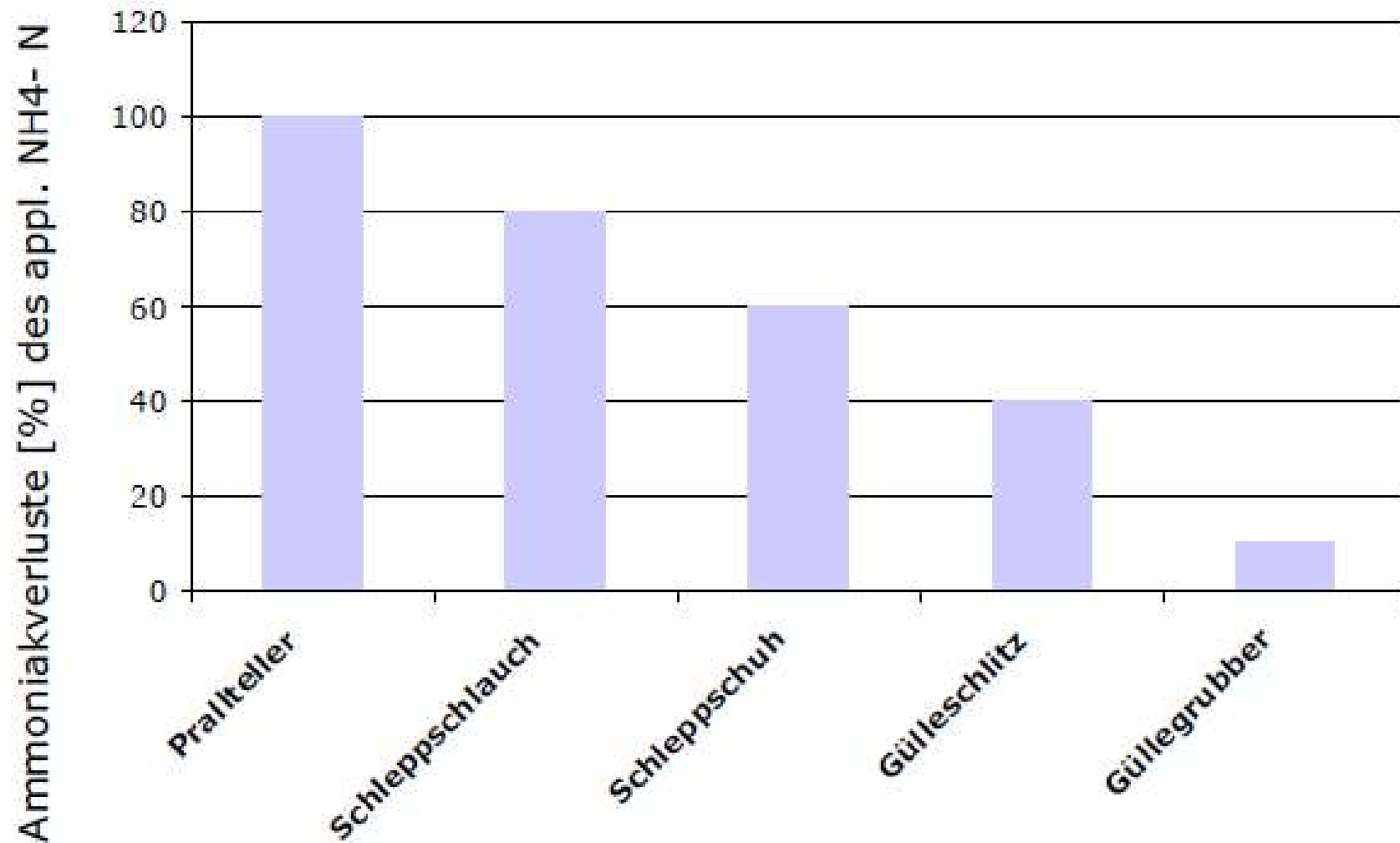
Organische Dünger besonders wichtig

Ausbring- (und Umsatz)verluste (NH_3)

- » NH_4 -N-Gehalt und N-Menge
- » Konsistenz bzw. Wassergehalt
- » pH-Wert des Düngers (~~und des Bodens~~)
- » Witterung (Temperatur, Feuchte)
- » Ausbringtechnik und Einarbeitung

