

**Neue Umweltschutzauflagen und EU-Förderkulissen,
teure Produktionsmittel und steigende Produktpreise:
Wie soll der Ackerbau reagieren?
*Aus der Sicht des Pflanzenbaus***

**Henning Kage
Institut für Pflanzenbau & Pflanzenzüchtung
Christian-Albrechts Universität Kiel**

Zielparameter ackerbaulicher Landnutzung Im Spannungsfeld von Markt und Politik

Angebot und Nachfrage von Wirtschaftsgütern

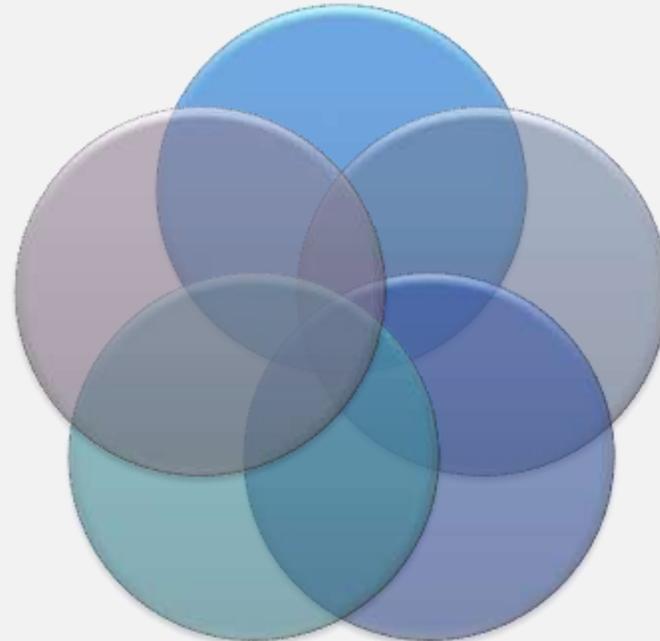
Markt



Preise

Wertschöpfung
(auf dem Land)

Ernährungs-
sicherung



Klimawandel/
Klimaschutz

Gesetze
Verordnungen
Prämien

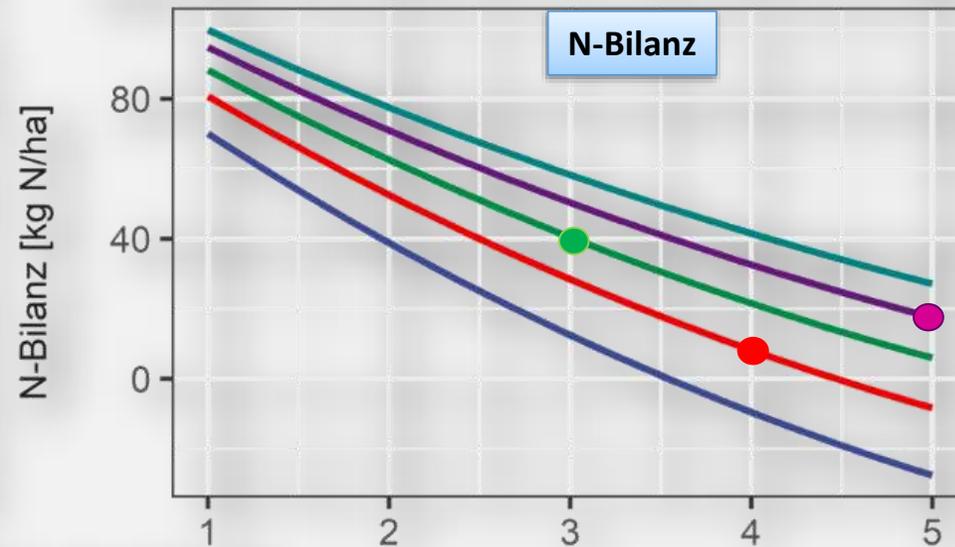
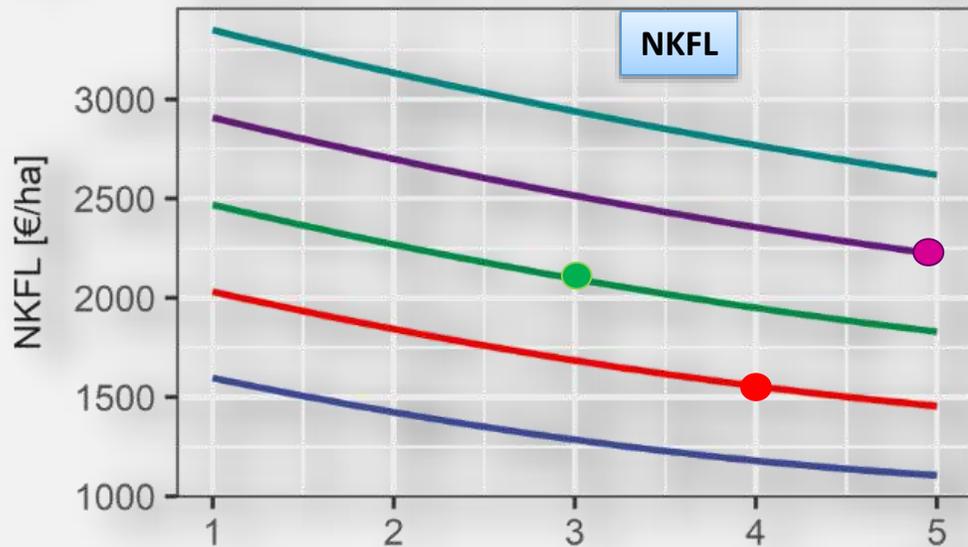
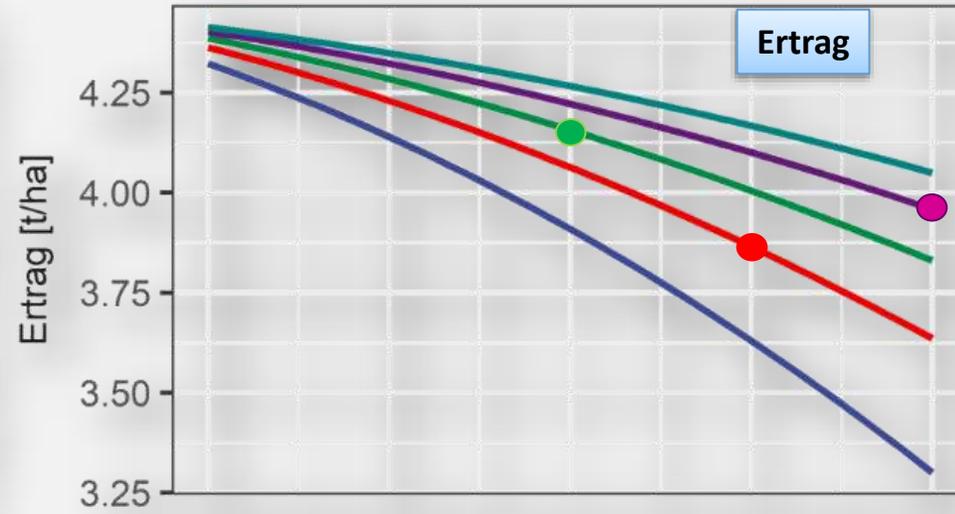
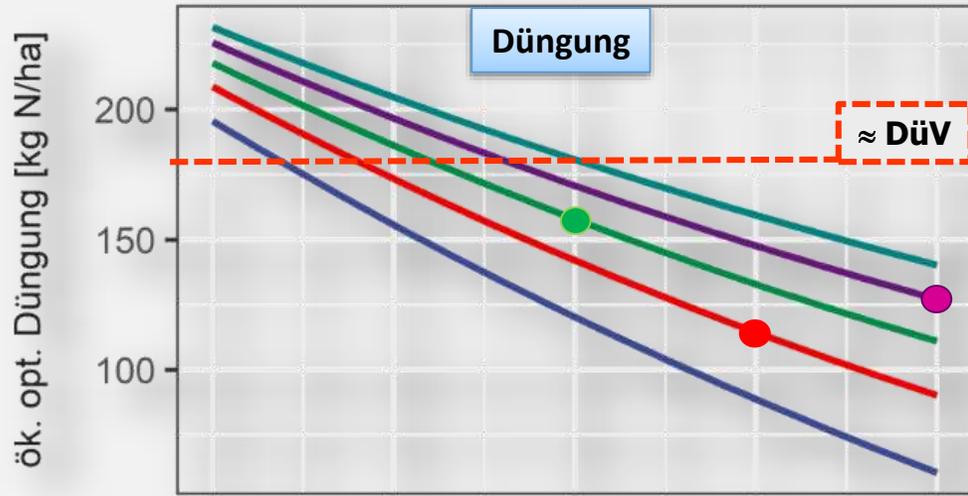
Biodiversität



Politik

Zustand bzw. Wahrnehmung (Beliefs)
über den Zustand „öffentlicher“ Güter

Markt: Effekte von Raps- und N-Düngerpreis auf Parameter des Rapsanbaus



- 3 €/kg N
600 €/Raps
 - 5 €/kg N
700 €/Raps
 - 3 €/kg N
500 €/Raps
- Rapspreis [€/t]
- 400
 - 500
 - 600
 - 700
 - 800

Je nach Rapspreis
Bei hohen N-Preisen:

