

Pflanzenernährung und Düngung

**Welche Veränderungen ergeben sich durch den
Klimawandel?**

Prof. Dr. Hans-Werner Olfs

Fachgebiet Pflanzenernährung und Pflanzenbau

Hochschule Osnabrück



Pflanzenernährung und Düngung

Welche Veränderungen ergeben sich durch den Klimawandel?

- Klimawandel
 - Klimaszenarien
 - Auswirkungen auf Pflanzenwachstum und -ertrag
- Anpassungsoptionen im Bereich „Pflanzenernährung und Düngung“
- Schlussfolgerungen



Klima

„Unter Klima versteht man den über einen Zeitraum von mehreren Jahrzehnten beschriebenen Zustand der Erdatmosphäre.“

Klimaelemente:

- physikalische Parameter
 - **Lufttemperatur / Niederschlag** / Luftfeuchte / Bewölkung / Sonnenscheindauer / Luftdruck / Wind
- chemische Parameter
 - stoffliche Zusammensetzung von Luft und Niederschlägen [Konzentrationen von **CO₂** / O₃ / NH₃ / N₂O / NO_x / SO₂ / VOC]

Klimaszenarien (2030 – 2060)

Vergleich Tagesmitteltemperatur für das gesamte Jahr



RCP 2.6



RCP 4.5

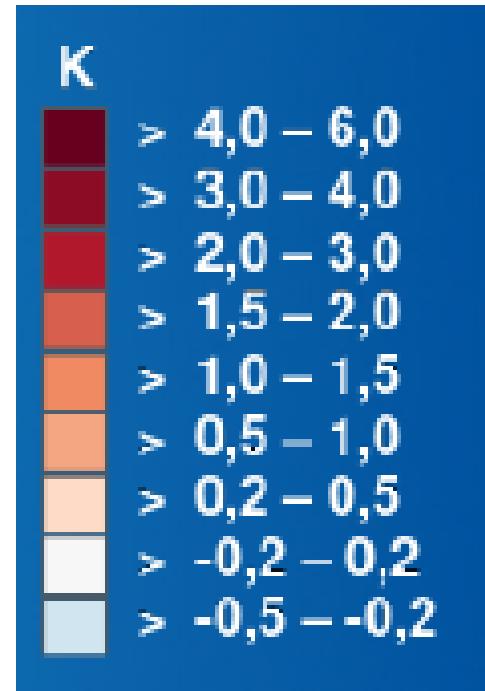


RCP 8.5

85. Perzentil

50. Perzentil

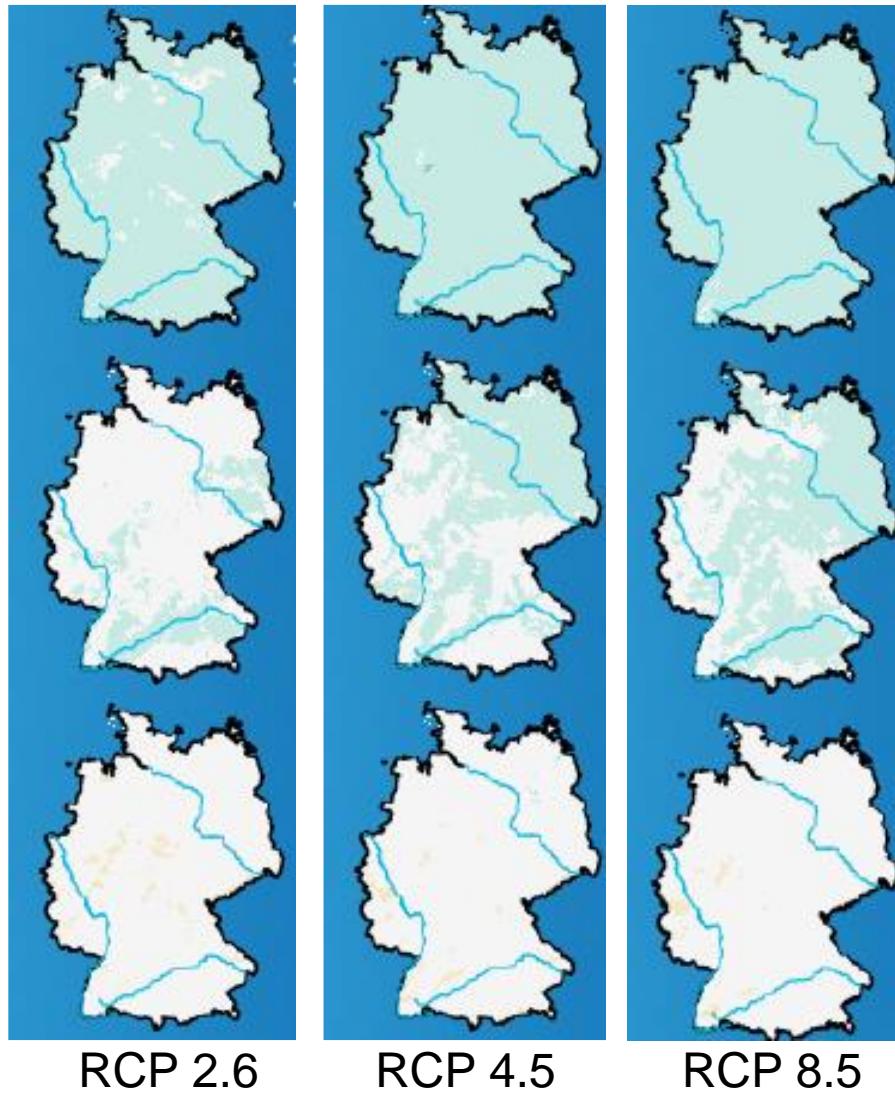
15. Perzentil



https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas_node.html

Klimaszenarien (2030 – 2060)

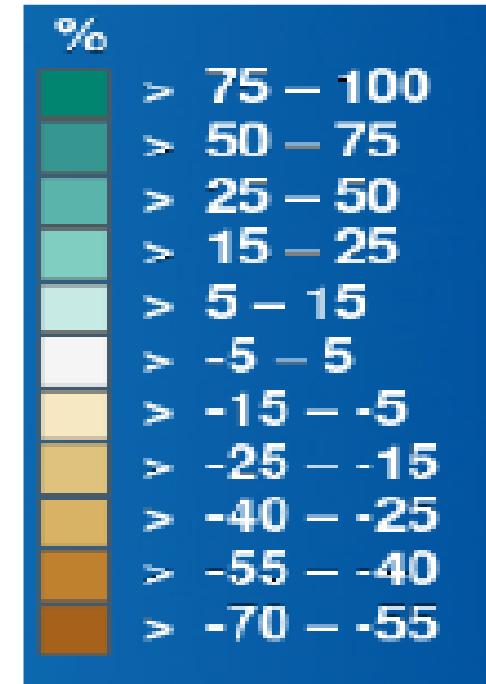
Vergleich Niederschläge für das gesamte Jahr



85. Perzentil

50. Perzentil

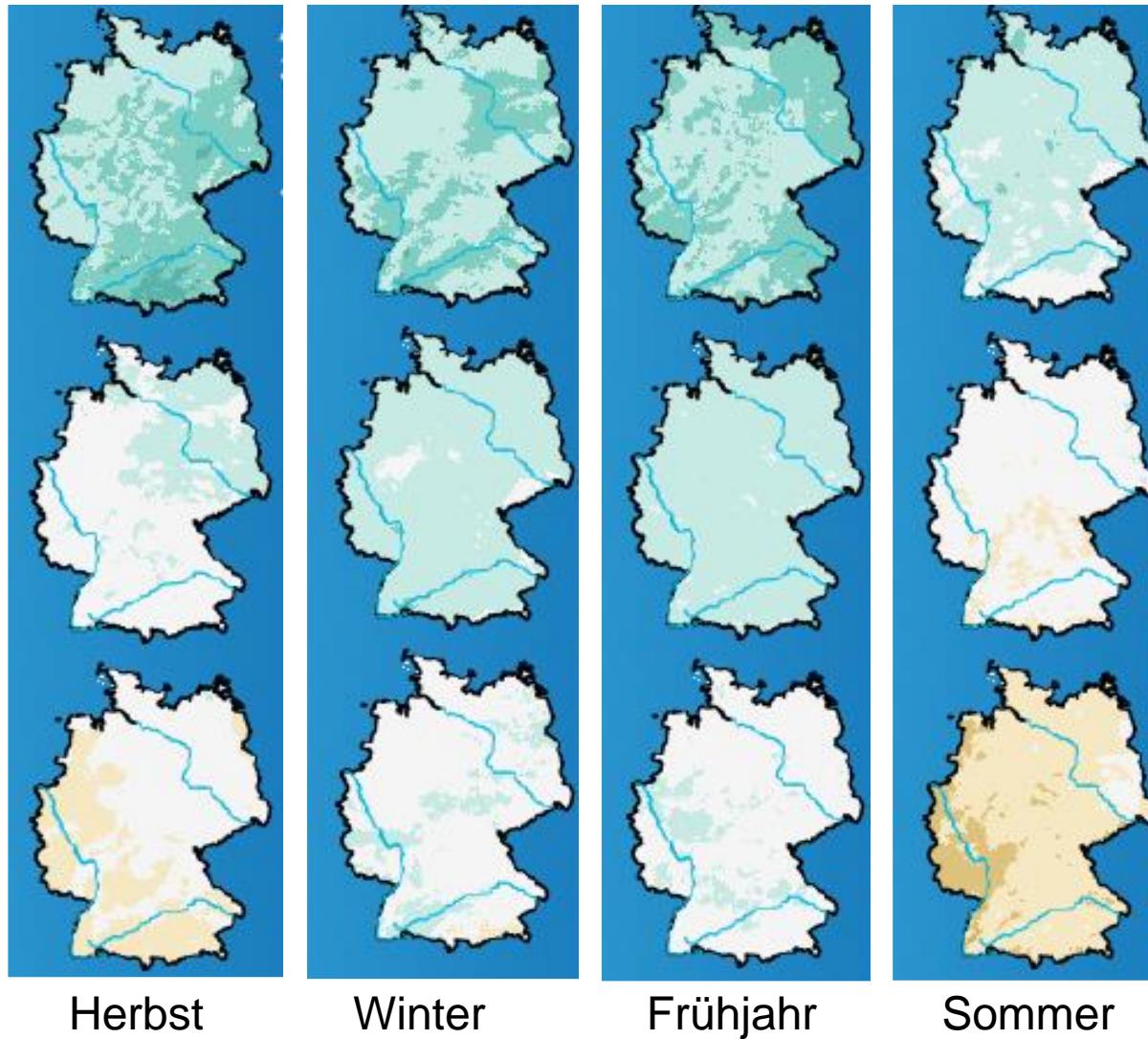
15. Perzentil



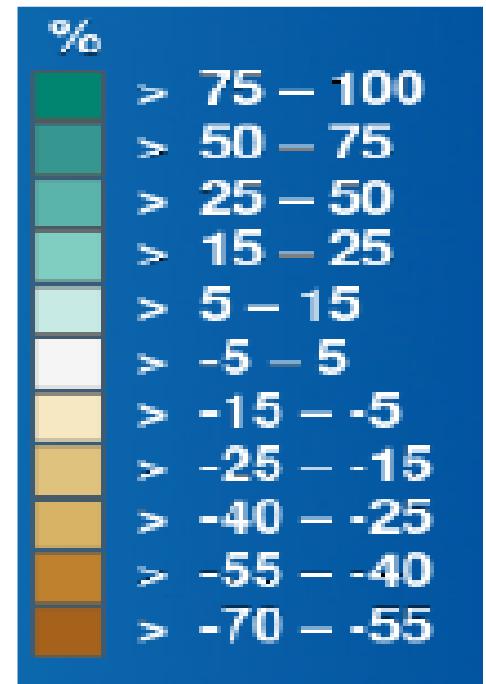
https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas_node.html