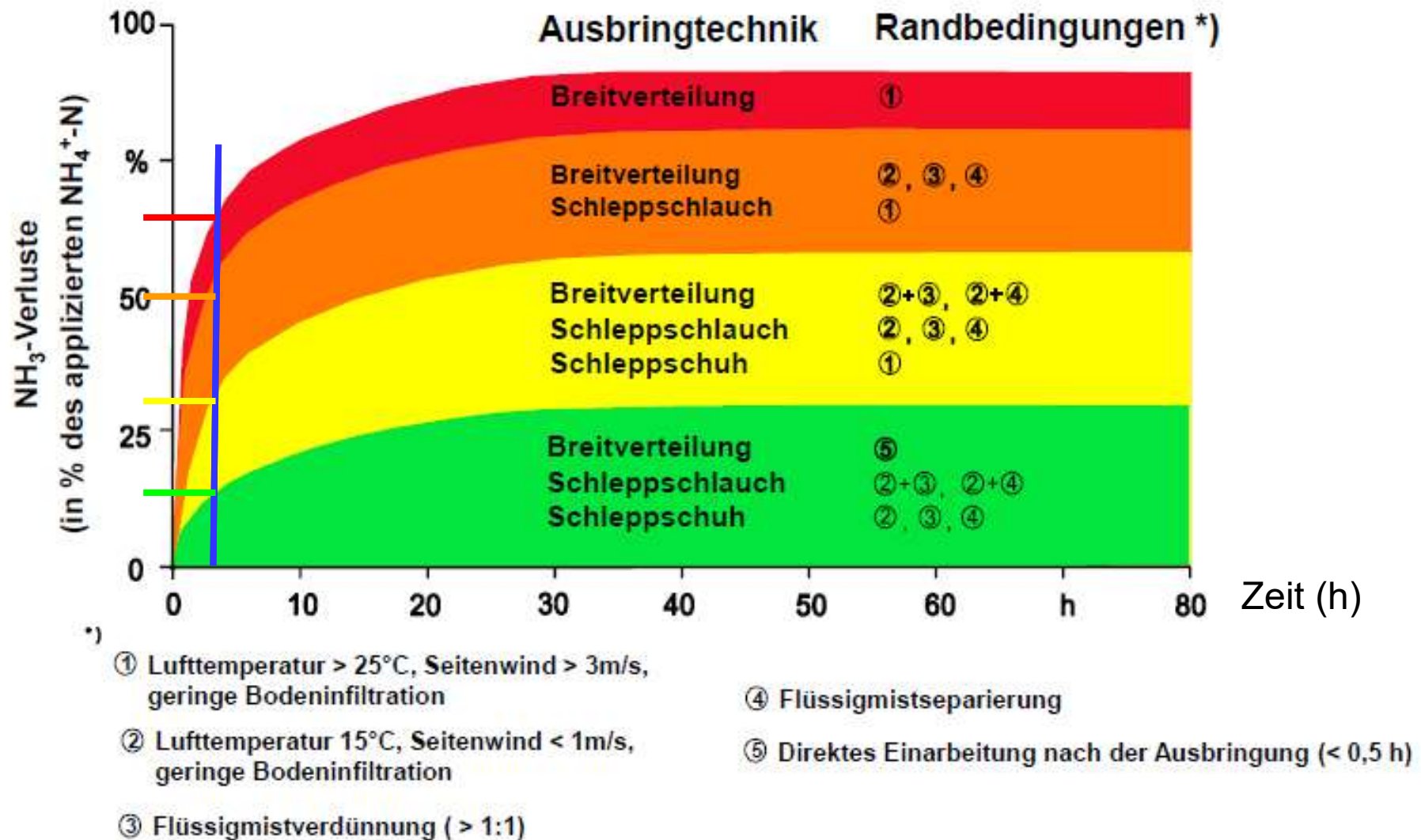
Die ersten Minuten-Stunden entscheiden über die Mengen!

NH₃-Verluste aus Flüssigmist ist f(Technik)



(Döhler et al. 2002 / KTBL, 2009)

NH₃-Verluste während Flüssigmistausbringung: Σ



Neser, 2009, Vortrag IBK

Emissionsfaktor für Rindergülle, Bsp. aus NL

Method	Number of experiments	Emission factor (kg N/100 kg TAN applied)		
		Average	Minimum	Maximum
Surface	81	74	28	100
Trailing shoe	29	26	9	52
Shallow injection	89	16	1	63

TAN, total ammoniacal-N.