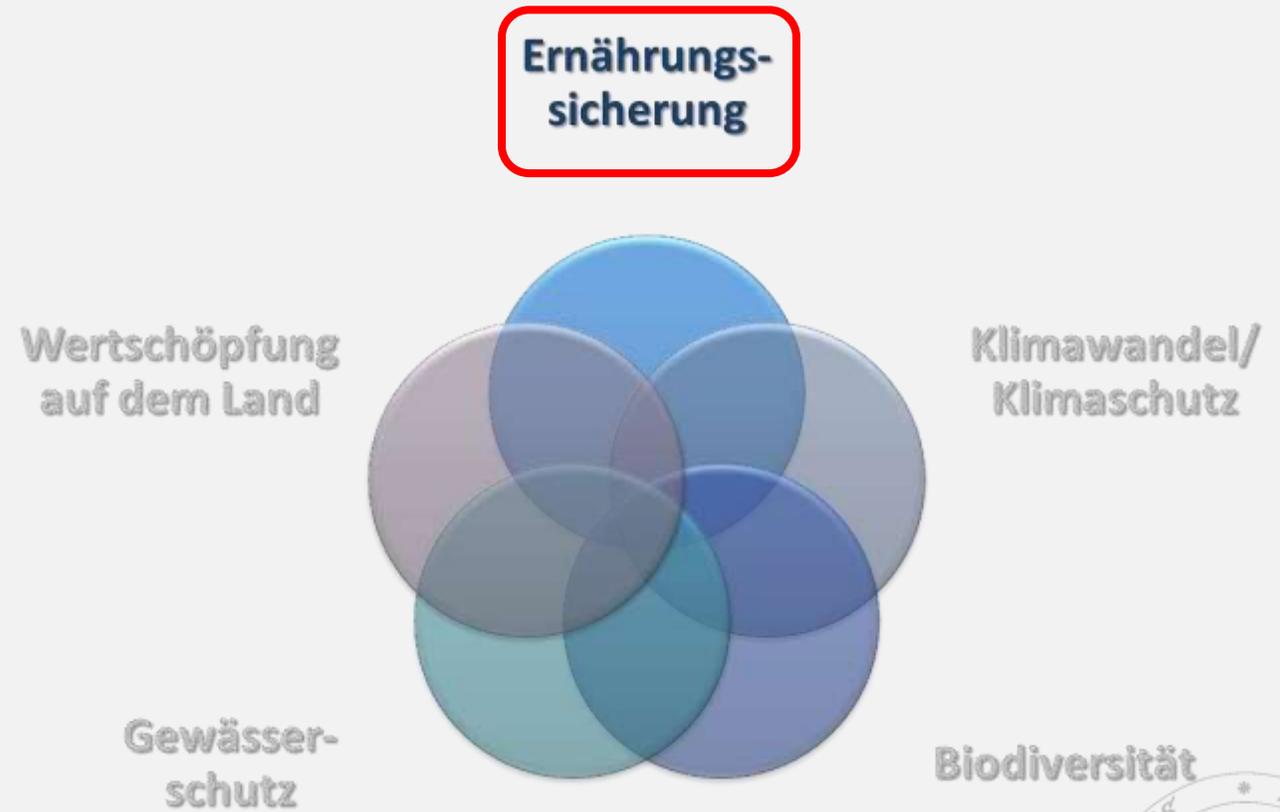
- Reduktion der N-Düngung
- Ertragsminderung
- NKFL steigt ggf.



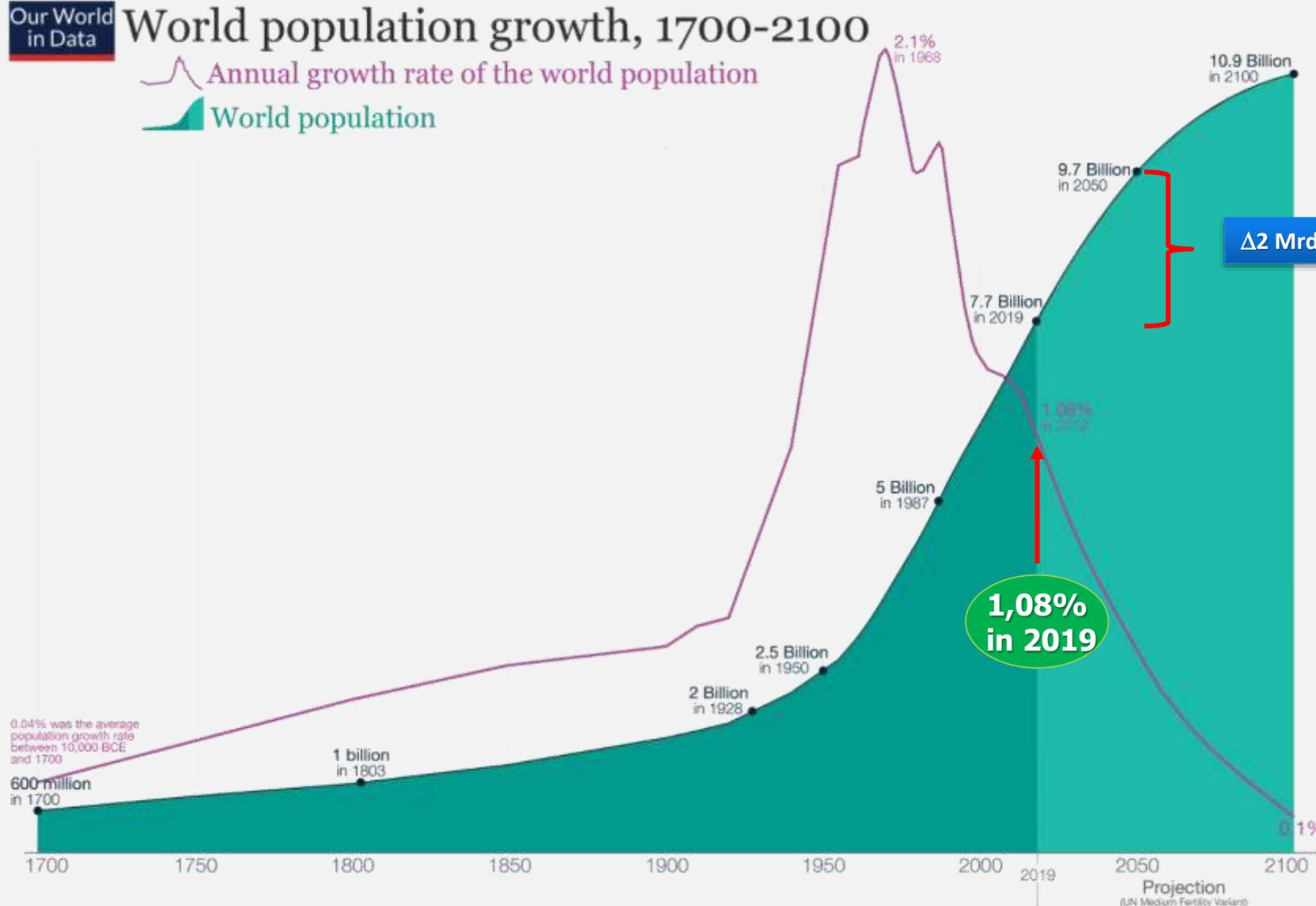
Eigene Berechnung, Auswertung von 132 N-Steigerungsreihen mit Winterraps (ohne Herstdüngung)

■ Bestandsaufnahme/Bewertung

■ Anpassungsoptionen



Zielparameter Ernährungssicherung: Nachfragefaktor Bevölkerungswachstum



Δ2 Mrd.

- Zunahme um etwa 2 Mrd. bis 2050
- Aktuelle Wachstumsrate ca. 1% + Steigerung Einkommen
- Steigerung Bedarf ca. 1,5-2%/a

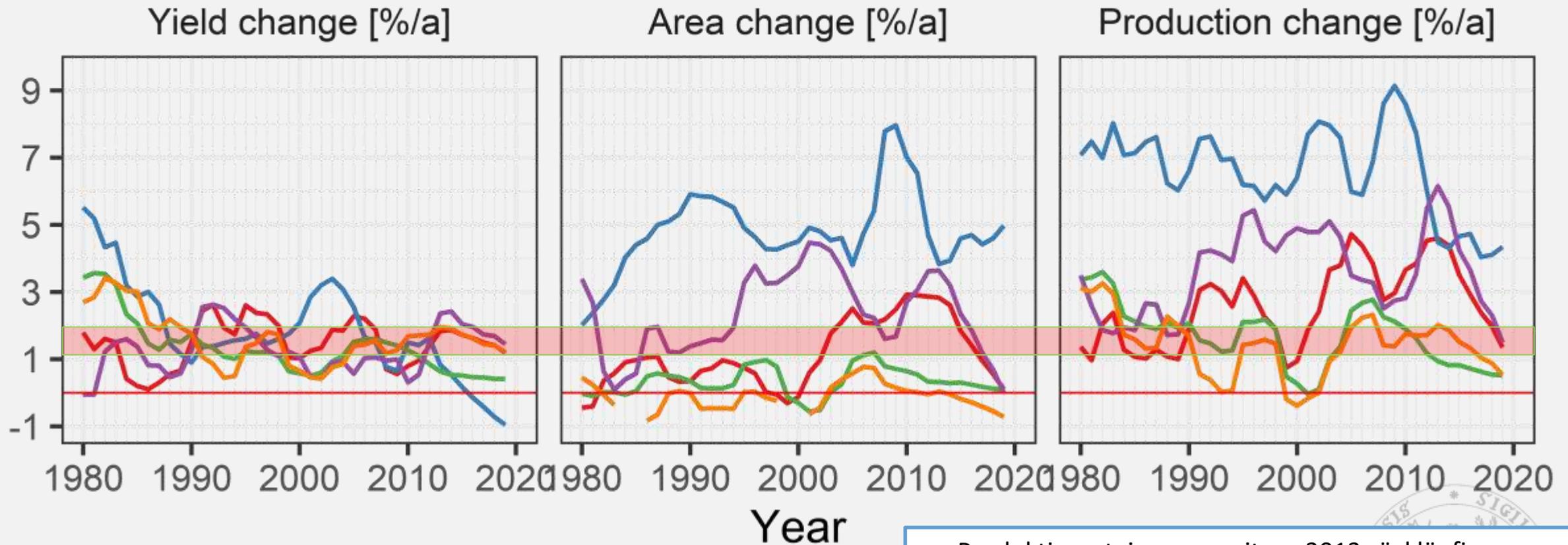
Data sources: Our World in Data based on HYDE, UN, and UN Population Division [2019 Revision]
This is a visualization from OurWorldinData.org, where you find data and research on how the world is changing.

Licensed under CC-BY by the author Max Roser.