Klimaszenarien (2030 – 2060)

Vergleich Niederschläge in den 4 Jahreszeiten



RCP4.5



https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas_node.html

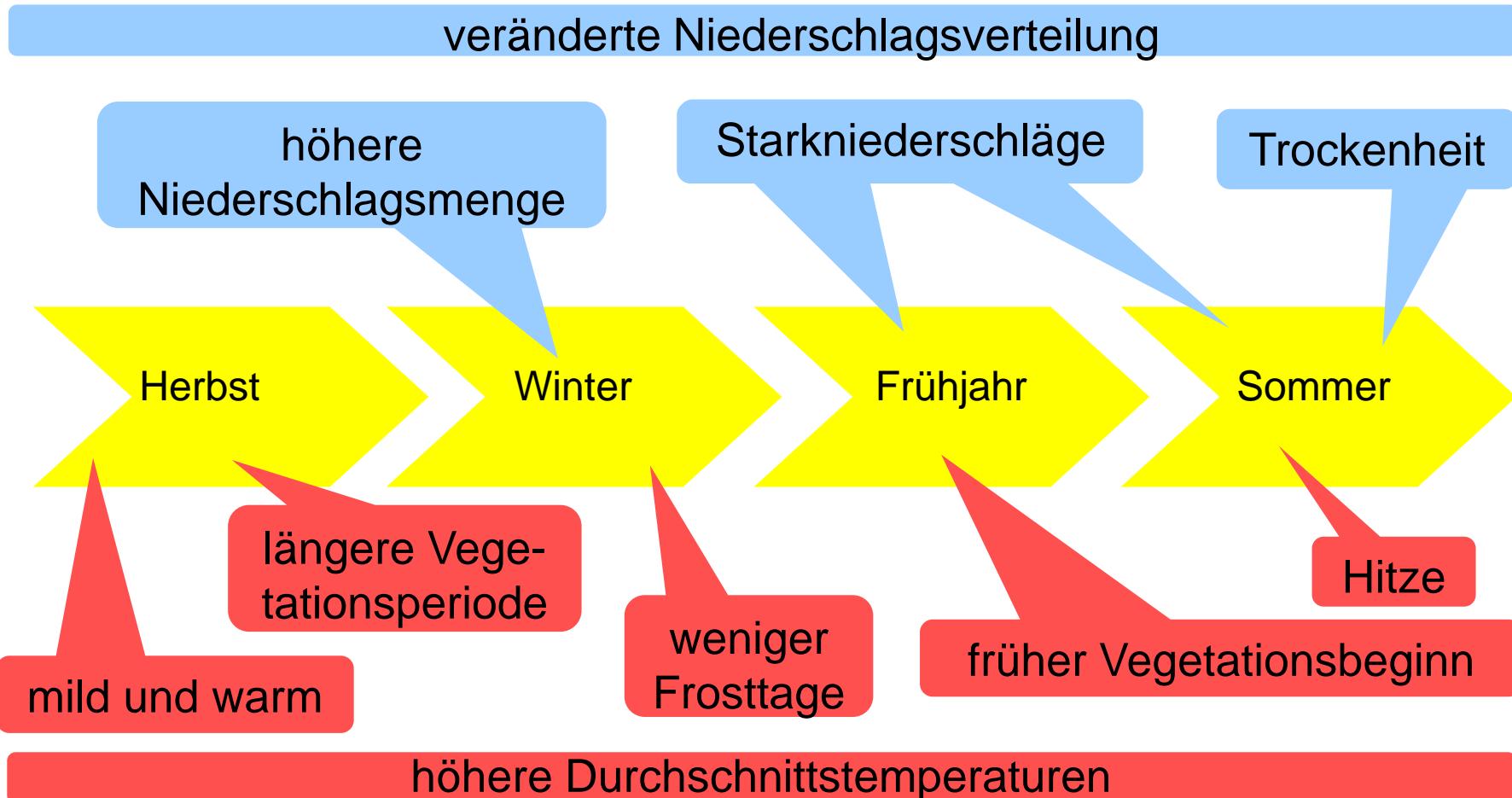
Herbst

Winter

Frühjahr

Sommer

Erwartete Änderungen im Verlauf der Vegetationsperiode



Auswirkungen erhöhter Temperaturen auf Pflanzenwachstum

positive Effekte (im unteren Temperaturbereich => Herbst/Winter)

- ✓ Keimung schneller und gleichmäßiger
- ✓ Photosyntheserate steigt
- ✓ Verlängerung der Vegetationszeit
- ✓

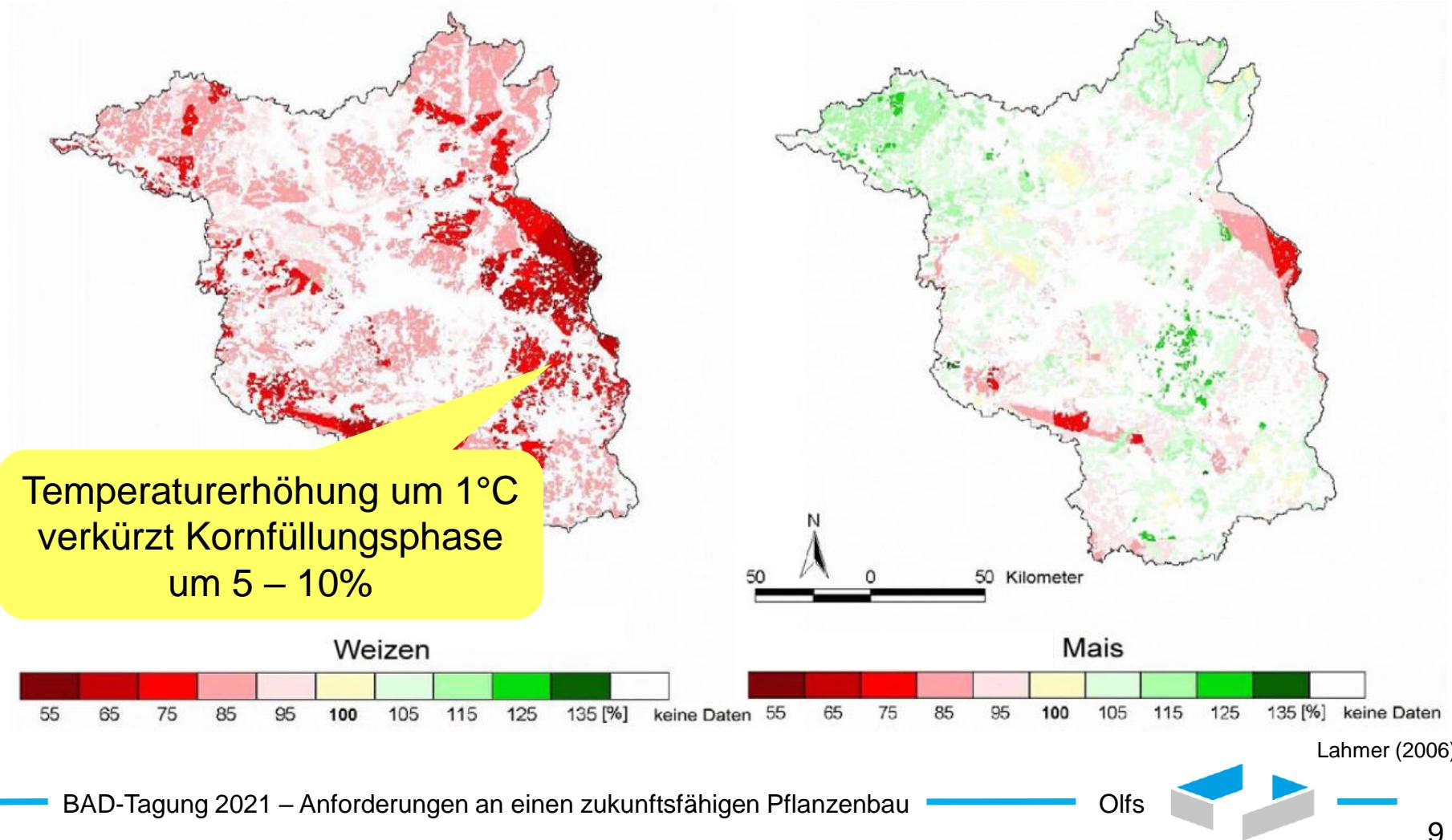
negative Effekte (im oberen Temperaturbereich => Sommer)

- Wasserverbrauch steigt
- Zunahme der Atmung (verringerte Netto-Assimilation)
- Verkürzung von deterministischen Entwicklungs-/Wachstumsphasen
-

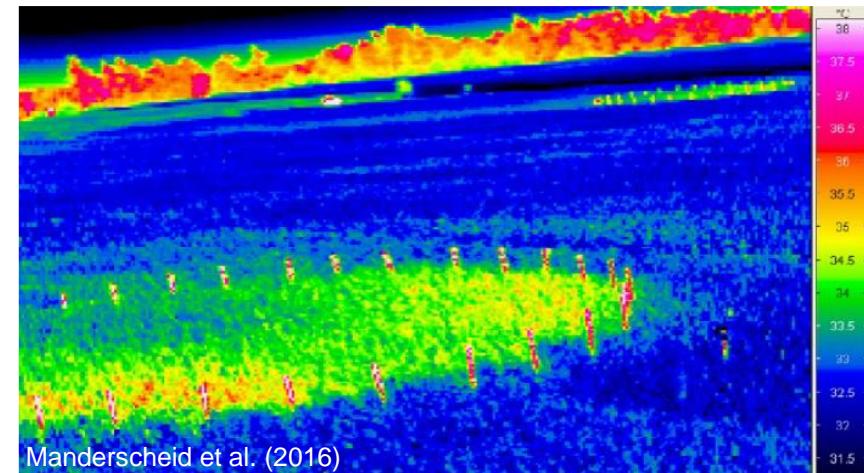
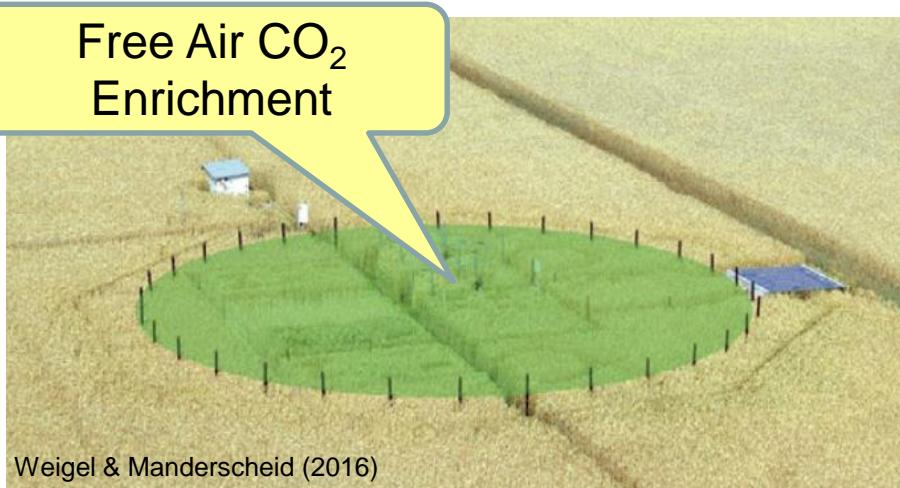
=> Ertrag/Qualität  