Aus: Huijsmans et al., 2016, Soil, Use & Management

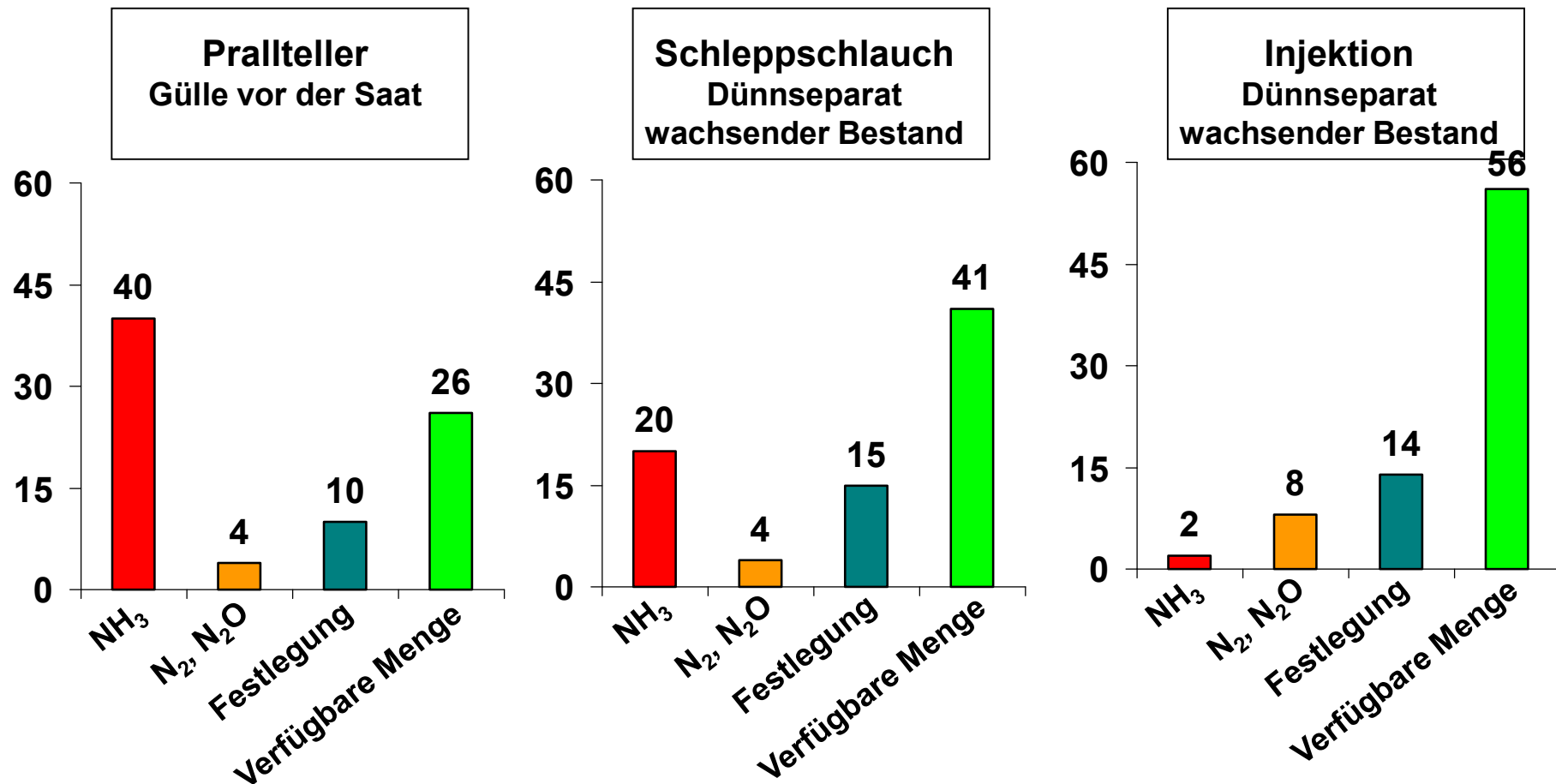
Minderung der NH_3 -Verluste befördert N_2O -Verluste?!

Verbleib des Güllestickstoffs ($\text{NH}_4\text{-N}$) nach unterschiedlichen Anwendungsstrategien