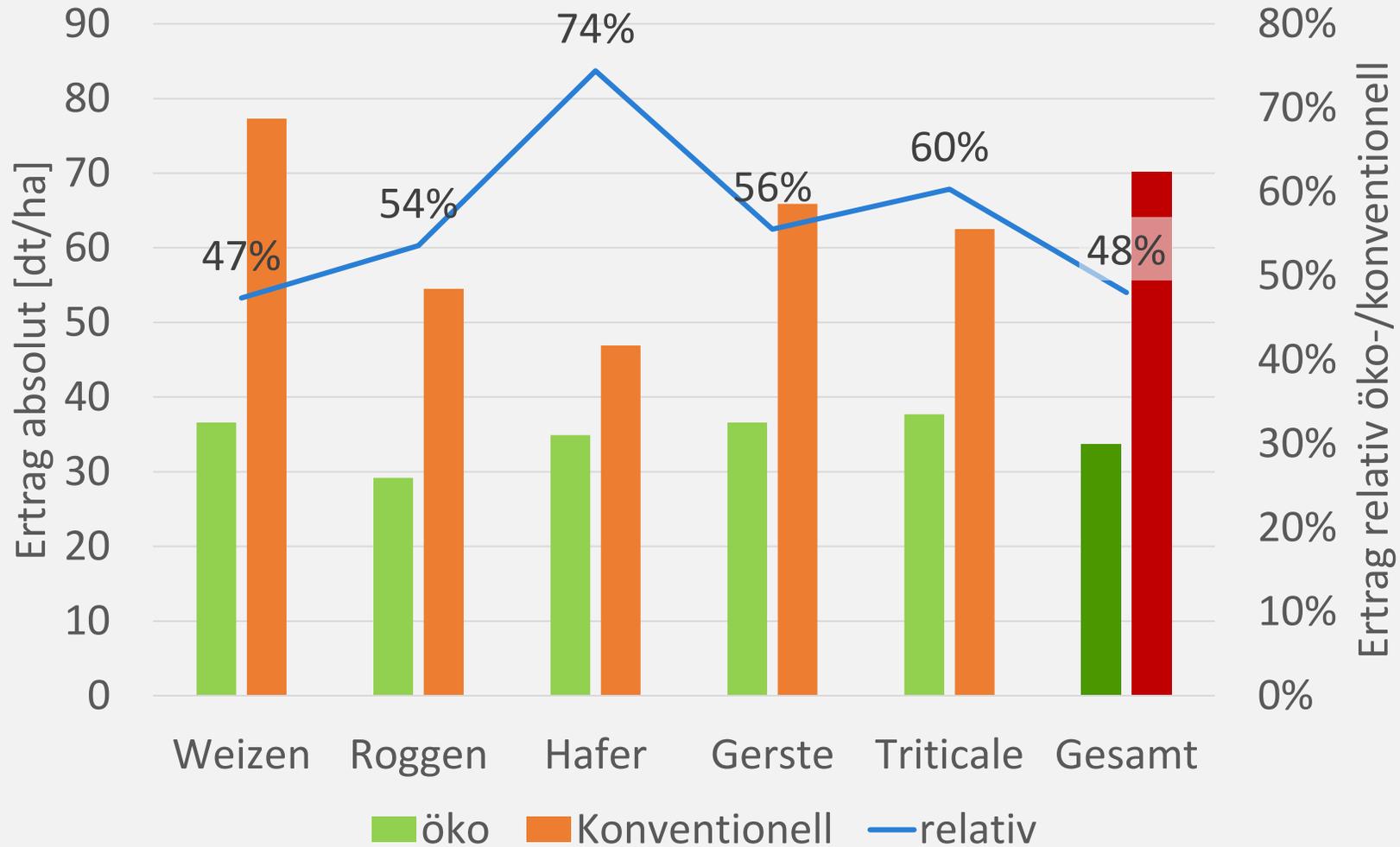
Relative Änderung von Ertrag, Erntefläche und Produktion wichtiger Nahrungspflanzen

— Maize — Oil palm fruit — Rice, paddy — Soybeans — Wheat



- Produktionssteigerung seit ca. 2013 rückläufig
- **Aktuelles Niveau Ertragssteigerung kleiner als Bedarfssteigerung**

Zielparameter Ernährungssicherung: Getreideerträge ökologisch/konventionell



Ertragsniveau Ökolandbau

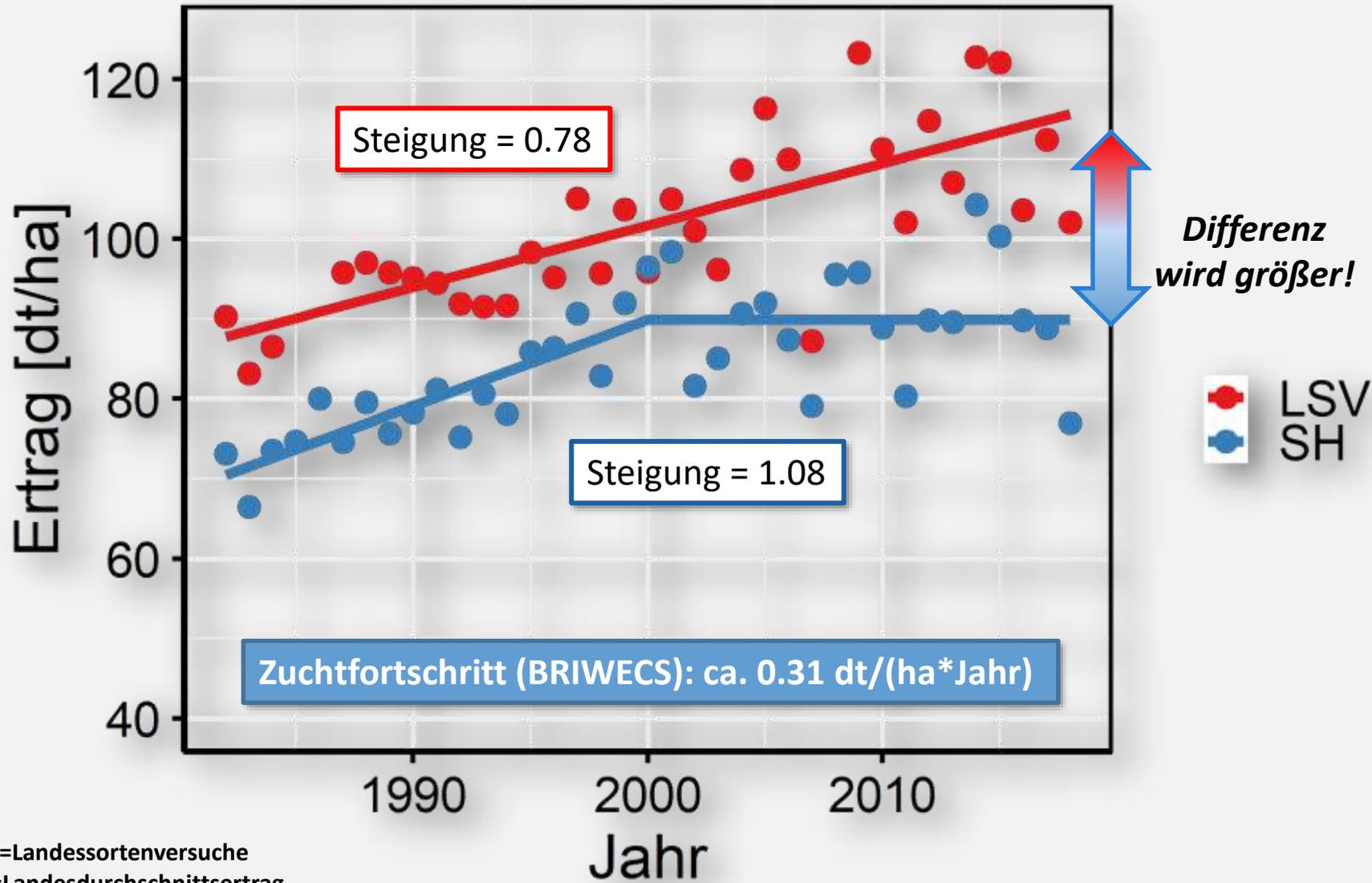
- Getreide ≈ 50%
- Gemüse & Obst höher

Ziel Ernährungssicherung:
30% Ökolandbau sinnvoll?



Klimawandel/Fruchtfolge

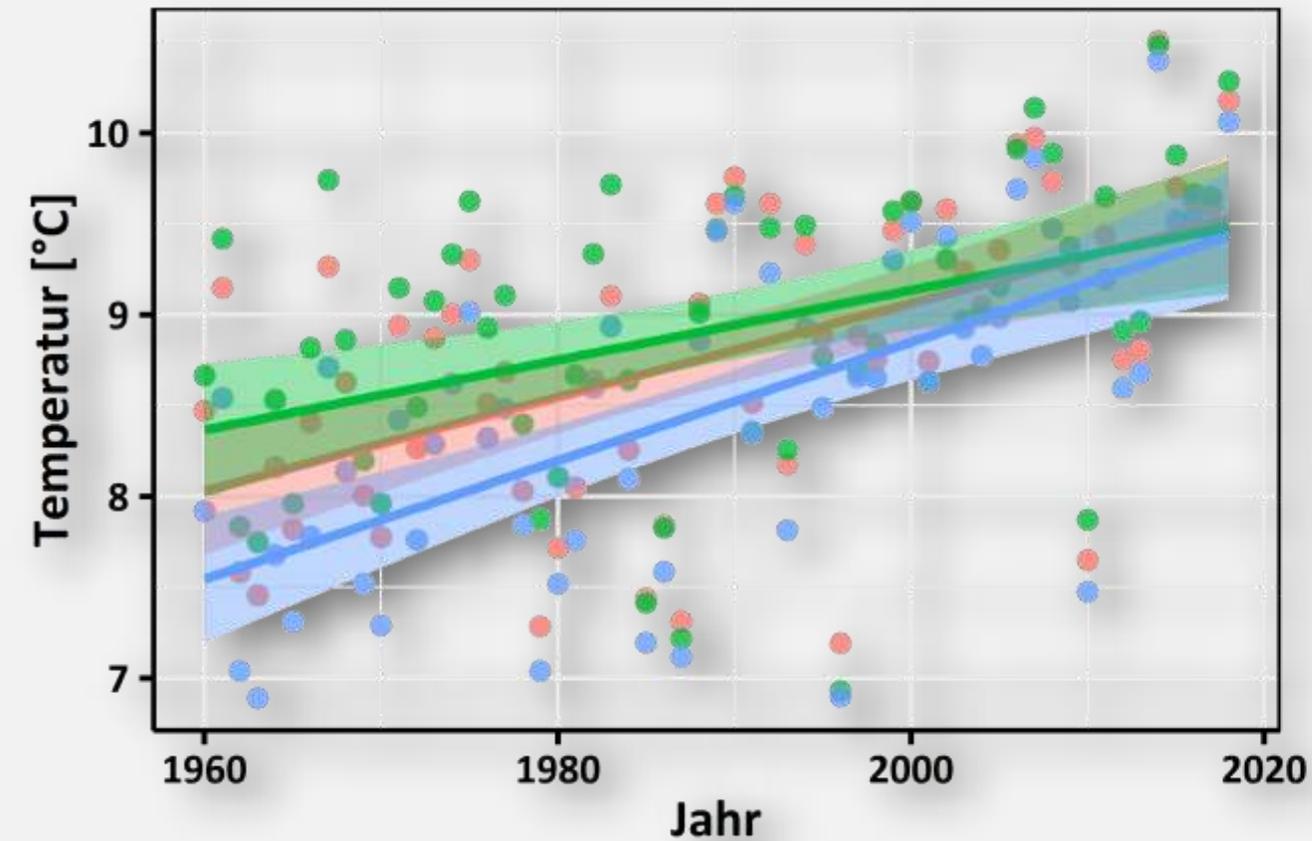
Winterweizenertrag LSV Hügelland vs. Land SH



Züchtungsfortschritt wird in der Praxis zunehmend nicht realisiert!
Ursachen?