Ertragsveränderungen bei Weizen und Mais in Brandenburg

Vergleich 1980/90 zu 2040/50 ohne CO₂-Effekt



Auswirkungen erhöhter CO₂-Konzentrationen auf das Pflanzenwachstum



Kultur	Stickstoff-düngung	Parameter	CO ₂ -Effekt (%)
Gerste	100	Kornertrag	+ 12,0
	50		+ 13,1
Weidelgras	100	Oberirdische Biomasse	+ 8,8
	50		+ 9,8
Zuckerrübe	100	Zuckerertrag	+ 10,3
	50		+ 14,2
Weizen	100	Kornertrag	+ 15,6
	50		+ 11,7

Weigel & Manderscheid (2016)

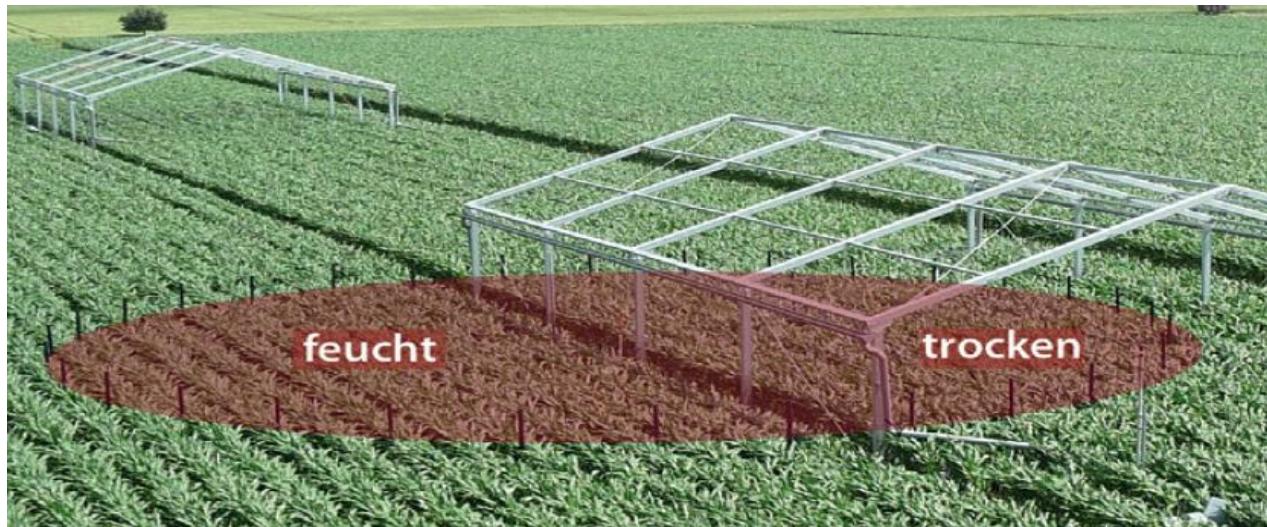
Face-Experiment Thünen-Institut

- höhere Erträge bei C3-Pflanzen
- verminderte Blatttranspiration führt zu erhöhter Bestandestemperatur und Bodenfeuchte
- bei C4-Pflanzen ist CO₂-Düngereffekt nur bei reduzierter Wasserversorgung feststellbar

Wechselwirkungen zwischen CO₂-Konzentration und Wasserverfügbarkeit

Mais		„trocken“			„nass“		
		AMB	FACE	% ^a	AMB	FACE	% ^a
TM-Ertrag (g/m ²)	2007	2139 ± 53	2154 ± 58	1	2138 ± 17	2184 ± 52	2
	2008	1722 ± 51	2131 ± 78	24	2248 ± 28	2248 ± 38	0
TKM (g)	2007	248 ± 8	258 ± 3	4	247 ± 4	247 ± 2	0
	2008	235 ± 5	265 ± 5	13	275 ± 3	281 ± 2	2
Korn-Ertrag (g/m ²)	2007	1004 ± 18	1017 ± 38	1	1038 ± 21	1029 ± 25	-1
	2008	729 ± 45	1024 ± 54	41	1125 ± 13	1117 ± 15	-1

Manderscheid et al. (2014)



Weigel & Manderscheid (2016)

Anpassungsoptionen im Bereich „Pflanzenernährung und Düngung“

- N-Düngung
 - Ableitung der notwendige N-Menge/N-Form
 - N-Verteilung (Beschränkung der Biomasse)
 - Strategie bei Vorsommertrockenheit
- K-Düngung in der Vegetation
 - Verbesserung der Wassereffizienz
- Blattapplikation
- Mikronährstoffversorgung
-

.... diese (oder ähnliche) Hinweise finden sich in vielen Stellungnahmen zum Klimawandel!



Veränderte Niederschlagsverteilung

Längere Trockenphasen

niedrige Bodenwassergehalte beeinflussen

- Mineralisation
- Diffusion & Massenfluss
- Nährstoffaufnahme

verringerte Wasseraufnahme für Pflanzen führt u.a. zu

- länger geschlossen Stomata
- höhere Blatttemperatur durch geringere Transpiration
- insgesamt reduzierte Photosynthese
- vermehrte Produktion von ROS
- ...

Häufigere Starkniederschläge

Nährstoffverlust durch

- Erosion / oberflächlicher Abtrag
- Nährstoffauswaschung

Wassersättigung im Boden bewirkt u.a.

- Sauerstoffmangel für Wurzeln
- erhöhte Denitrifikation



Veränderte Niederschlagsverteilung

Längere Trockenphasen

- niedrige Bodenwassergehalte beeinflussen
- Mineralisation
 - Diffusion & Massenfluss
 - Nährstoffaufnahme

- verringerte Wasseraufnahme für Pflanzen führt u.a. zu
- länger geschlossen Stomata
 - höhere Blatttemperatur durch geringere Transpiration
 - insgesamt reduzierte Photosynthese
 - vermehrte Produktion von ROS
 - ...

Häufigere Starkniederschläge

Nährstoffverlust durch

- Erosion / oberflächlicher Abtrag
- Nährstoffauswaschung

Wassersättigung im Boden bewirkt u.a.

- Sauerstoffmangel für Wurzeln
- erhöhte Denitrifikation

Welche Gegenmaßnahmen sind denkbar?



Wirkung einer Bor-Blattdüngung auf Ertrag und Qualität bei Zuckerrüben

Hypothese: Beweglichkeit von Bor im Boden bei niedrigen Bodenwassergehalten eingeschränkt => B-Blattdüngung zu ZR erhöht Erträge/Zuckergehalte und BZE

78 Versuche (1995 – 2006)

8 Versuche (2000 – 2006)

	Ertrag	BZE	Zucker	SMV		Ertrag	BZE	Zucker	SMV
	[t/ha]		[%]			[t/ha]		[%]	
Kontrolle	68,3	11,61	17,01	1,35		51,9	8,11	15,56	1,45
Bor [0,75 kg/ha]	68,2	11,60	17,01	1,36		58,8	9,54	16,17	1,37
GD 5%	n.s.	n.s.	n.s.	0,01		4,0	1,03	n.s.	0,07

RRV (2007)



Veränderte Niederschlagsverteilung

Längere Trockenphasen

niedrige Bodenwassergehalte beeinflussen

- Mineralisation
- Diffusion & Massenfluss
- Nährstoffaufnahme

verringerte Wasseraufnahme für Pflanzen führt u.a. zu

- länger geschlossene Stomata
- höhere Blatttemperatur durch geringere Transpiration
- insgesamt reduzierte Photosynthese
- vermehrte Produktion von ROS
- ...

Häufigere Starkniederschläge

Nährstoffverlust durch

- Erosion/ oberflächlicher Abtrag
- Nährstoffauswaschung

Wassersättigung im Boden bewirkt u.a.

- Sauerstoffmangel für Wurzeln
- erhöhte Pflanzentoxizität

Welche Gegenmaßnahmen sind denkbar?

Blattapplikation von Mikronährstoffen zur Abmilderung von Wasserstress

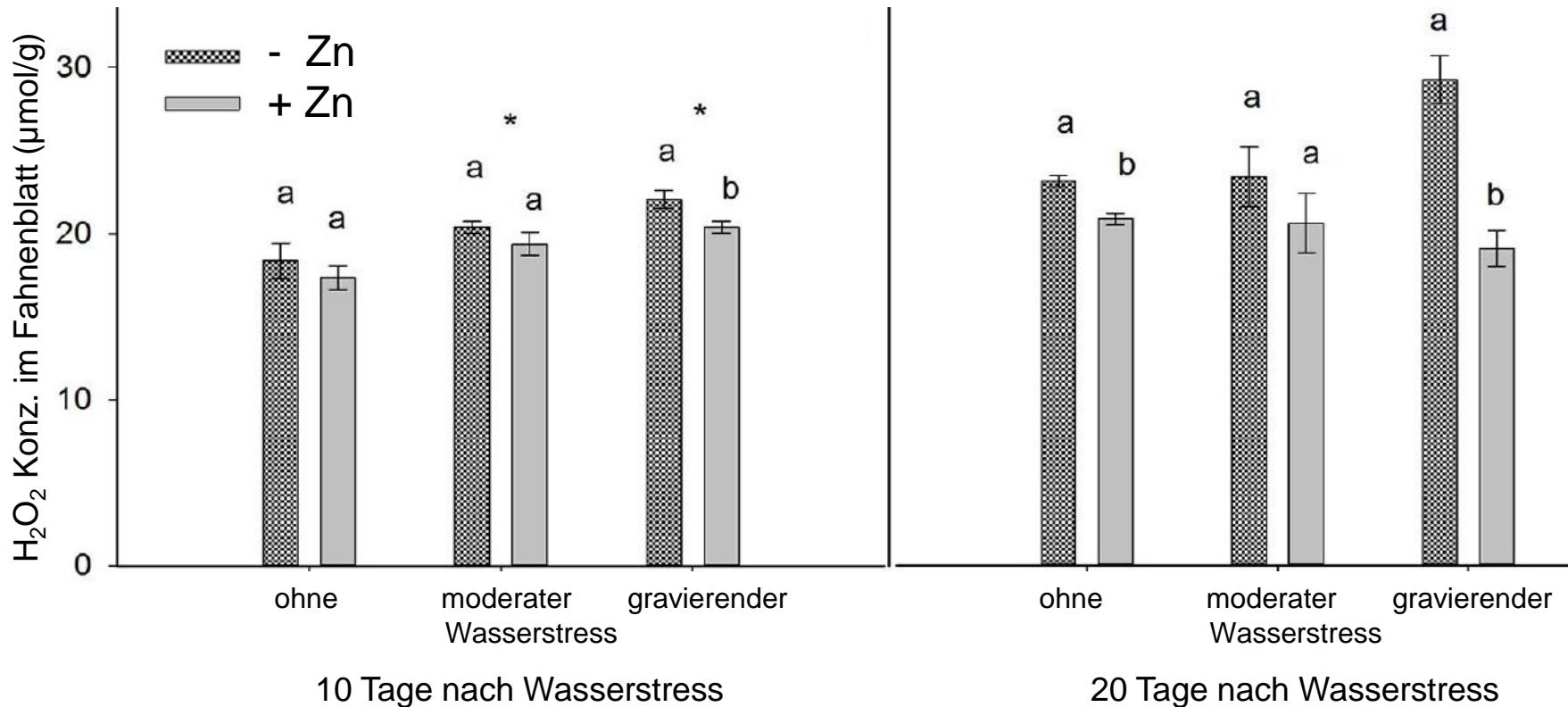
Gefäßversuch		Korn-Ertrag		Wassernutzungseffizienz		Photosyntheserate	
		g/Gefäß		g/L		mg CO ₂ /m/s	
adequate Wasserversorgung	Kontrolle	20,8	a	1,06	a	22,3	a
	Zn-Blatt *	19,2	a	0,98	a	23,3	a
Trockenstress	Kontrolle	13,9	B	0,96	B	17,6	B
	Zn-Blatt *	15,8	A	1,08	A	23,7	A
Feldversuch		Korn-Ertrag		Wassernutzungseffizienz		Photosyntheserate	
		t/ha		g/l		mg CO ₂ /m/s	
adequate Wasserversorgung	Kontrolle	5,6	a	1,48	a	16,8	a
	Zn-Blatt *	5,8	a	1,53	a	16,9	a
Trockenstress	Kontrolle	4,8	B	1,87	B	4,8	B
	Zn-Blatt *	5,6	A	2,15	A	8,7	A