- Verluste, Festlegung, Verwertungspotential -

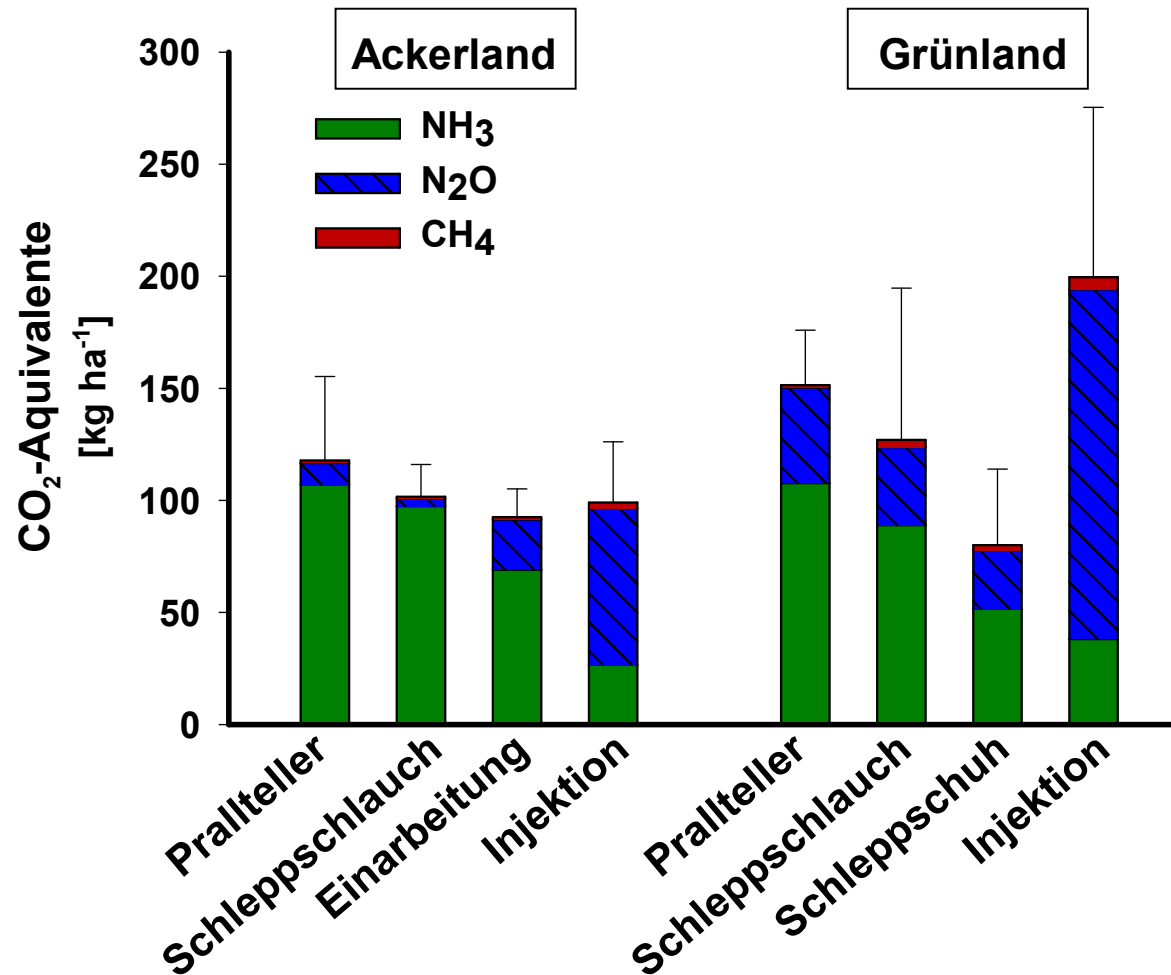
Düngung: $80 \text{ kg NH}_4\text{-N ha}^{-1}$

Kultur: Mais



Dosch und Gutser, 1996

Ausbringtechnik und Emissionen an klimawirksamen Gasen nach Gülle-Applikation



Aus: Wulf et al., 2002

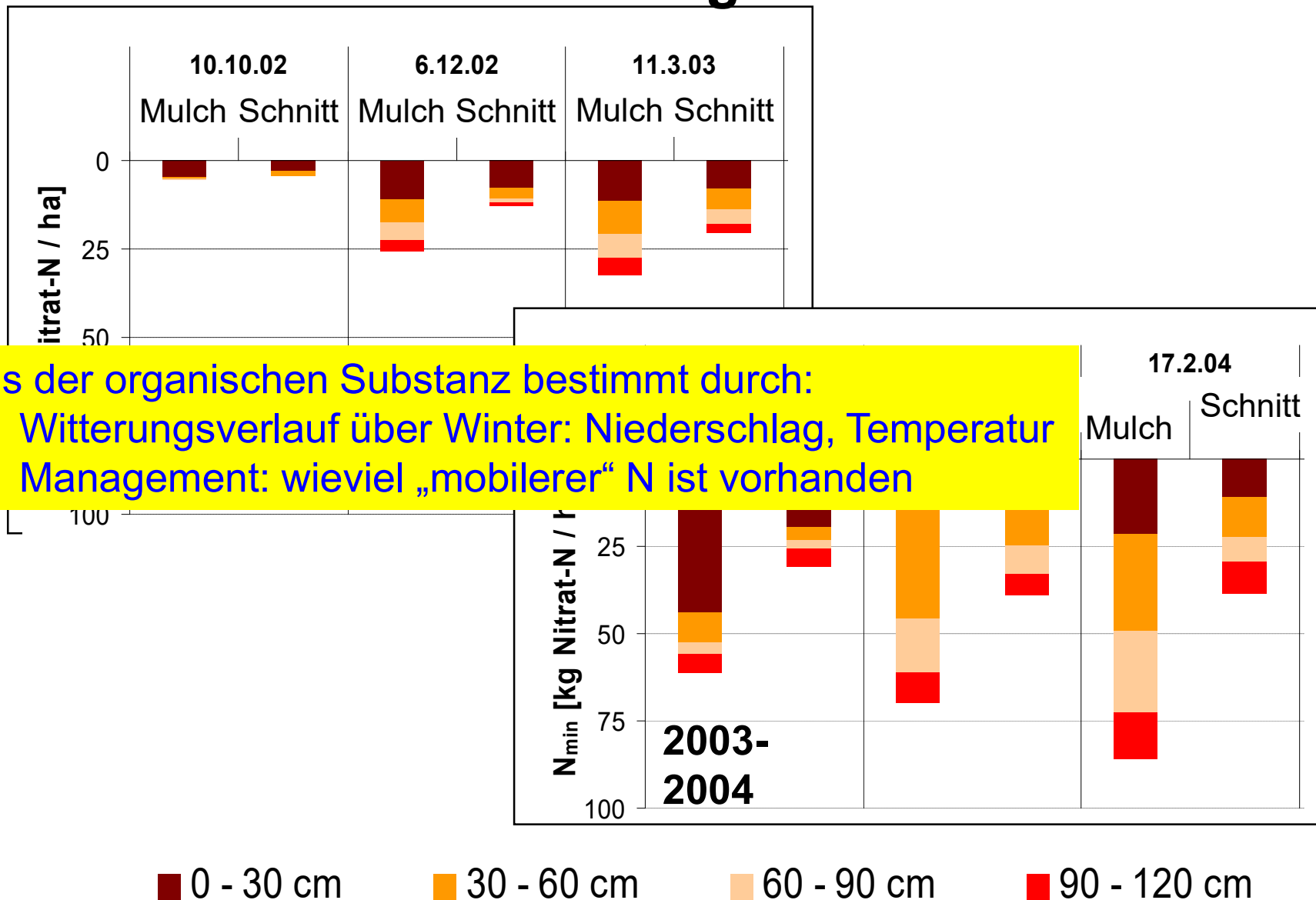
Nitratverluste
Woher?
Wann?
Wie viel?