- Klima?
- Fruchtfolge?

Jahrestemperaturtrends SH

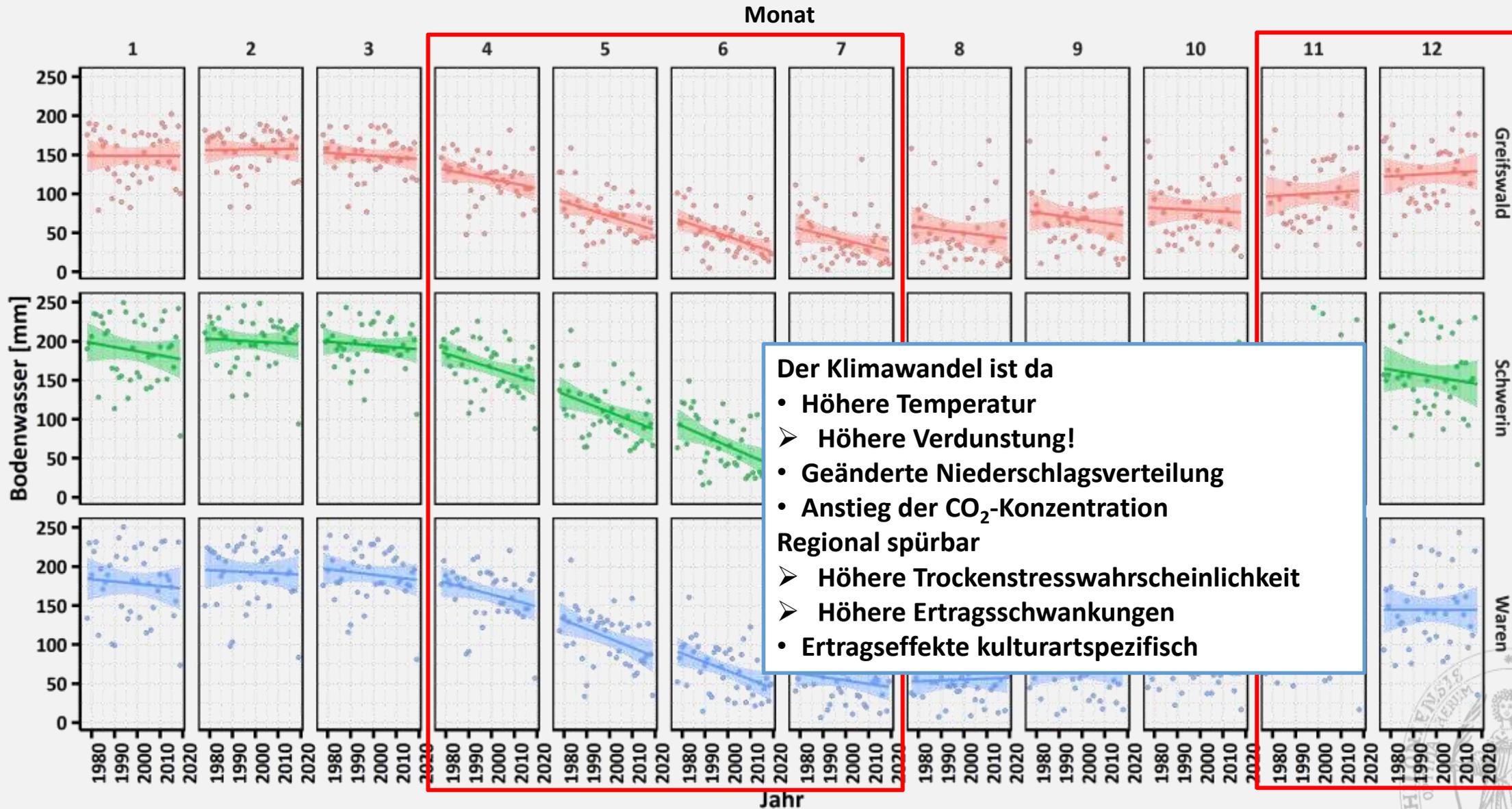


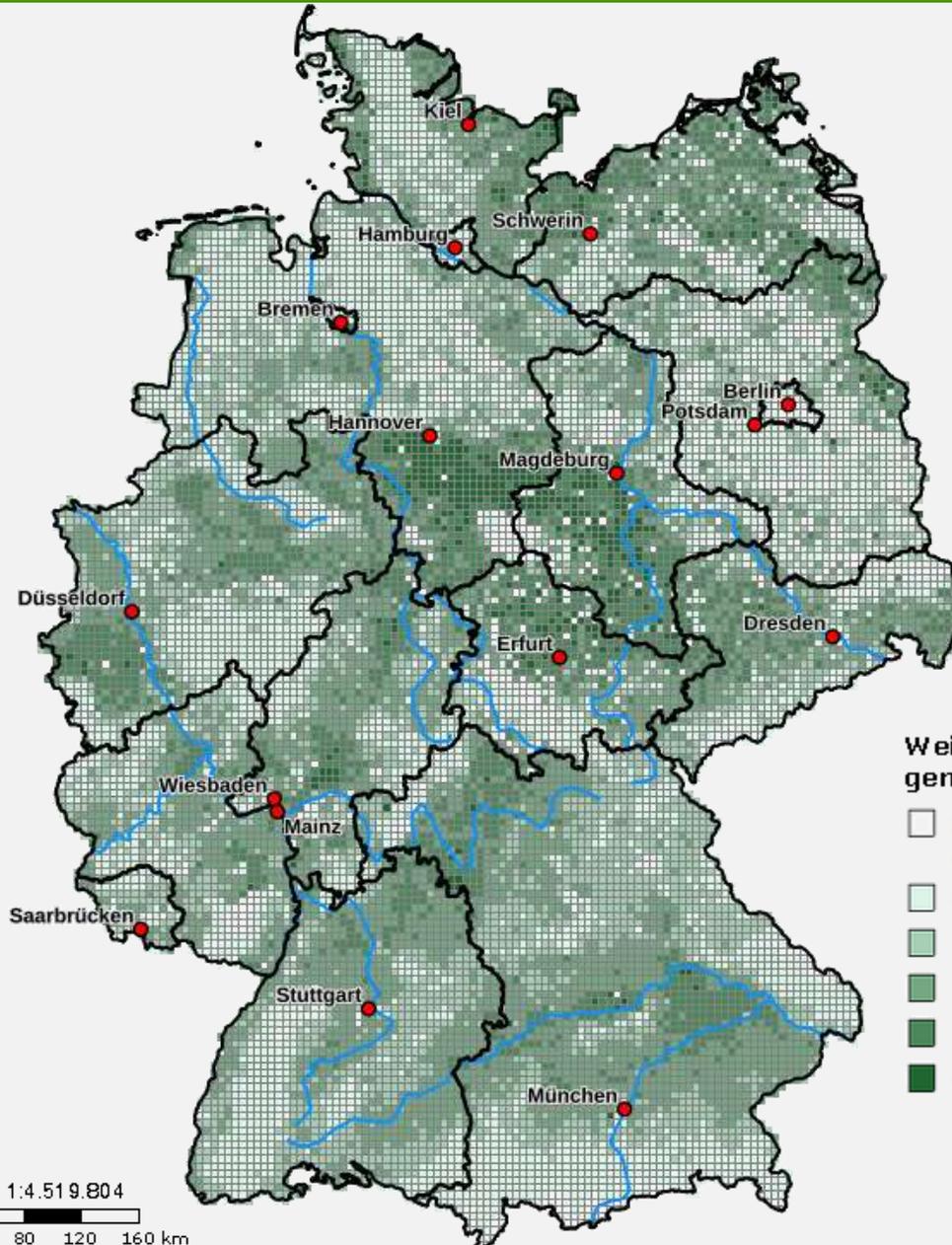
Der Klimawandel ist da

- Höhere Temperatur
- Höhere Verdunstung!
- Geänderte Niederschlagsverteilung
- Anstieg der CO₂-Konzentration

Regional spürbar

- Höhere Trockenstresswahrscheinlichkeit
- Höhere Ertragsschwankungen
- Ertragseffekte kulturartspezifisch





Weizenanteil an der landwirtschaftlich genutzten Fläche von ... bis unter ... %

□ Kein Wert vorhanden oder geheim zu halten

□ 0 - 5

□ 5 - 15

□ 15 - 30

□ 30 - 45

□ 45 und mehr

~ Bundesländer

~ Kreise

~ Gemeinden

~ Naturräume

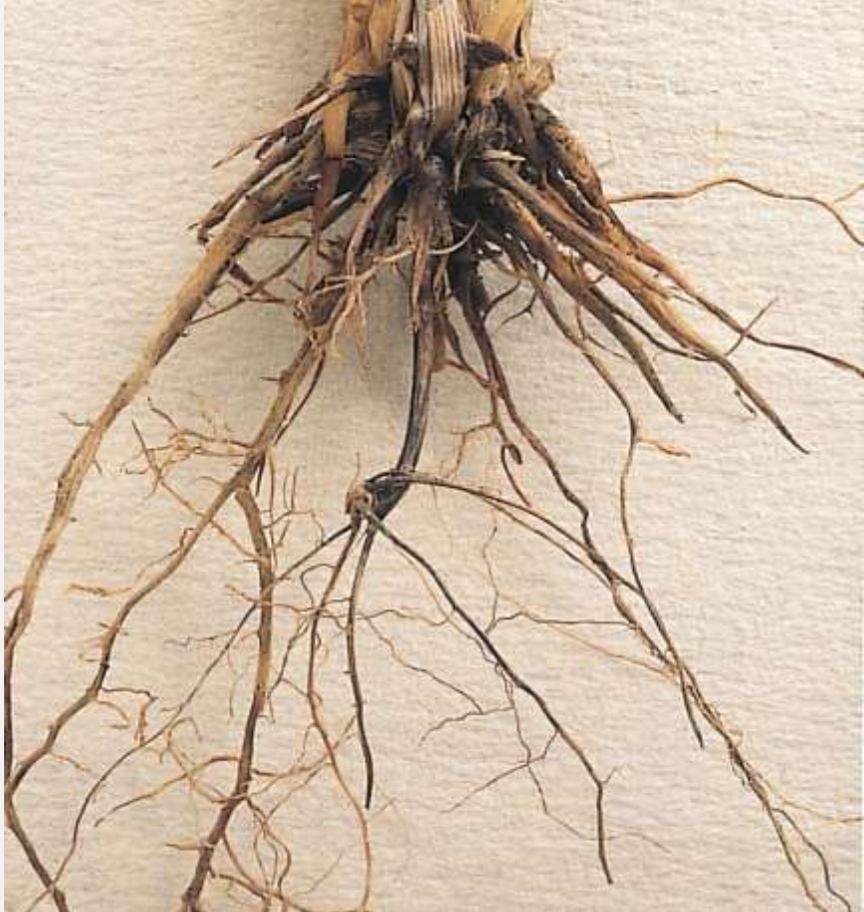
~ Flüsse

~ Planungseinheiten

~ Flussgebietseinheiten

- Hohe Vorzüglichkeit in Marktfruchtbetrieben
 - Anbaukonzentration regional hoch
 - Stoppelweizenanbau