* 4 Zn-Blattapplikationen von Schossen bis Blüte

Karim et al. (2012)

Bodenapplikation von Mikronährstoffen zur Abmilderung von Wasserstress

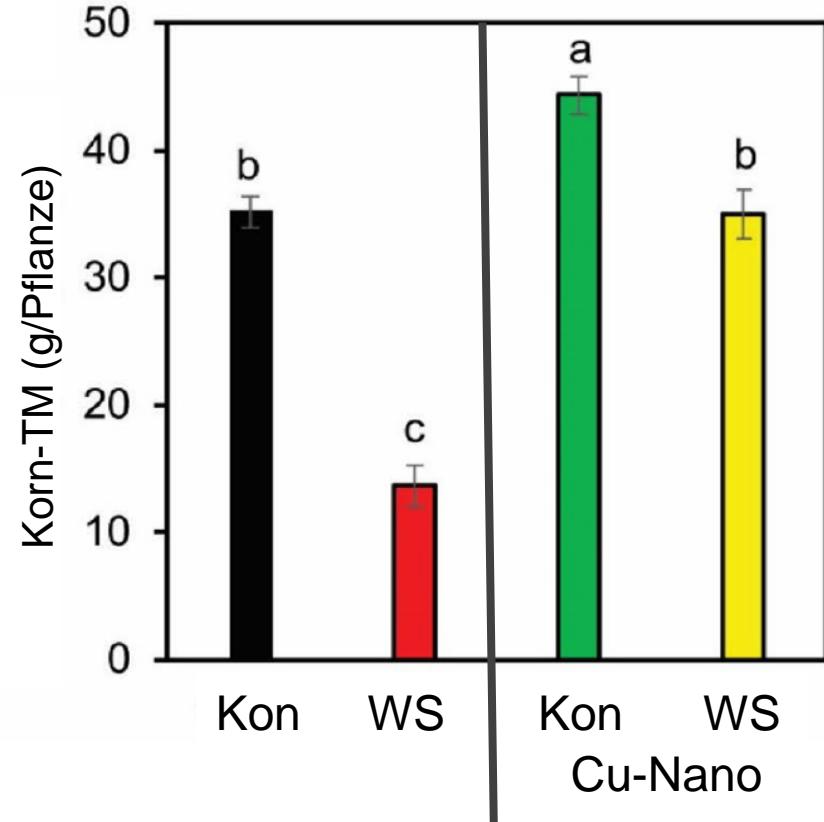
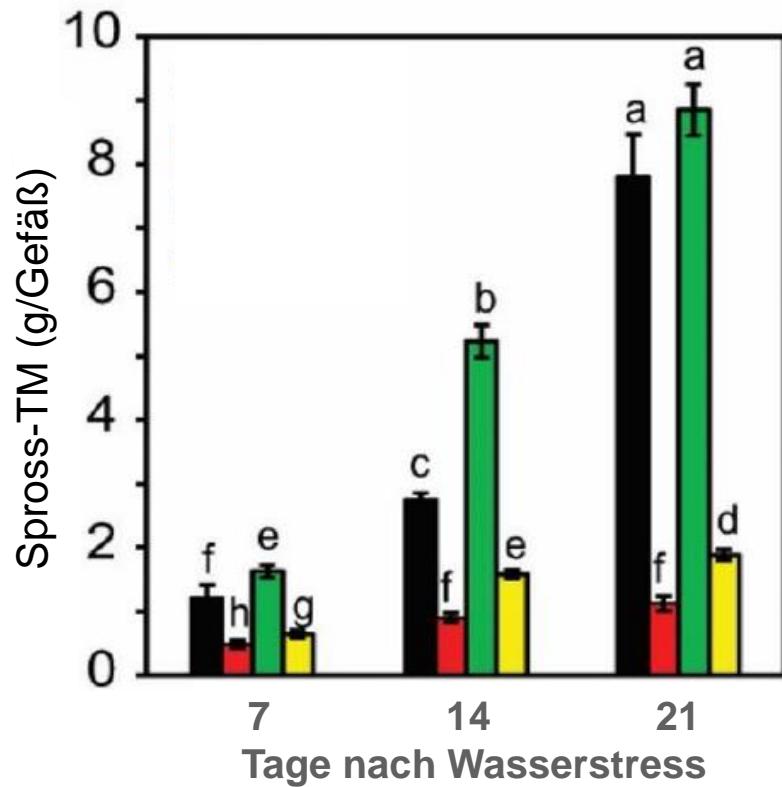
Veränderung der Wasserstoffperoxid-Gehalte im Fahnenblatt



Ma et al. (2017)

Applikation von Cu-Nanopartikeln zur Abmilderung von Wasserstress

Gefäßversuch mit Mais



Nguyen et al. (2021)

Veränderte Niederschlagsverteilung

Längere Trockenphasen

niedrige Bodenwassergehalte beeinflussen

- Mineralisation
- Diffusion & Massenfluss
- Nährstoffaufnahme

Welche Gegenmaßnahmen sind denkbar?

Pflanzen führt u.a. zu

- länger geschlossen Stomata
- höhere Blatttemperatur durch geringere Transpiration
- insgesamt reduzierte Photosynthese
- vermehrte Produktion von ROS
- ...

Häufigere Starkniederschläge

Nährstoffverlust durch

- Erosion / oberflächlicher Abtrag
- Nährstoffauswaschung

Wassersättigung im Boden bewirkt u.a.

- Sauerstoffmangel für Wurzeln
- erhöhte Denitrifikation

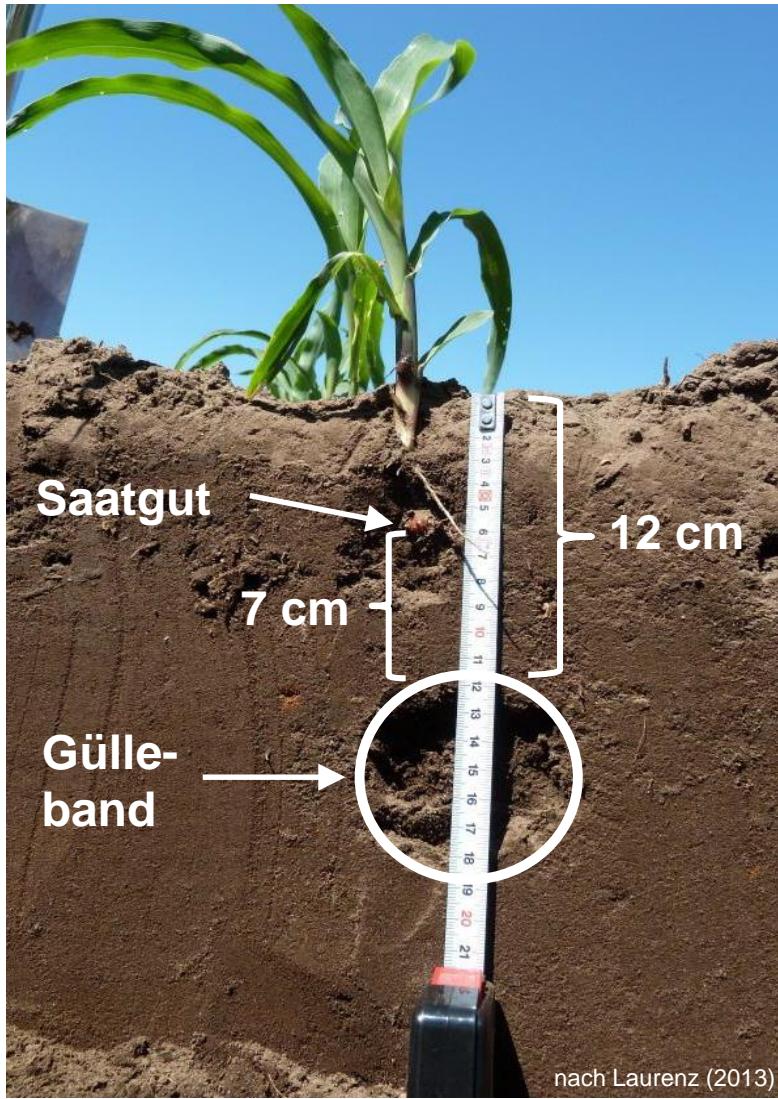
Platzierte Düngung durch Gülle-Injektion

Substitution der mineralischen Unterfußdüngung durch bandförmige Applikation von Gülle/Gärresten in den Boden