Nicht nur aus der organischen Düngung,
aber auch, da N_{org} mineralisiert wird

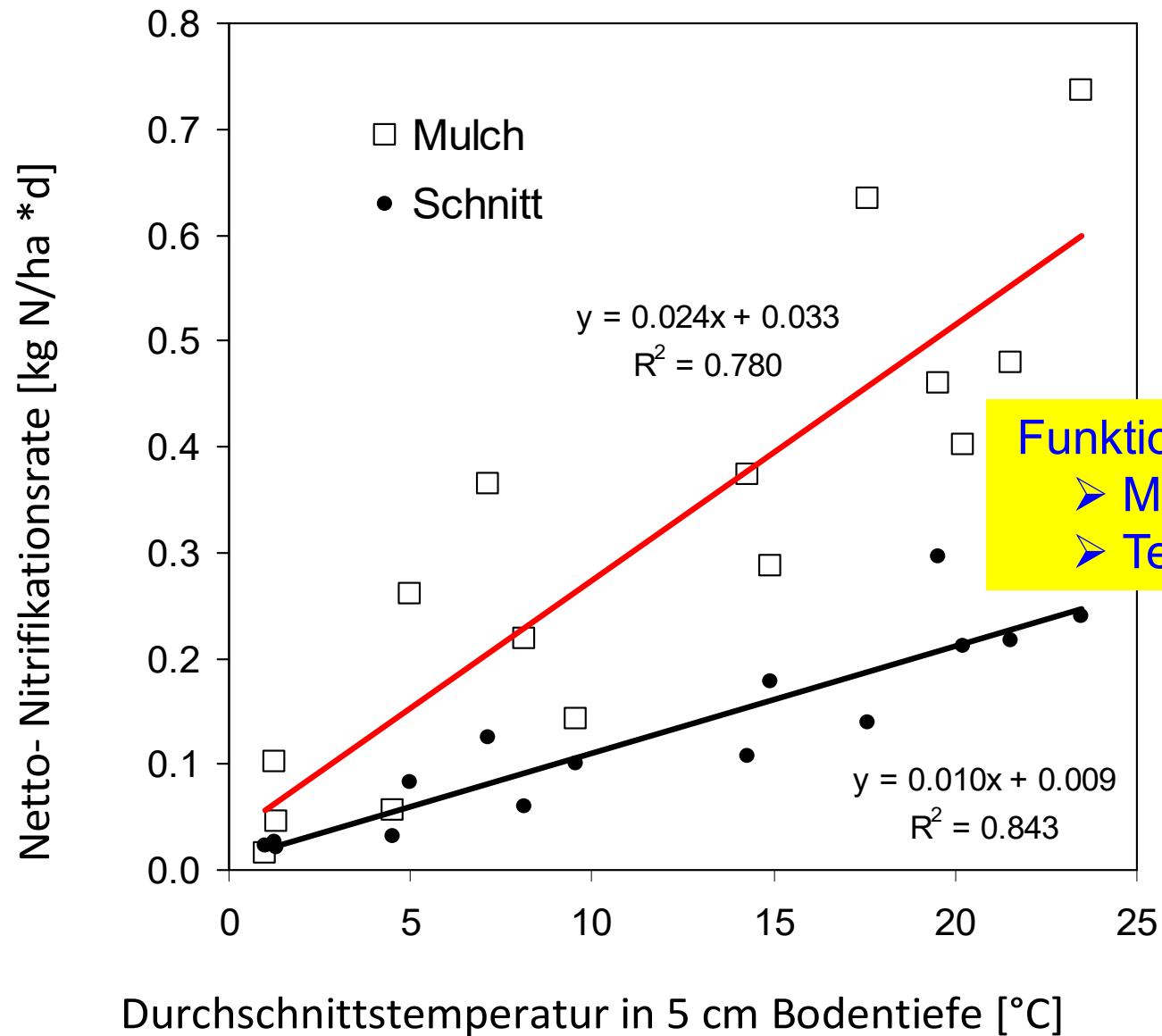
Auswaschungsverluste (NO₃, DON)