Schwarzbeinigkeitskrankheit als klassischer Fruchtfolgeschaderreger *Gaeumannomyces graminis var. tritici* ('take-all')



(© 2013 DAFWA)



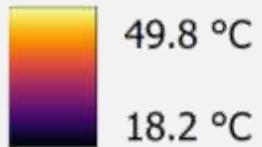
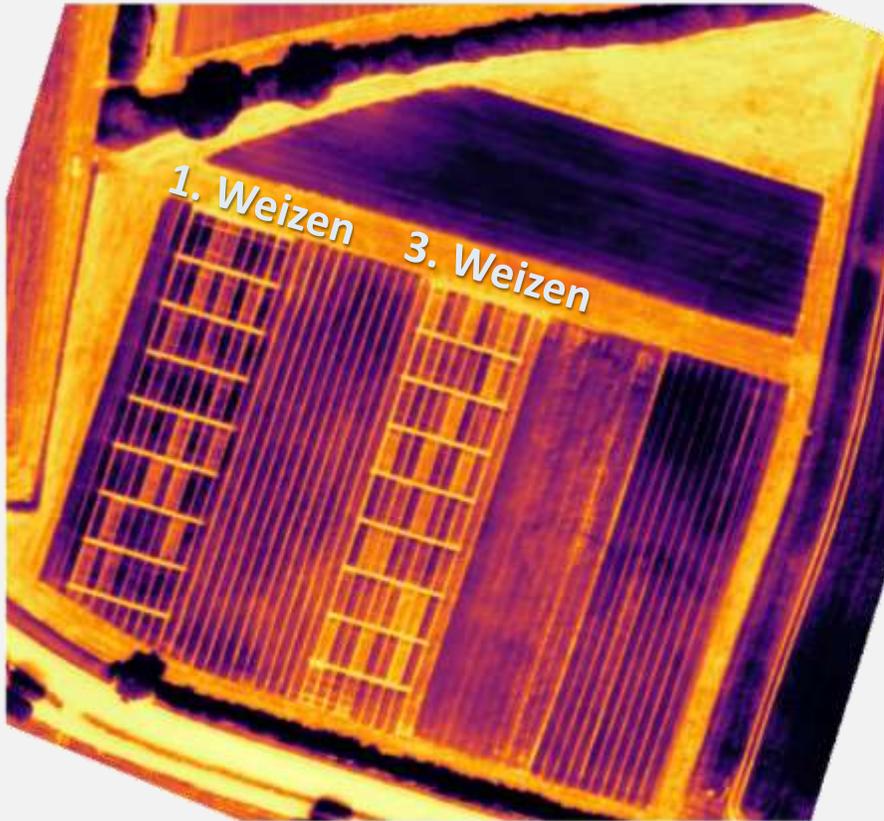
(Copyright 2006 Oregon State University Extension Plant Pathology Image Collection)



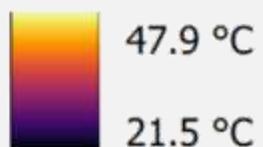
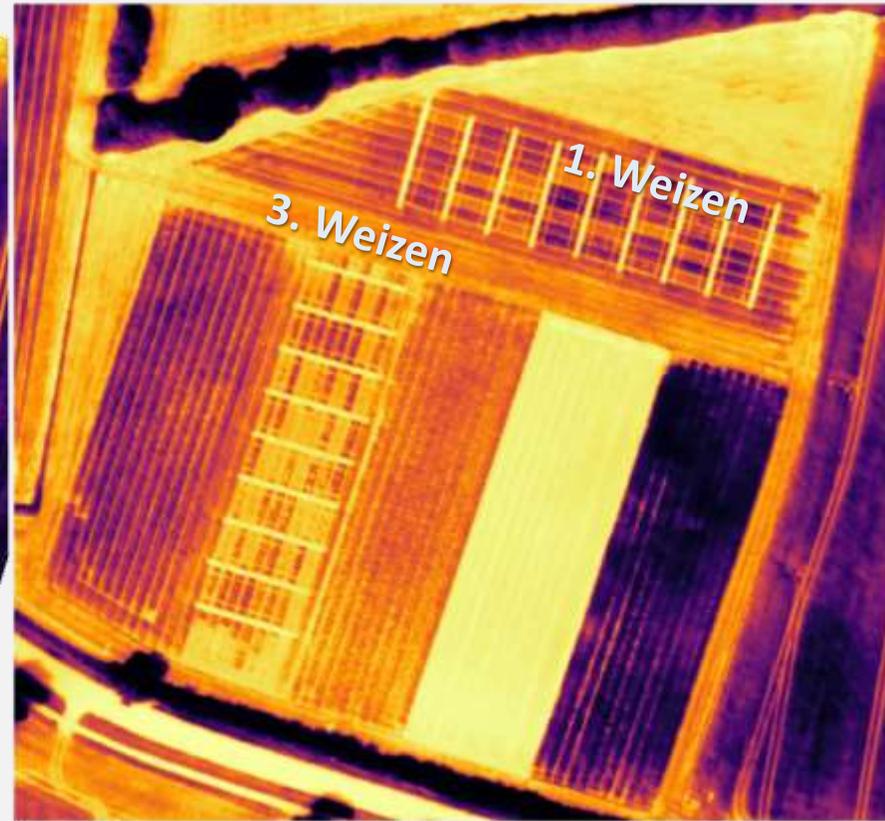
Geringe Wurzeleistung → Vorfruchtinduzierter Hitzestress

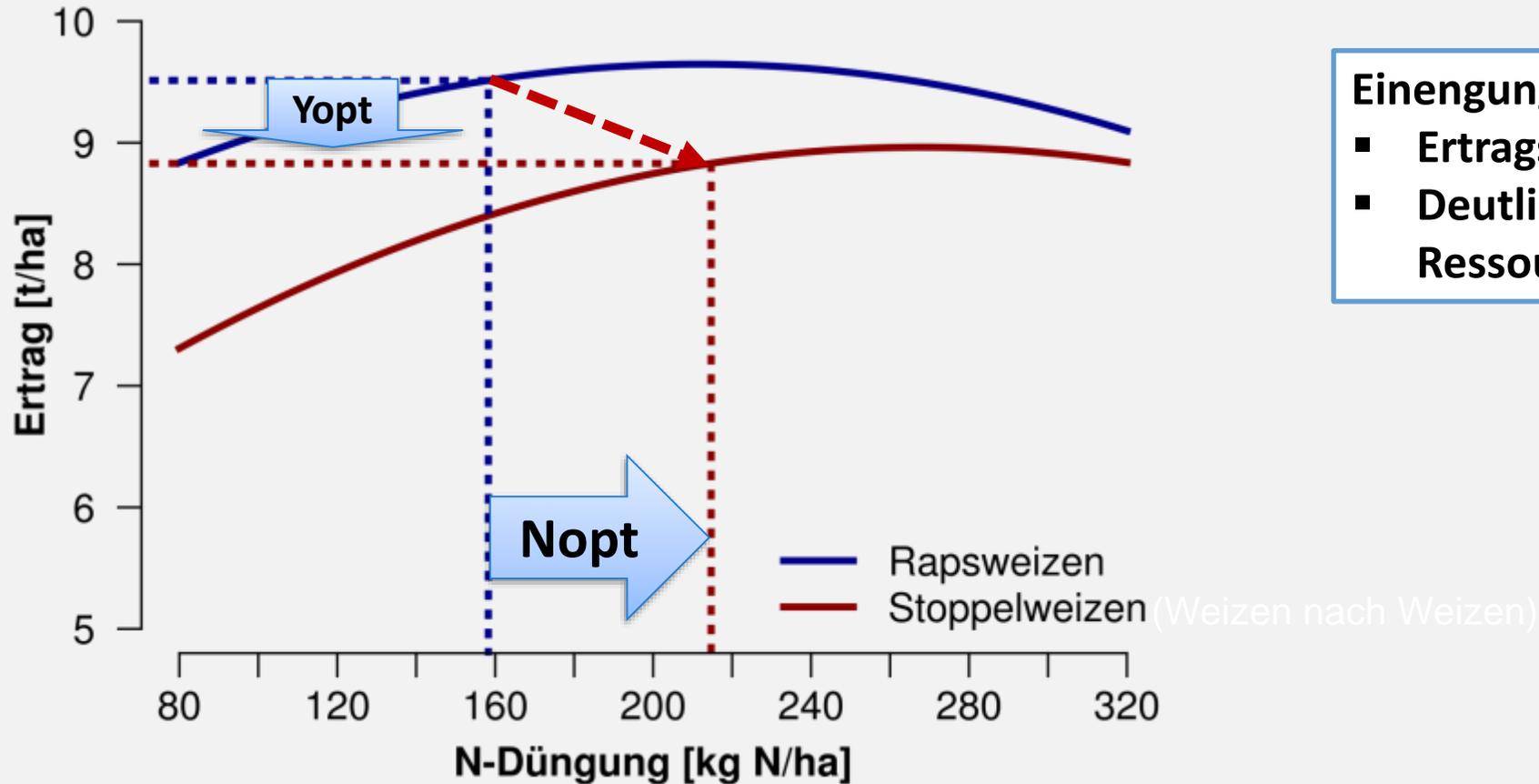
Thermalaufnahmen aus einem Fruchtfolgeversuch, Versuchsgut Hohenschulen

20.06.2007



01.06.2018





Einengung von Fruchtfolgen

- Ertragsminderung
- Deutlich negativer Effekt auf Ressourcennutzungseffizienz

Versuch 68 Bockberg, Mittel über die Saattermine, 1994-1999, (Sieling et al. 2005)