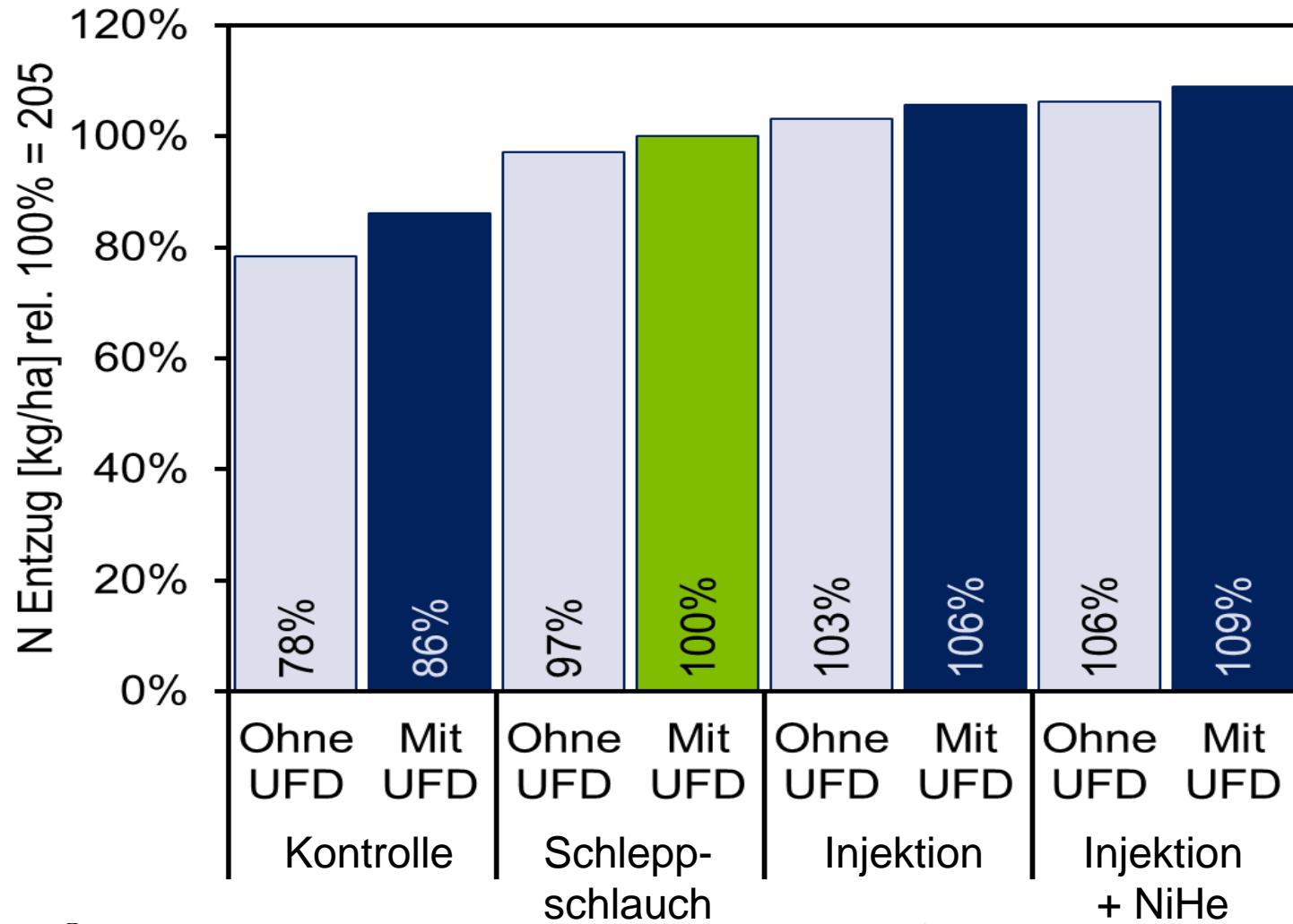
- Minimierung von NH_3 -Verlusten durch Injektion
- Reduktion der N_2O -Emissionen durch Zugabe von Nitrifikationshemmstoffen
- Verbesserung der P-Aneignung durch Wurzelnähe
- Verringerung der NO_3 -Auswaschung



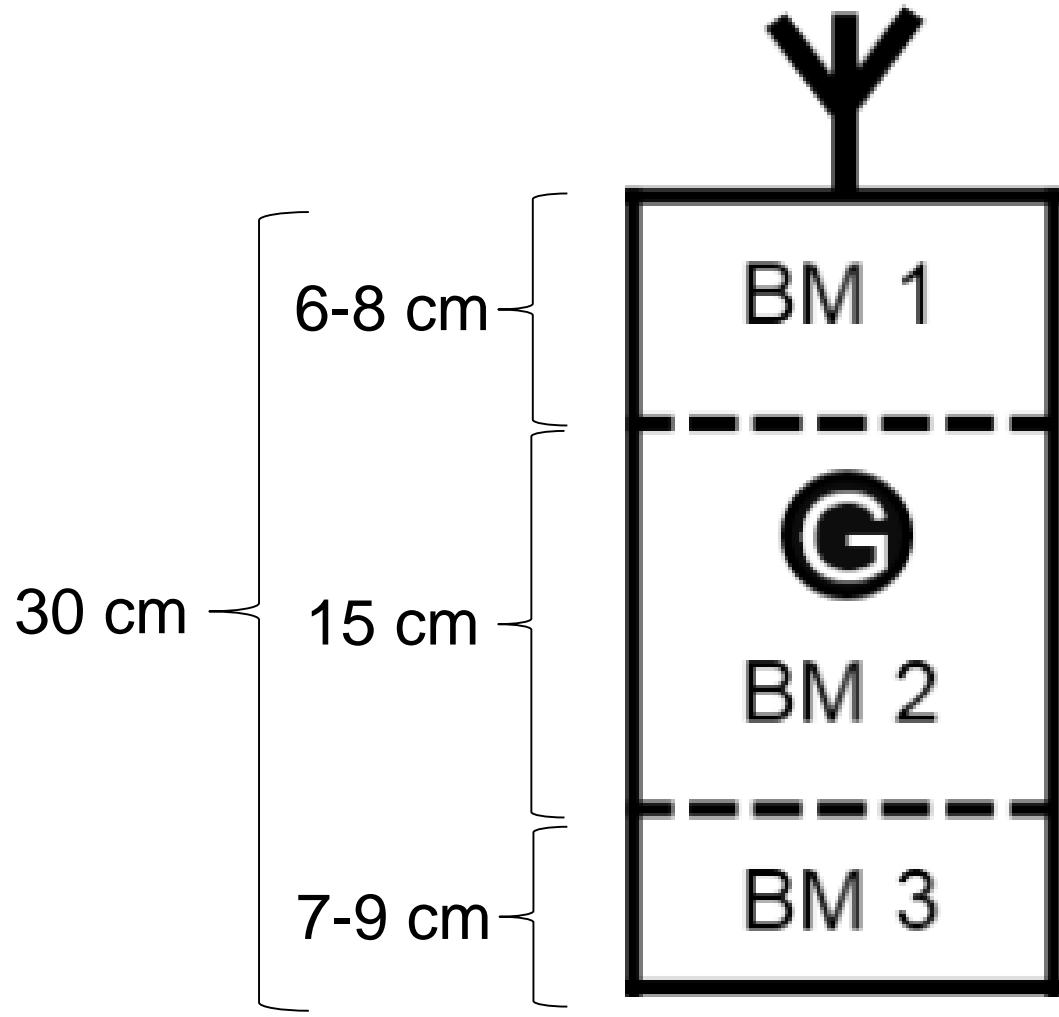
Platzierte Düngung durch Gülle-Injektion



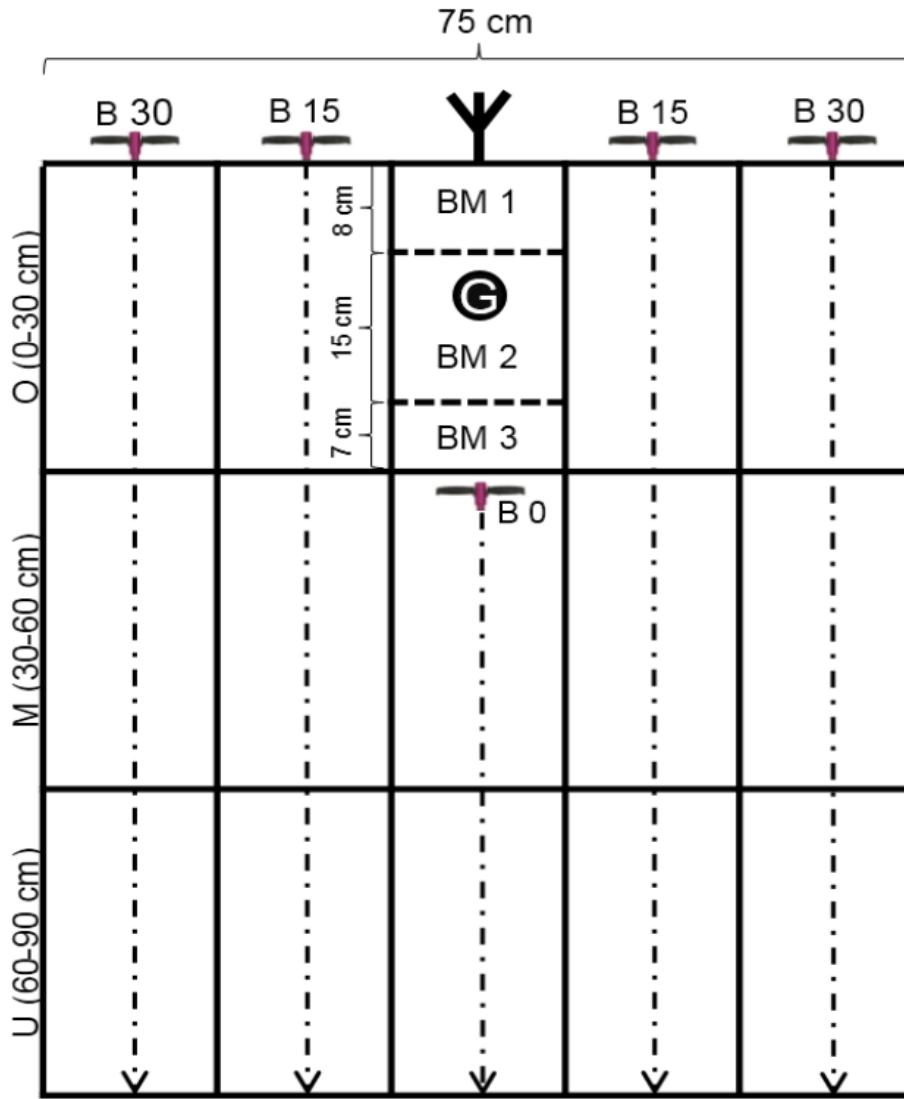
Mais-Feldversuchsserie in Nordwest-Deutschland (2013 – 2015)