- » N-Umsatz = f(N-Menge* N-Qualität* Temperatur* Feuchte* ...)
- » Bodenart
- » Niederschlags(verteilung)
- » Kultur: aktueller Bedarf
- » Kultur: Durchwurzelung/Fruchtfolge
- » Brachezeitfenster

Potential für Nitratverluste nach KLG in unterschiedlicher Nutzung



Steuerung der Nitratbildung aus org. Substanz



Aus: Heuwinkel & Helmert, 2007

**Lachgasverluste aus der
Denitrifikation (auch Nitrifikation)
- kleine Menge – große Wirkung -
lassen sich beeinflussen**

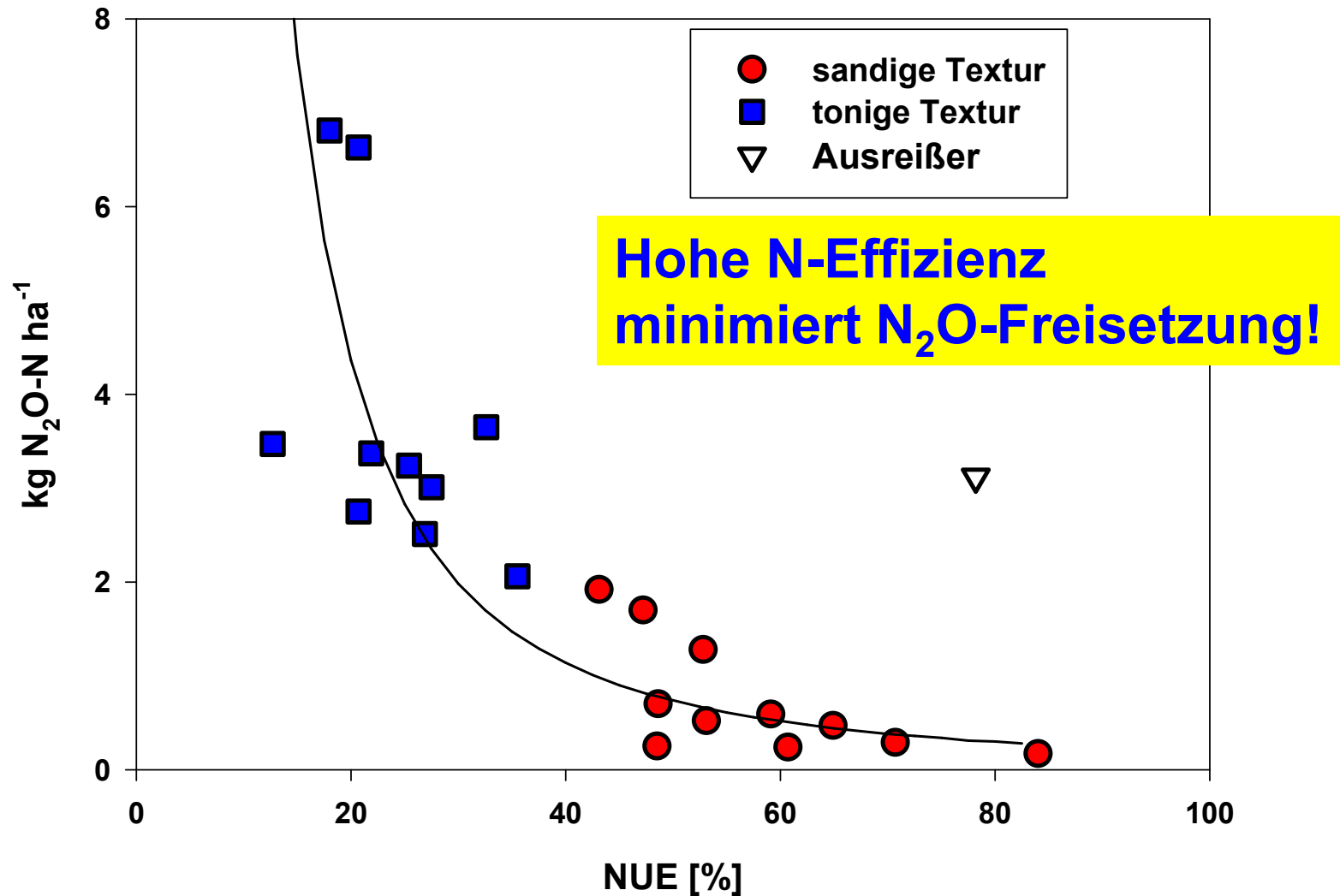
Denitrifikation (N_2O , N_2)