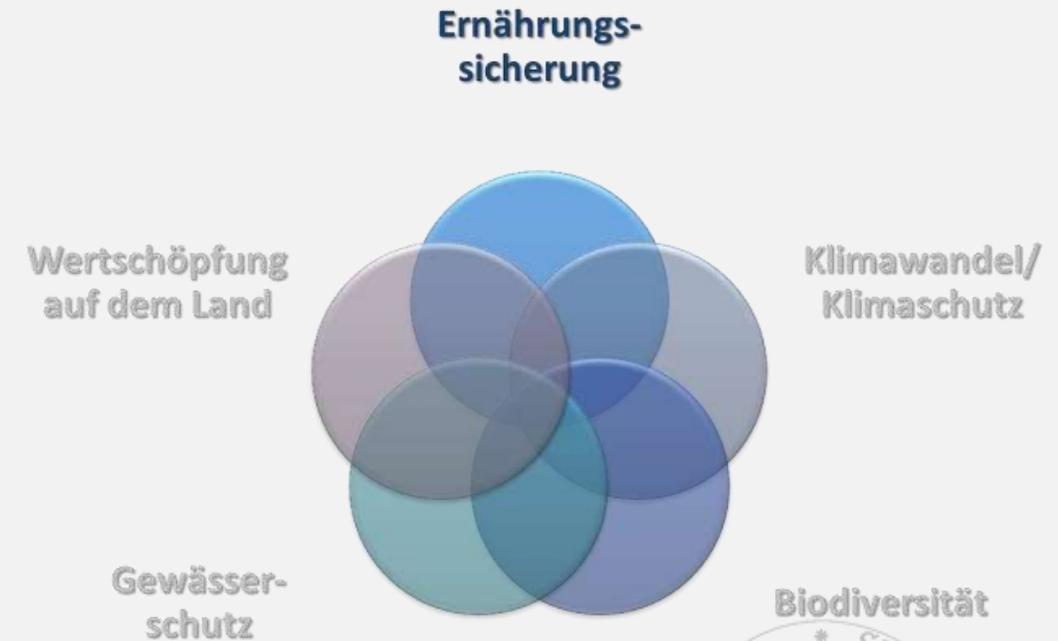


■ Ziel Ernährungssicherung

- Bereits vor Ukrainekrieg negative bis kritische Entwicklung
- Welchen Beitrag soll/muss Europa leisten?
- Durch Agrarpolitik richtig adressiert?
- Zielwerte Ökolandbau?

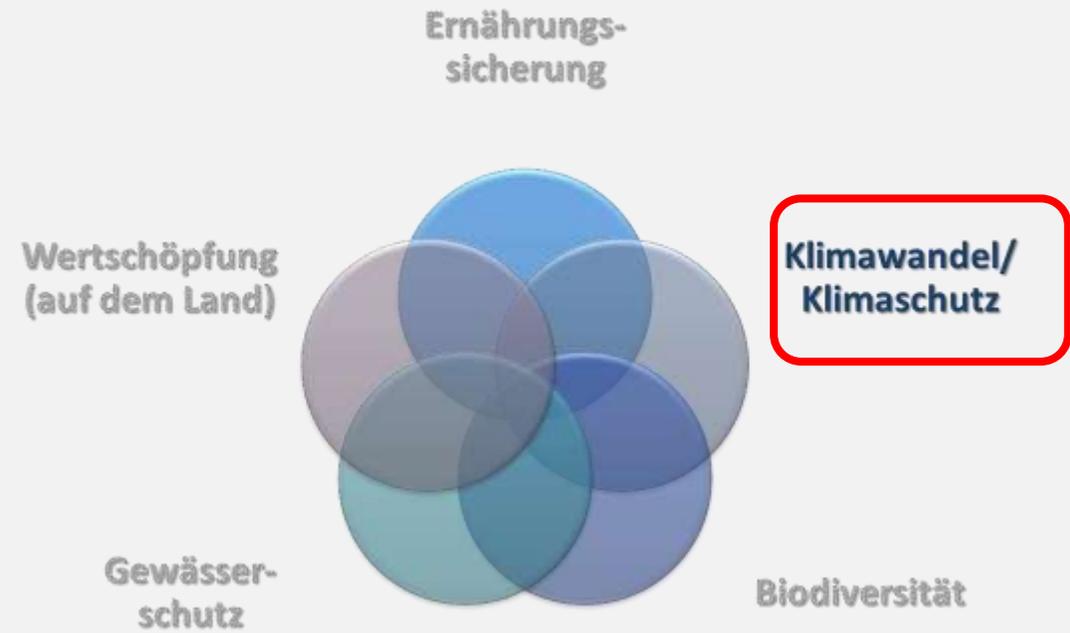
■ Anpassungen Ackerbau

- Erhalt/Steigerung der Erträge wichtig!
- Nutzung des züchterischen Fortschritts in „gesunden“ Fruchtfolgen
 - Vermeidung zu hoher Anbaukonzentration
 - (Raps) & Körnerleguminosen!
 - Einschränkung Stoppelweizen sinnvoll!
 - Anpassung an den Klimawandel
 - Erhalt/Steigerung der Ertragsfähigkeit
 - Unterbodendurchwurzelung!