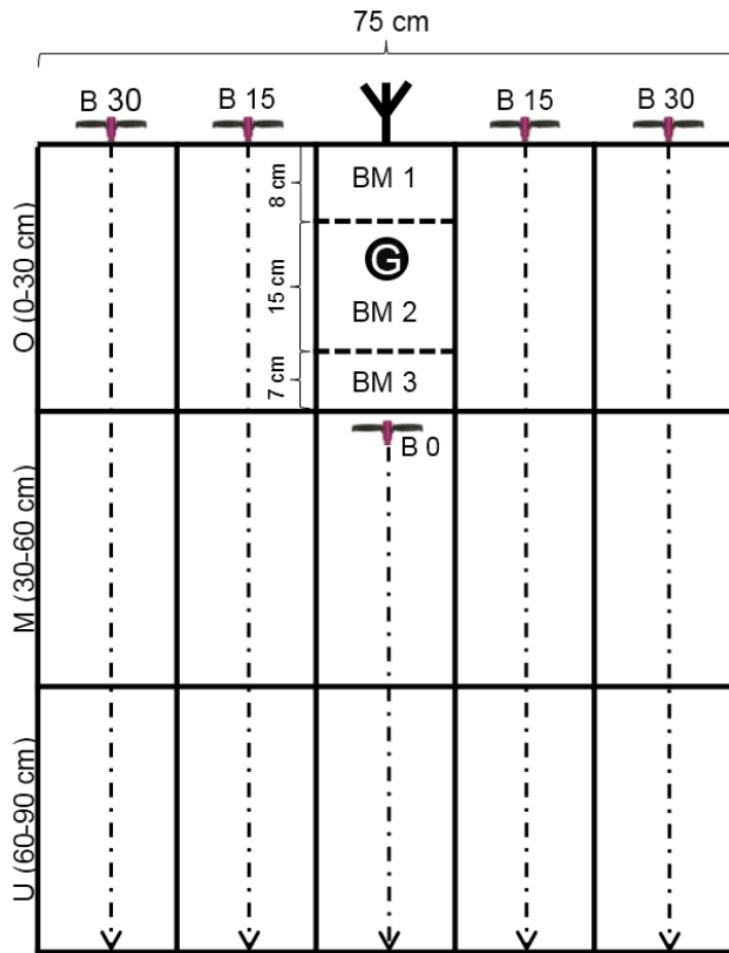
Entwicklung einer angepassten Beprobungsmethodik



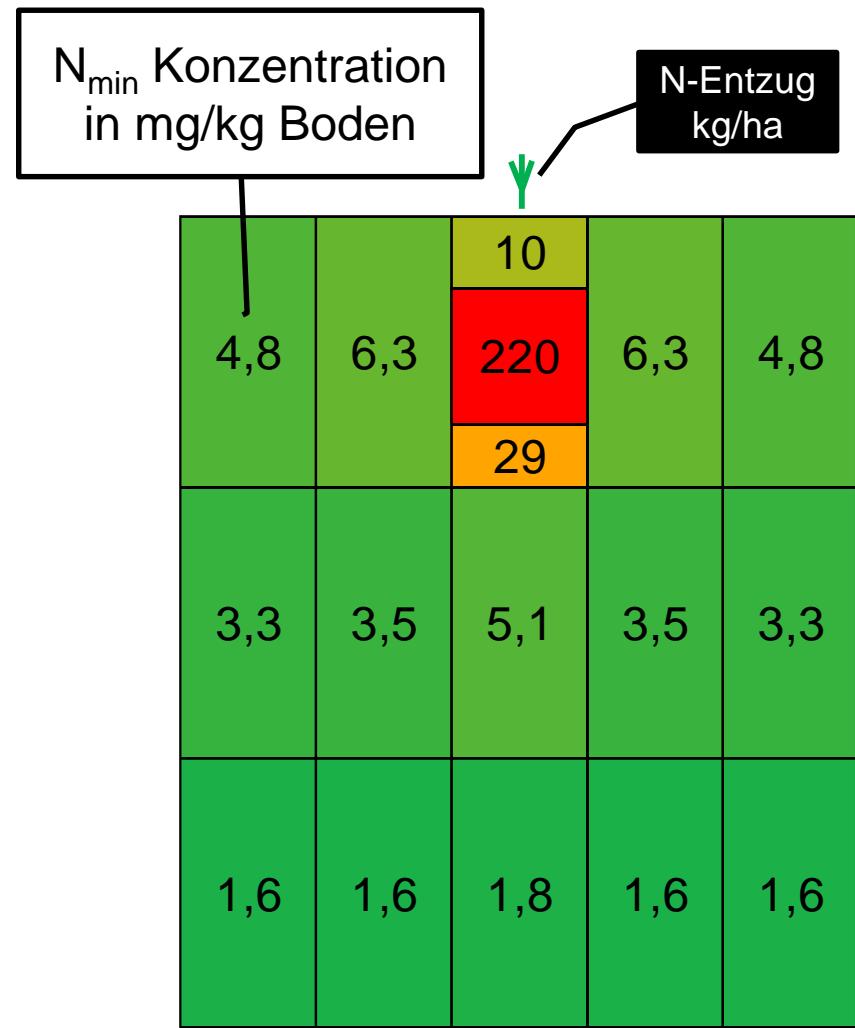
Entwicklung einer angepassten Beprobungsmethodik