- » Gehalt an NO_3^- -N im Oberboden
- » Wassergehalt bzw. O_2 -Angebot
- » Mikrobiell leicht umsetzbarer C
- » Bodenverdichtung
- » Anzahl an Frost/Tau-Zyklen

Auch während der Vegetationsruhe!

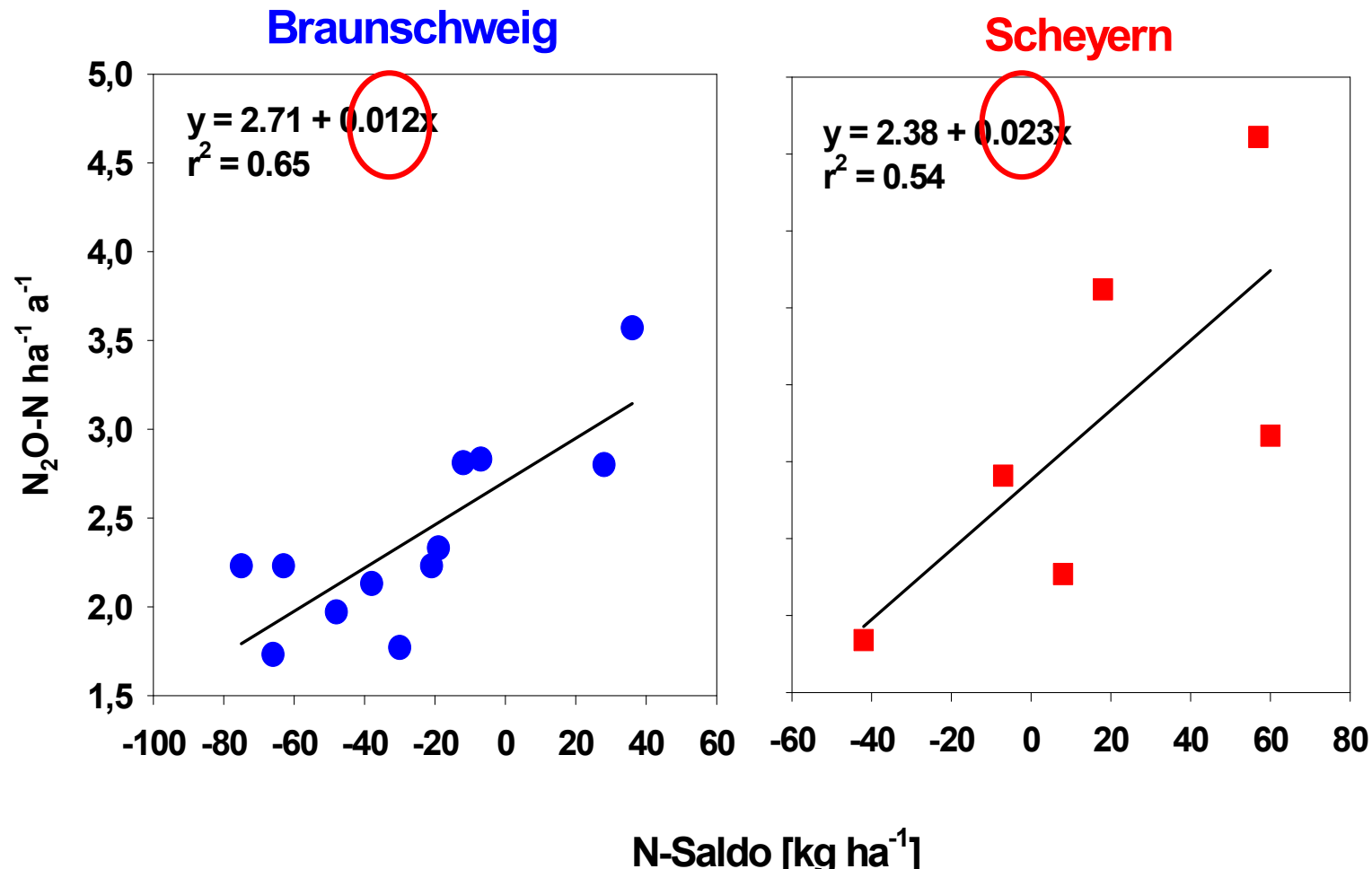
Lachgas ist der Minorpartner: Molekularer N ist etwa 10mal so hoch