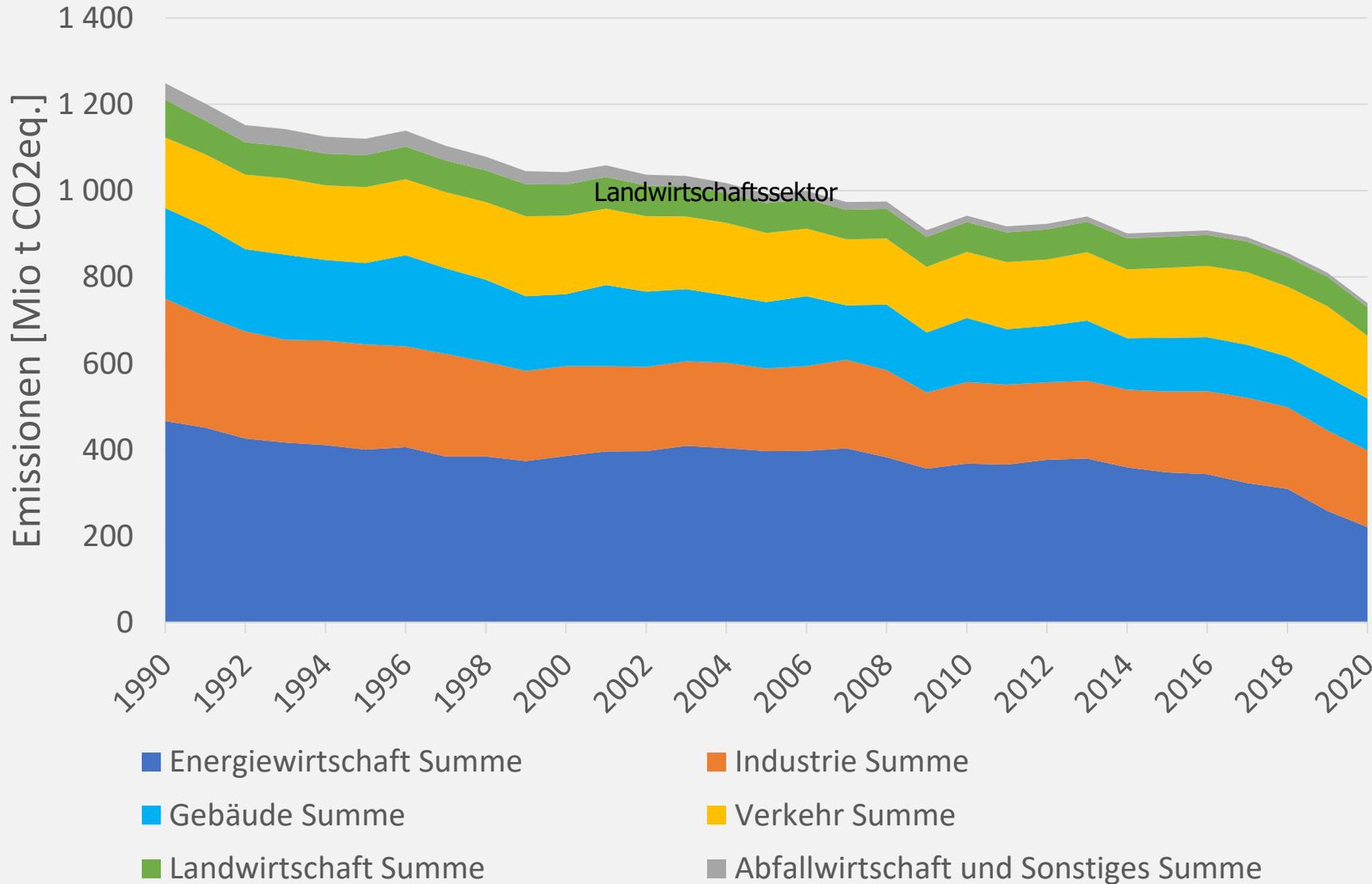


■ Bestandsaufnahme/Bewertung

■ Anpassungsoptionen

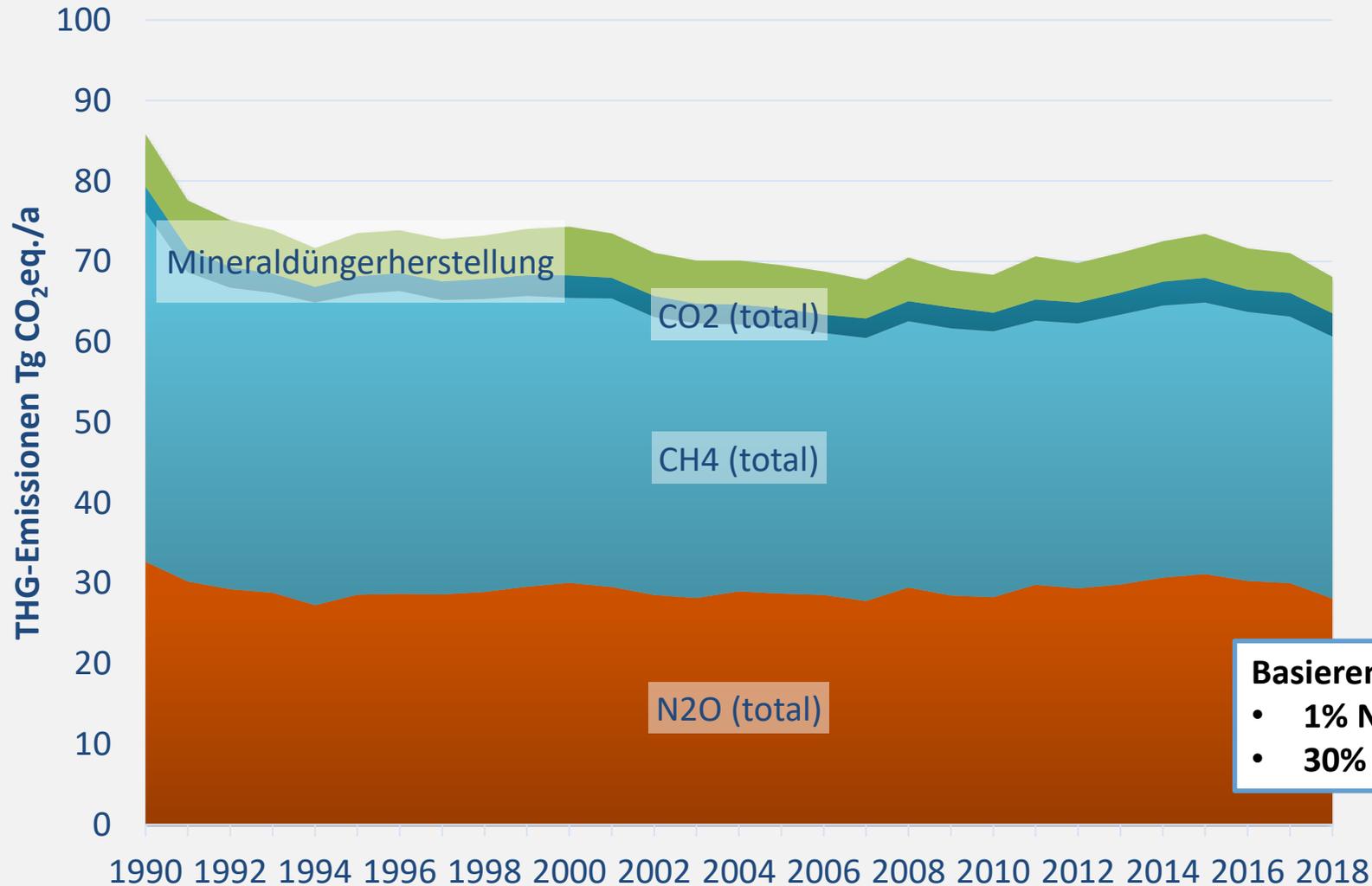


Klimaschutz: Beitrag der Landwirtschaft zu THG-Emissionen: THG-Emissionen pro Sektor



**Landwirtschaft hat ca. 8% Anteil
(ohne Mineraldüngerherstellung)
Relativer Anteil steigt**





Hauptemissionsquellen:

- Lachgasemissionen (Feld)
- Methanemissionen (Tierhaltung)
- Mineraldüngerherstellung deutlich geringerer Anteil

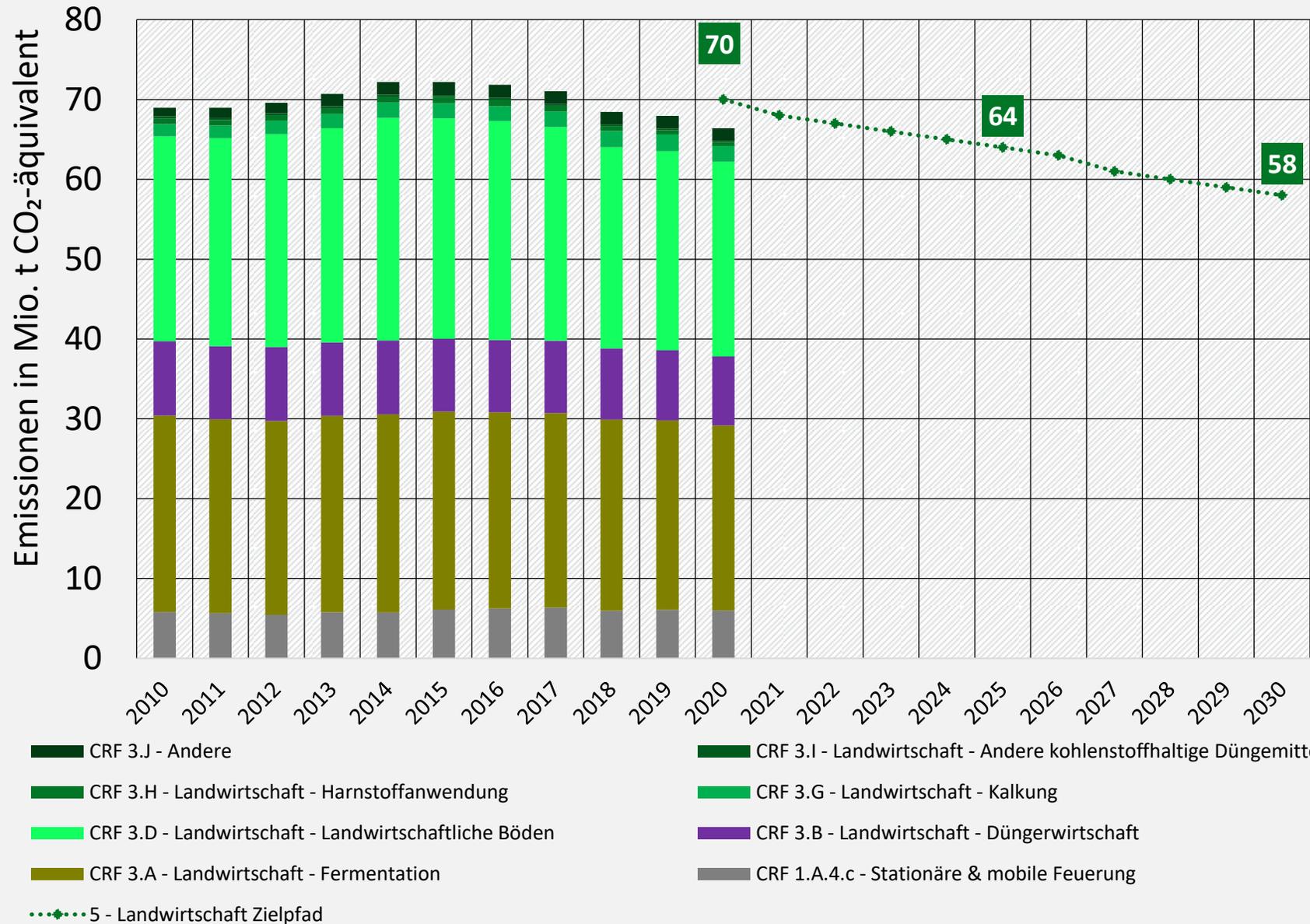
Basierend auf Tier I!

- 1% N₂O-N Emission/kg N-Düngung
- 30% N-Auswaschung

Daten: Emissionsinventar, https://www.openagrar.de/receive/openagrar_mods_00056935,
Emissionen Düngerherstellung berechnet mit 3gCO₂eq/gN



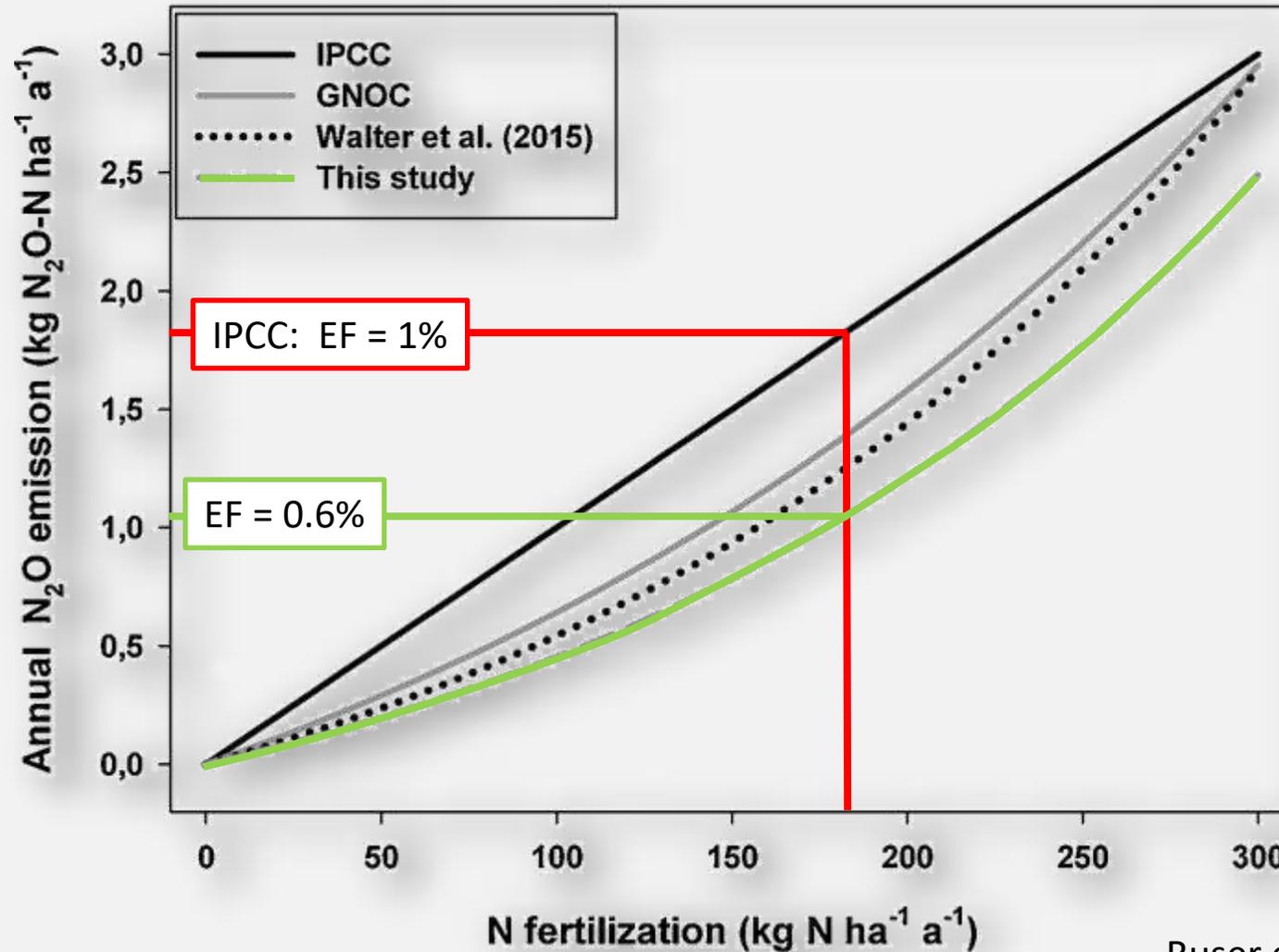
Beitrag der Landwirtschaft zu THG-Emissionen: Entwicklung Emissionen und Reduktionsziele Landwirtschaft



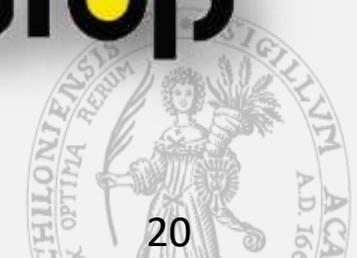
**Reduktionsziel 2030:
58 Mio. t CO₂equ**