Boden-N_{min}-Dynamik

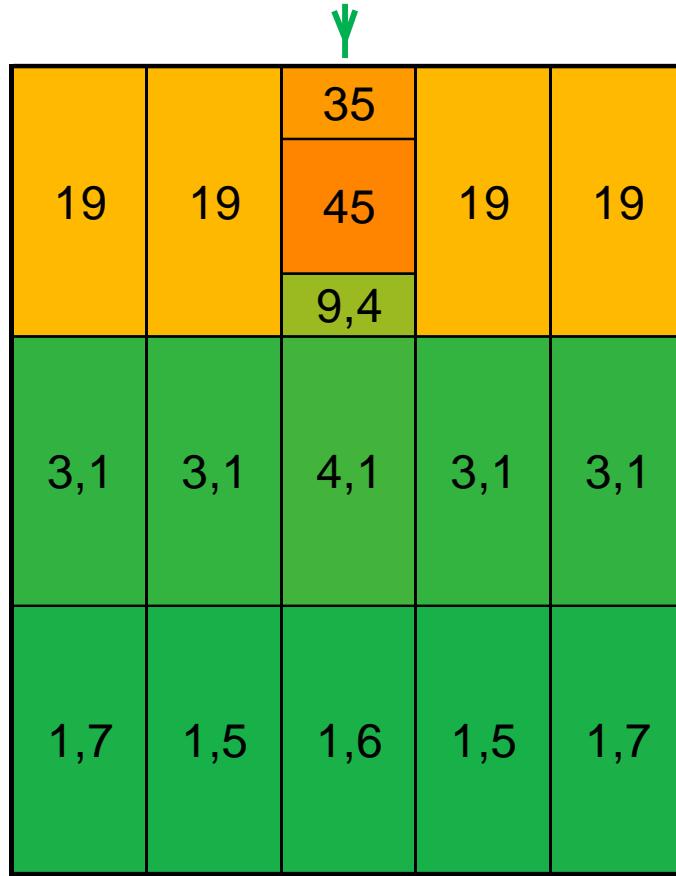


Bodenbeprobungsmethodik

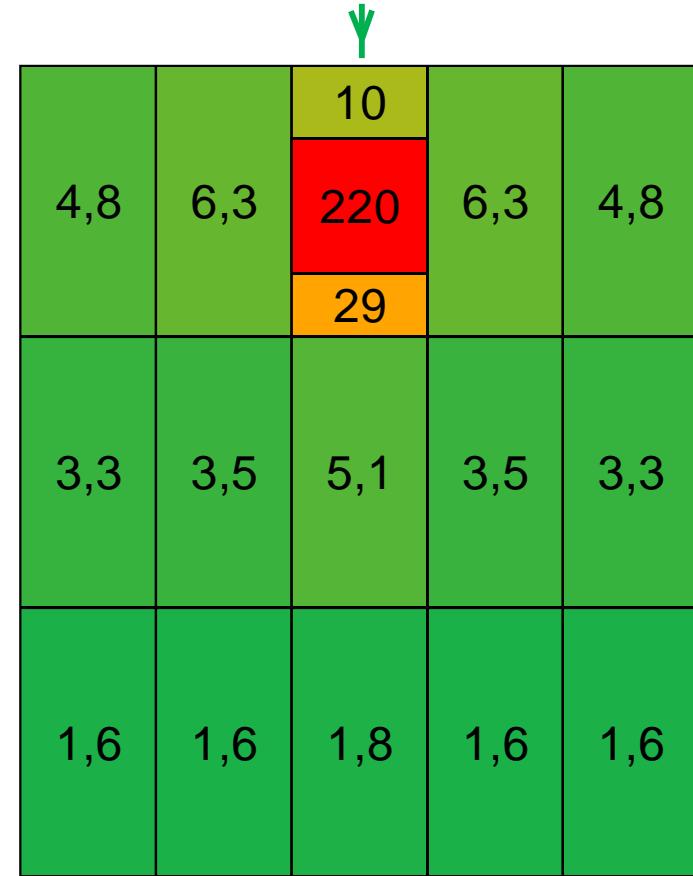


Boden-N_{min}-Dynamik 2014

5. Mai 2014 (nach Auflauf des Maises = 24 Tage nach Gülle-Applikation)



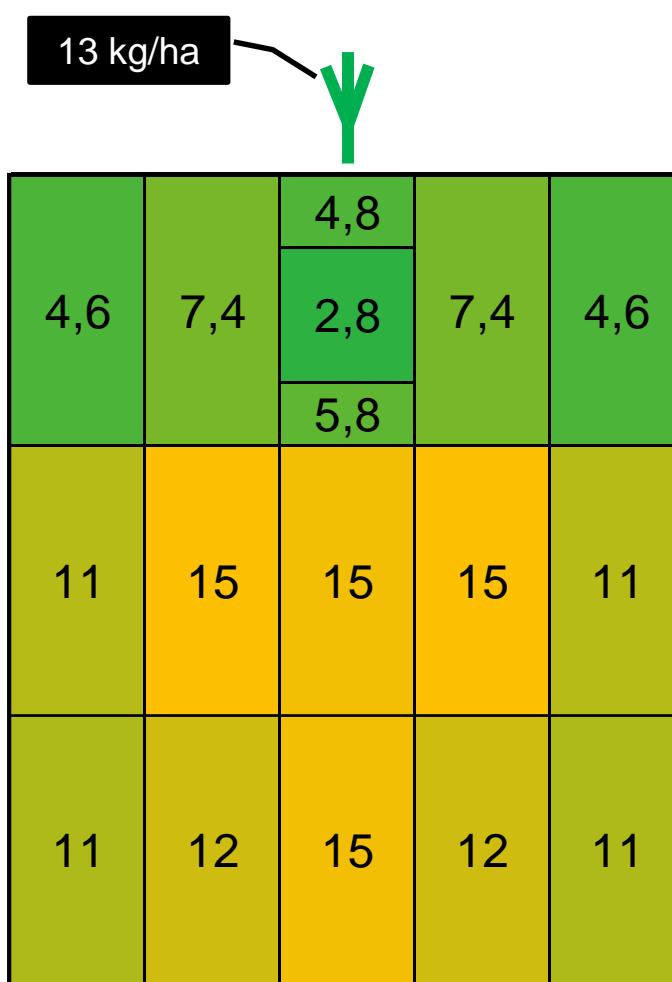
Standard



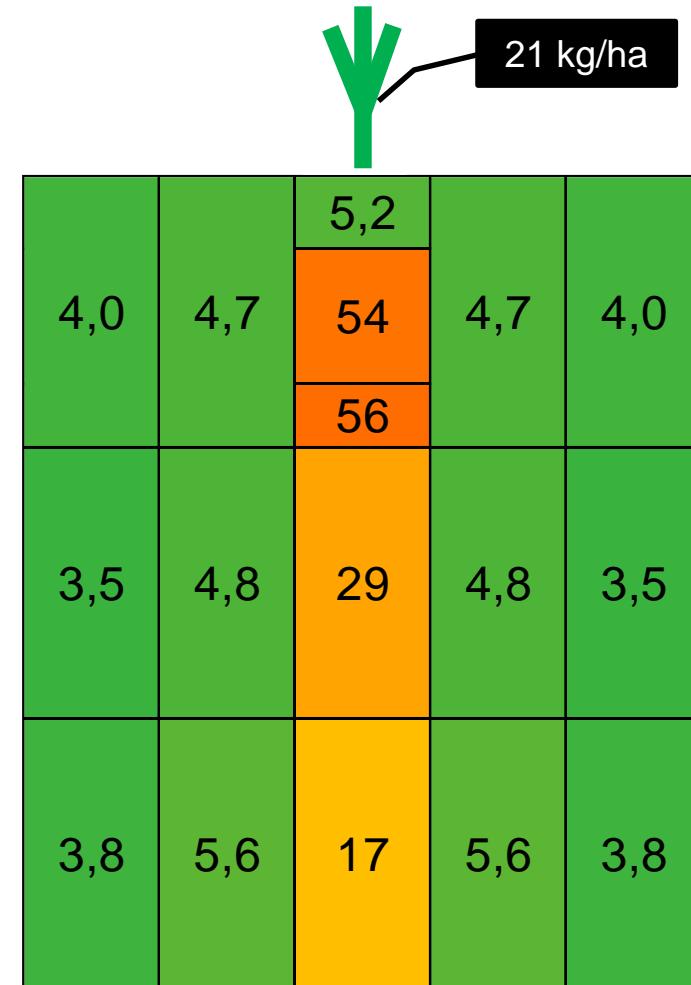
Injektion + NiHe

Boden-N_{min}-Dynamik 2014

11. Juni 2014 (6-Blatt-Stadium = 61 Tage nach Gülle-Applikation)



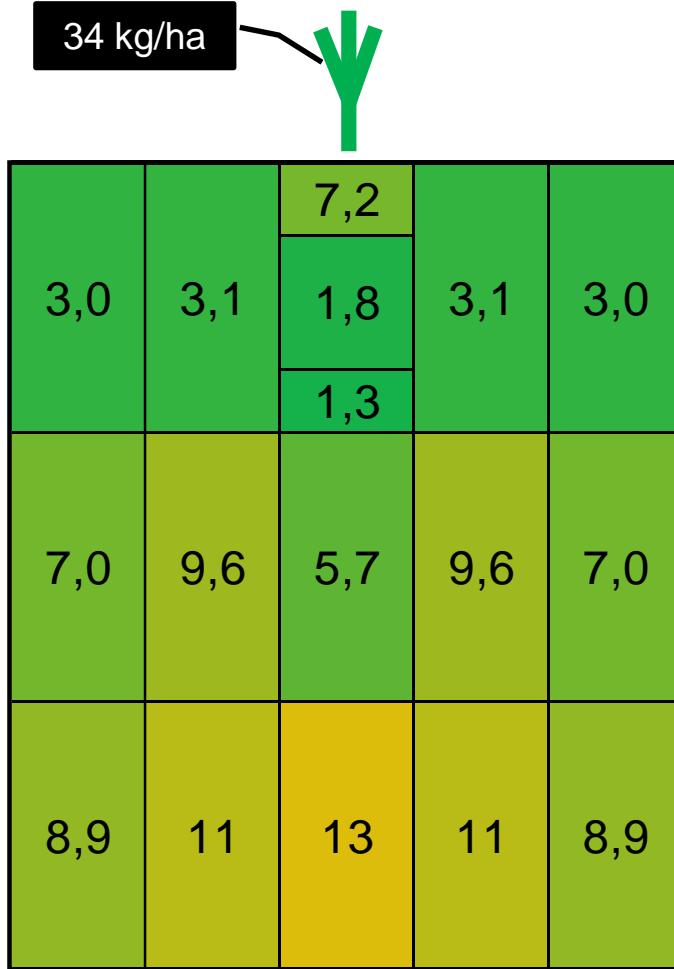
Standard



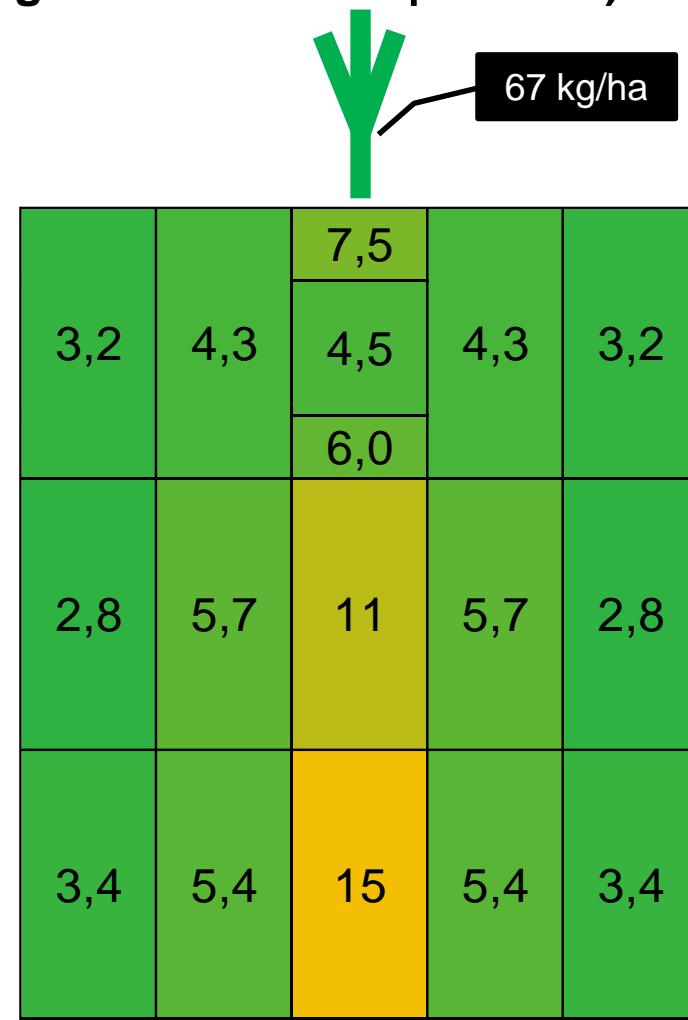
Injektion + NiHe

Boden-N_{min}-Dynamik 2014

2. Juli 2014 (10-Blatt-Stadium = 81 Tage nach Gülle-Applikation)



Standard



Injektion + NiHe

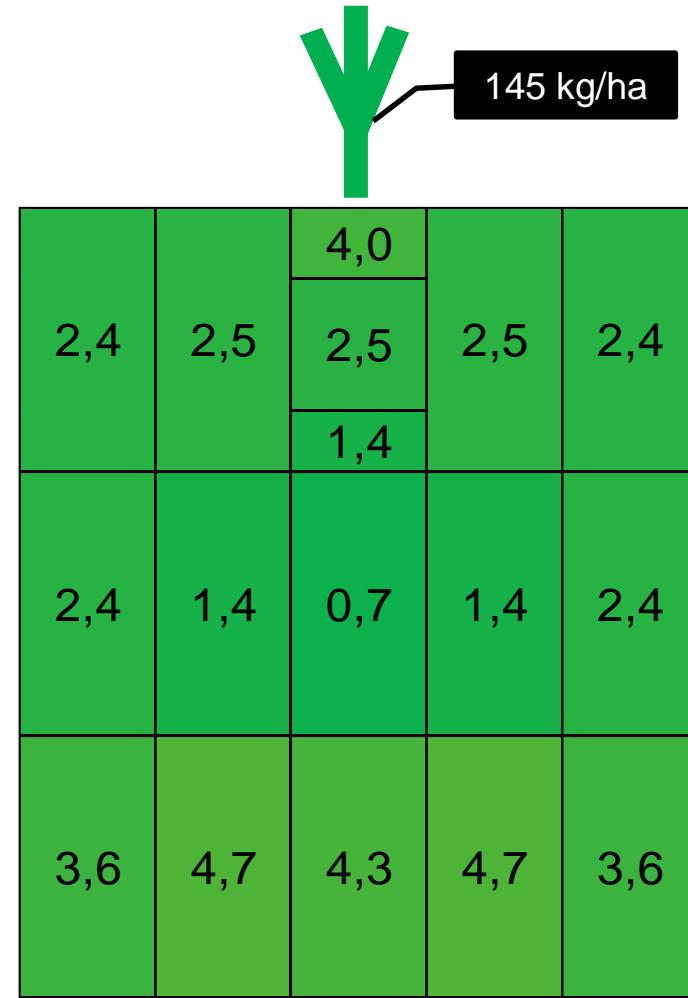
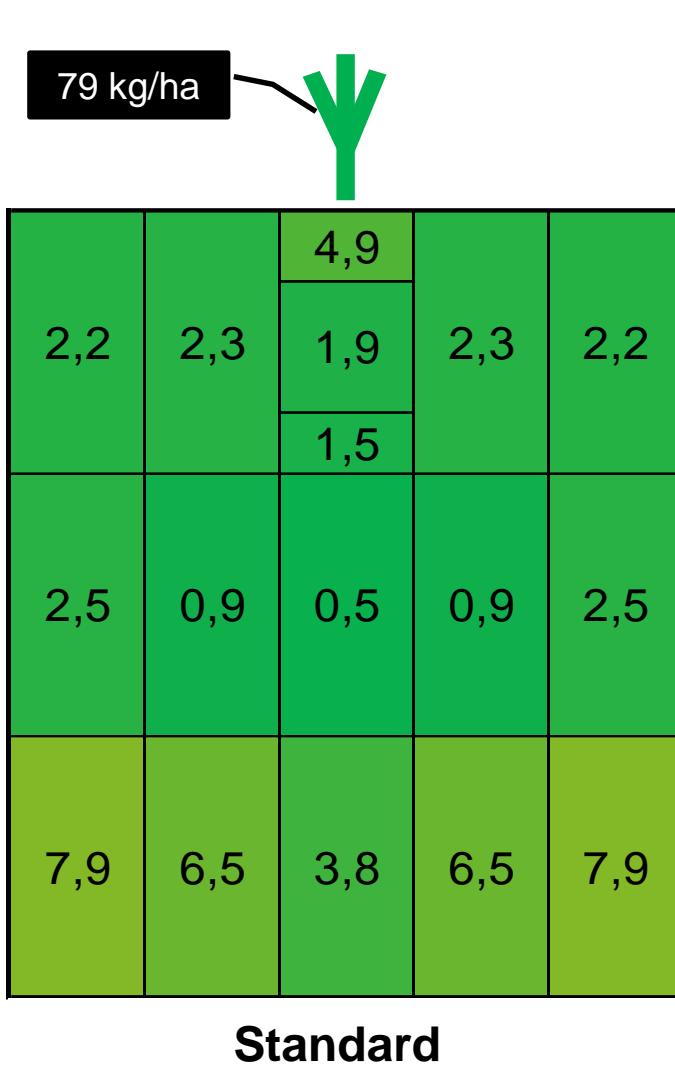
Blick in den Bestand