N_2O -Freisetzung = f(Ausnutzung des Dünger-N (NUE))



Van Groenigen et al. (2004)

Annuelle N₂O-Freisetzung = f(N-Saldo)

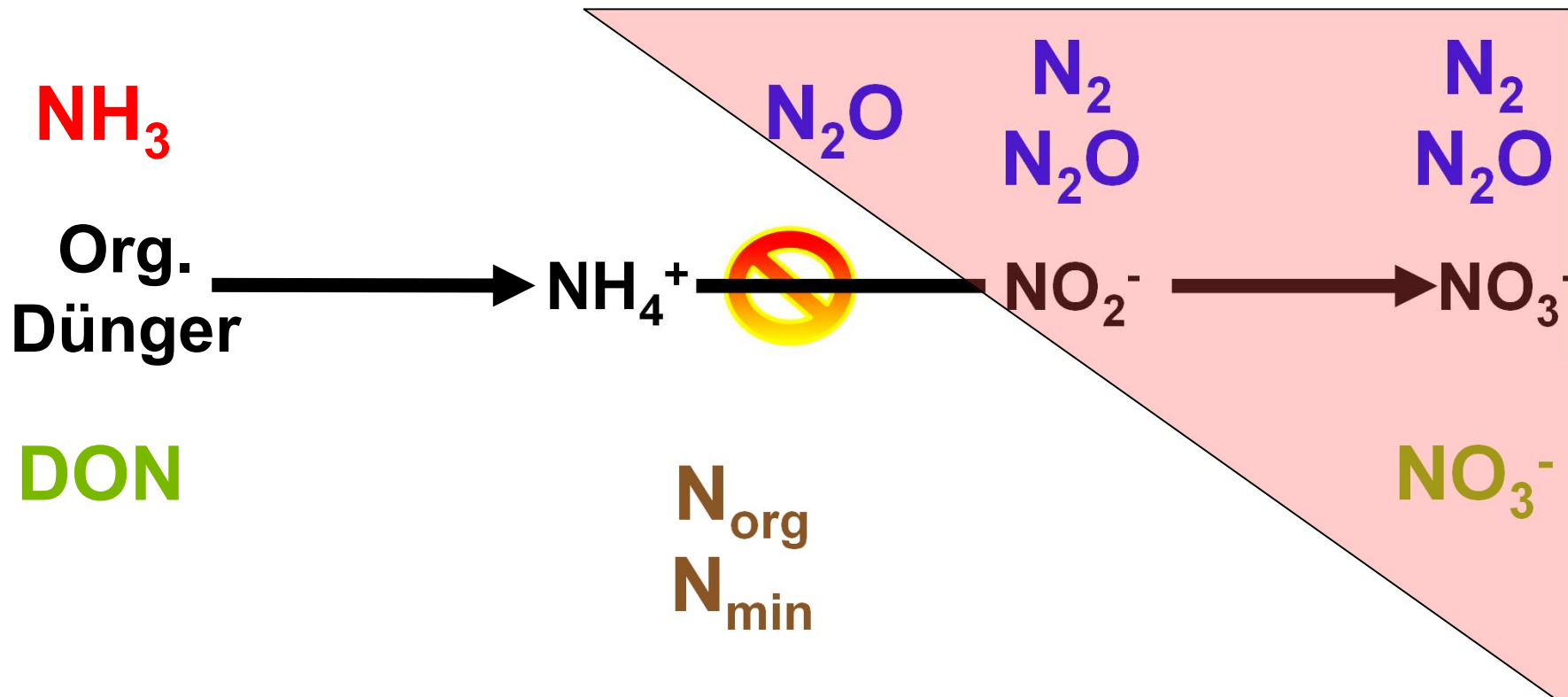


Und der Standort bestimmt die Steigung der Regression!

Aus: Kaiser & Ruser, 2001

Aus: Ruser, Sehy, Weber, Gutser & Munch, 2008

Fazit zur Kontrolle von N-Verlusten: NH_3 ist im Feld gut lösbar und den Rest lösen Nitrifikationsinhibitoren?!



Nein! Nur der „technische“ Anteil zur Korrektur der Symptome:
 Entscheidend: das Niveau der N-Düngung
 die N-Bilanz (NUE)