2. Juli 2014 (10-Blatt-Stadium = 81 Tage nach Gülle-Applikation)



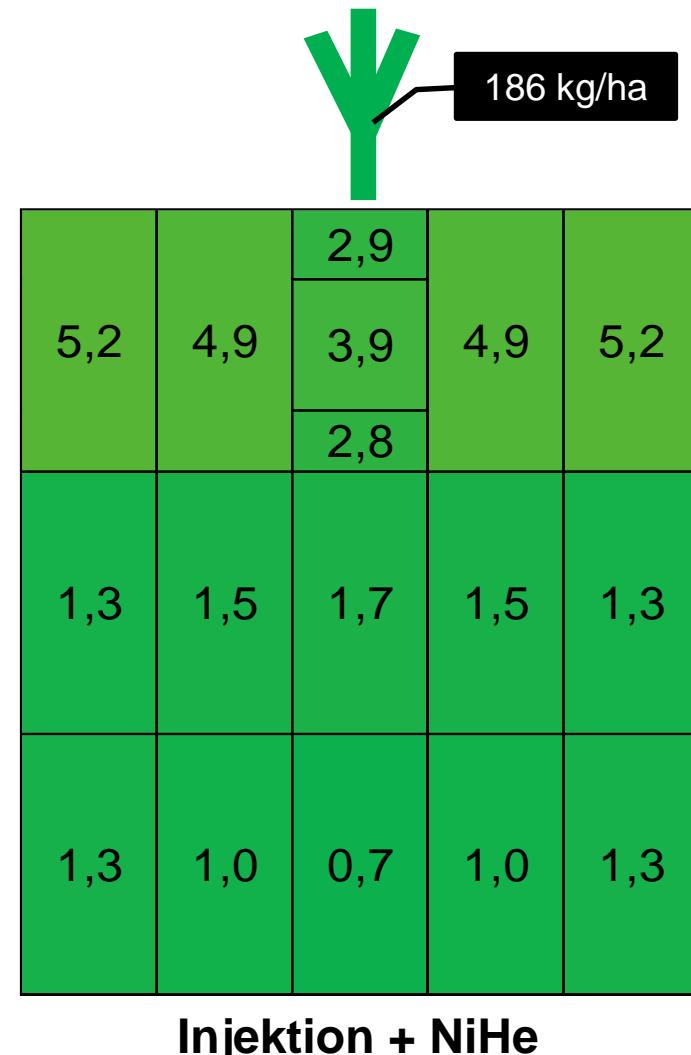
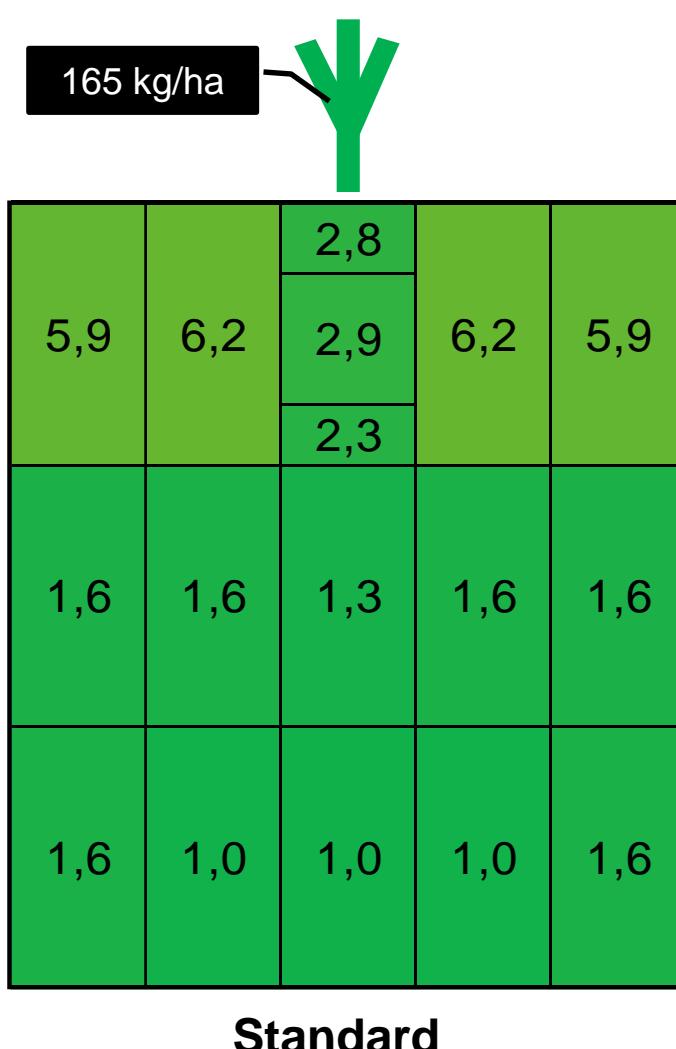
Boden-N_{min}-Dynamik 2014

Blüte (102 Tage nach Gülle-Applikation)



Boden-N_{min}-Dynamik 2014

Nach Ernte (185 Tage nach Gülle-Applikation)



Punktuelle mineralische Unterfuß-Düngung zu Mais

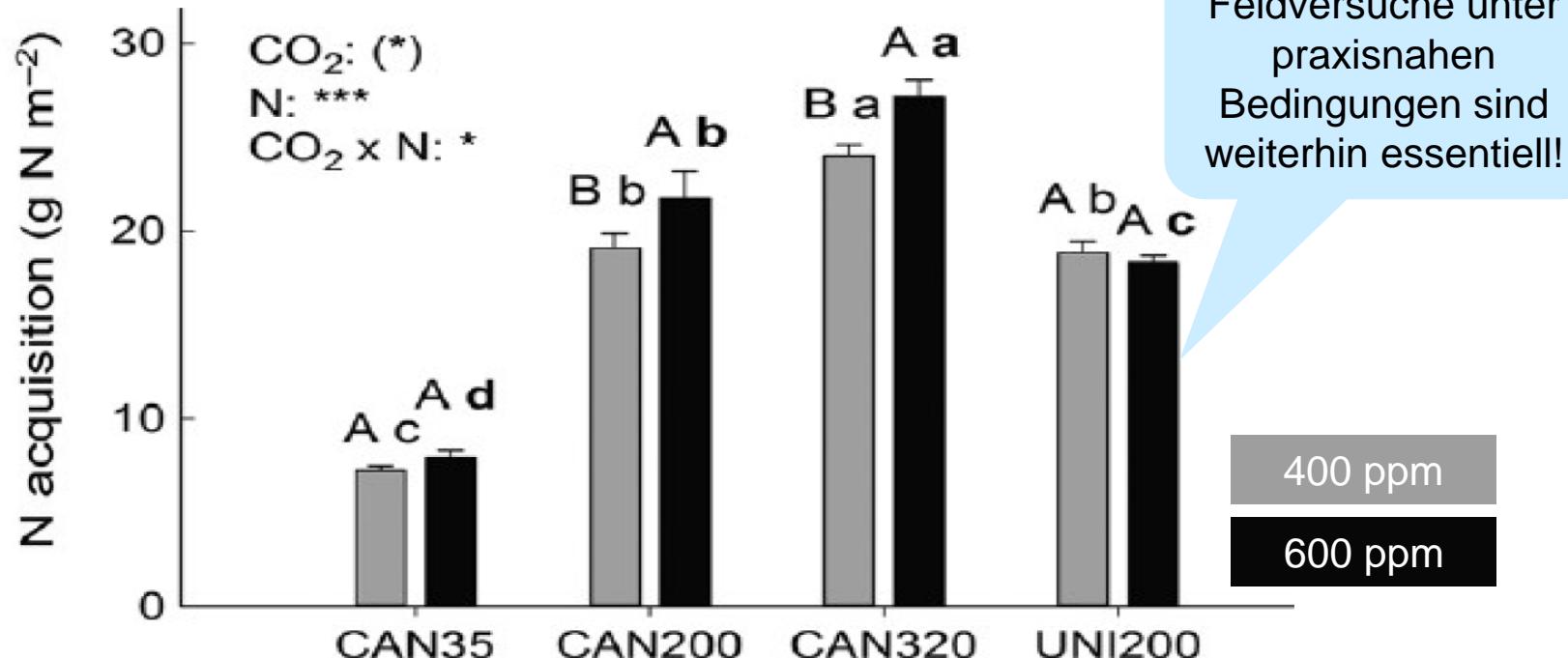


- 10 Feldversuche (2017 – 2019)
- lehmige Sande – schluffige Lehme
- P-Versorgungsstufe: B – E

Relativer TM-Ertrag in %			
Aufwandmenge DAP	Platzierung	Körnermais *	Silomais
0 %	-	92 a **	94 a
50 %	punktuell	100 b	102 bc
75 %	konventionell	96 a	98 ab
	punktuell	102 b	103 bc
100 %	konventionell (Referenz)	100 b	100 b
	punktuell	106 c	107 c

Bouten et al. (2020)

Wechselwirkungen zwischen CO₂ und N-Düngermenge und -form



	18-03-2015	28-04-2015	11-05-2015	11-06-2015	Gesamt
KAS 35 <=	CAN35	15	15	5	35
KAS 200 <=	CAN200	70	35	35	60
KAS 320 <=	CAN320	120	60	60	320
Harnstoff+NiFi <=	UNI200	70	35	35	60

Dier et al. (2017)

... und was ist sonst noch zu bedenken?

- Erfassung der pflanzenverfügbaren Nährstoffe im Boden über Bodenanalysen (oder zukünftig über entsprechende Nährstoffsensoren)
- Bewertung der Nährstoffnachlieferung aus den Bodenvorräten (unter Berücksichtigung der kurz- und mittelfristigen Wetterprognosen)
- realistische Abschätzung (und fortlaufende Anpassung) der Ertragserwartung insbesondere in Abhängigkeit von dem nutzbaren Bodenwasserangebot (nach Teilflächen differenziert)
- (kontinuierliche) Erfassung des Nährstoffversorgungsstatus der Pflanzen
- Verknüpfung der Informationen über sogenannte „Decision Support“-Modelle



Was bleibt festzuhalten?

- Klimawandel führt zu
 - ✓ höheren CO₂-Konzentrationen
 - ✓ höheren Jahresdurchschnittstemperaturen und zu häufigeren Temperaturextremen
 - ✓ Jahresniederschlagssummen ändern sich nur wenig, aber es muss mit längeren Trockenperioden und vermehrt mit Starkniederschlagsereignissen gerechnet werden
- Düngungsmaßnahmen müssen situativ angepasst werden
 - ✓ Düngerapplikationszeitpunkte
 - vorziehen um günstige Bodenwasserbedingungen auszunutzen
 - kurzfristig entsprechend der erwartbaren Niederschlägen ansetzen
 - ✓ Düngermengen kontinuierlich an Ertragserwartung anpassen in Abhängigkeit von
 - Niederschlag und Bodenwasserangebot
 - Nährstoffangebot des Bodens
 - ✓ Düngerform (inkl. Zuschlagsstoffe)
 - schnelle direkte ODER langsam „kontinuierliche“ Freisetzung der Nährstoffe (s.o.)
 - Löslichkeit zur Einwaschung in den Boden beachten
 - ✓ Düngerplatzierung
 - bessere räumliche Zugänglichkeit für Wurzeln
 - geringeres Risiko der Nährstofffestlegung im Boden