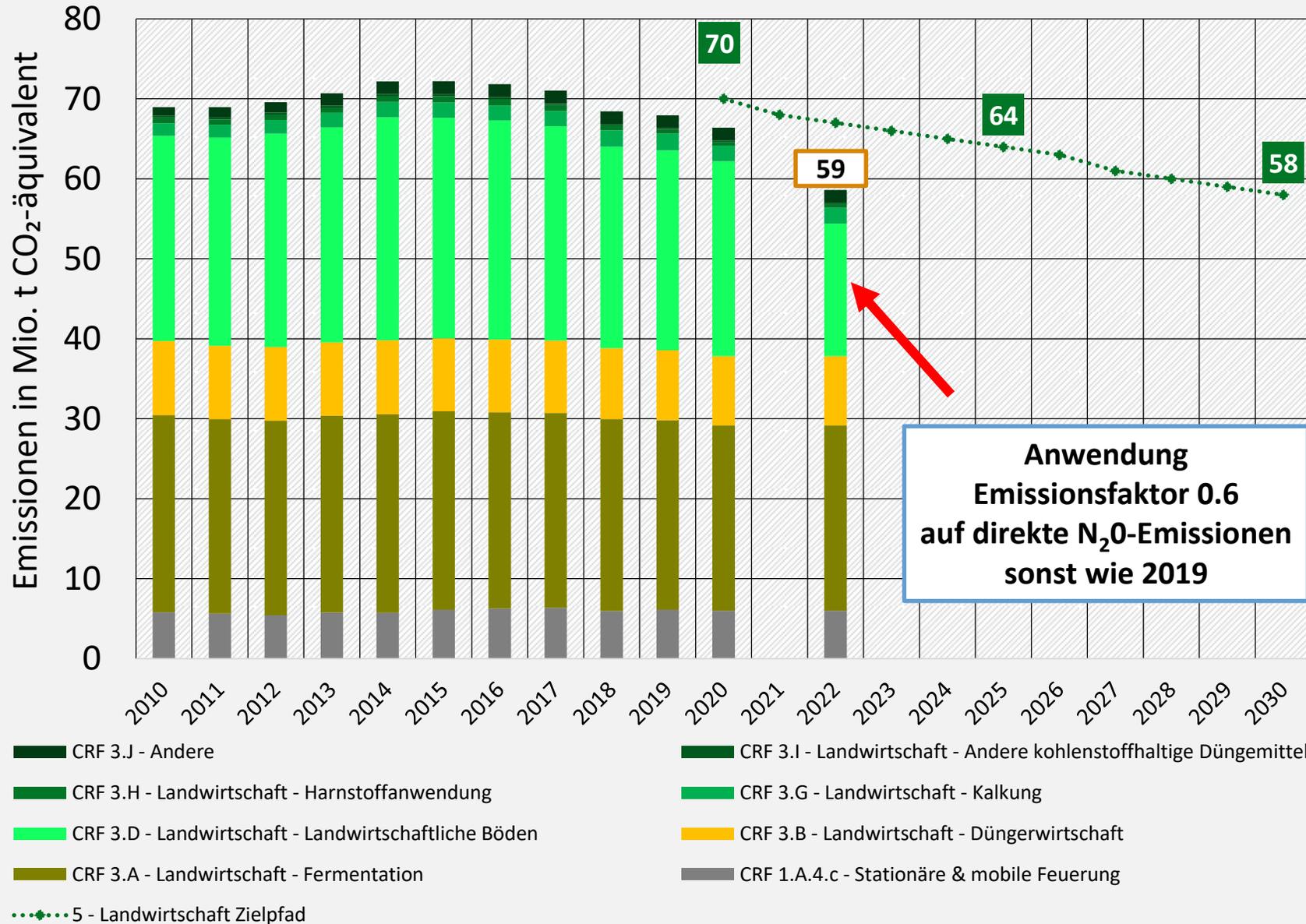


IPCC (Tier 1) vs. UFOP/FNR (Tier 2) Regressionsmodell



Bisherige Bewertung überschätzt
Lachgasemissionen deutlich



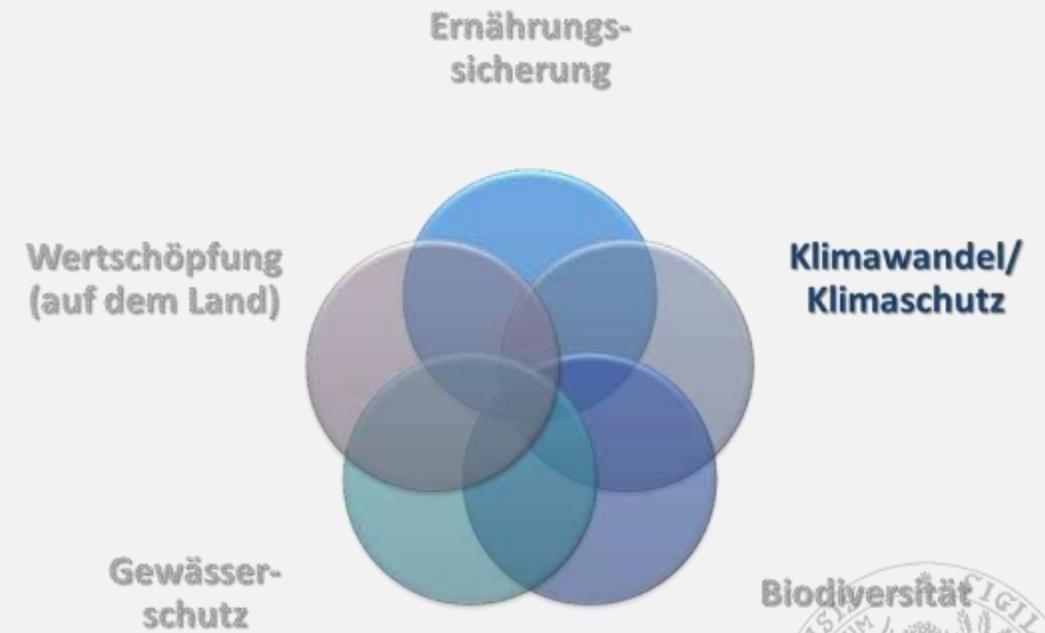


■ Ziel Klimaschutz/Klimawandel

- Klimawandel
 - Limitiert fruchtart-, regionalspezifisch Erträge
 - Trocken- /Hitzestress
- Klimaschutz
 - THG-Emissionen Landwirtschaft:
 - Z.Zt. Überschätzt!
 - Positive Beiträge zum Klimaschutz (Bioenergie) oft nicht berücksichtigt

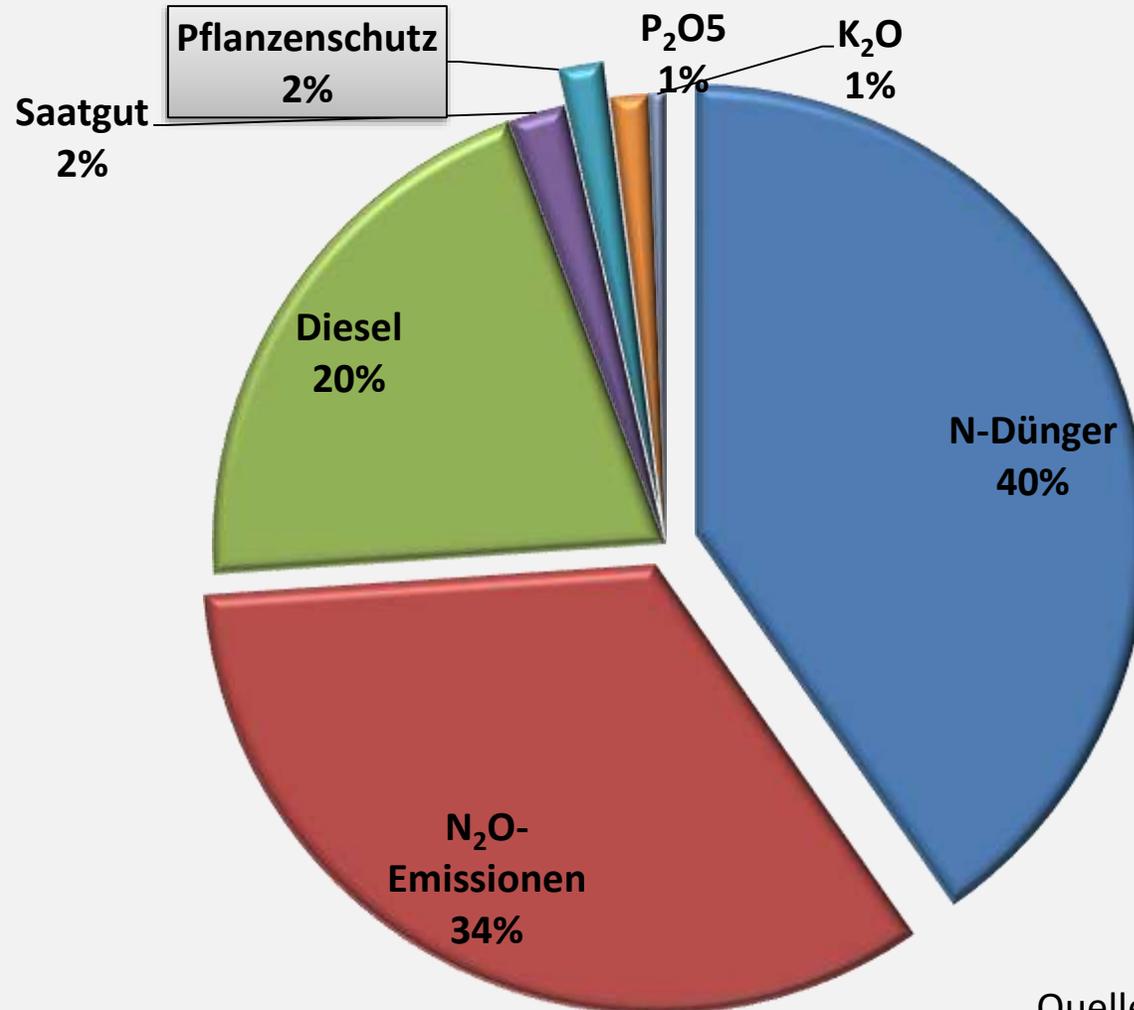
■ Anpassungen Ackerbau?

- Brauchen wir eine andere Landwirtschaft für den Klimaschutz?



Anteil der Inputs bei den Anbauemissionen

beim Anbau von Winterweizen für Ethanolproduktion

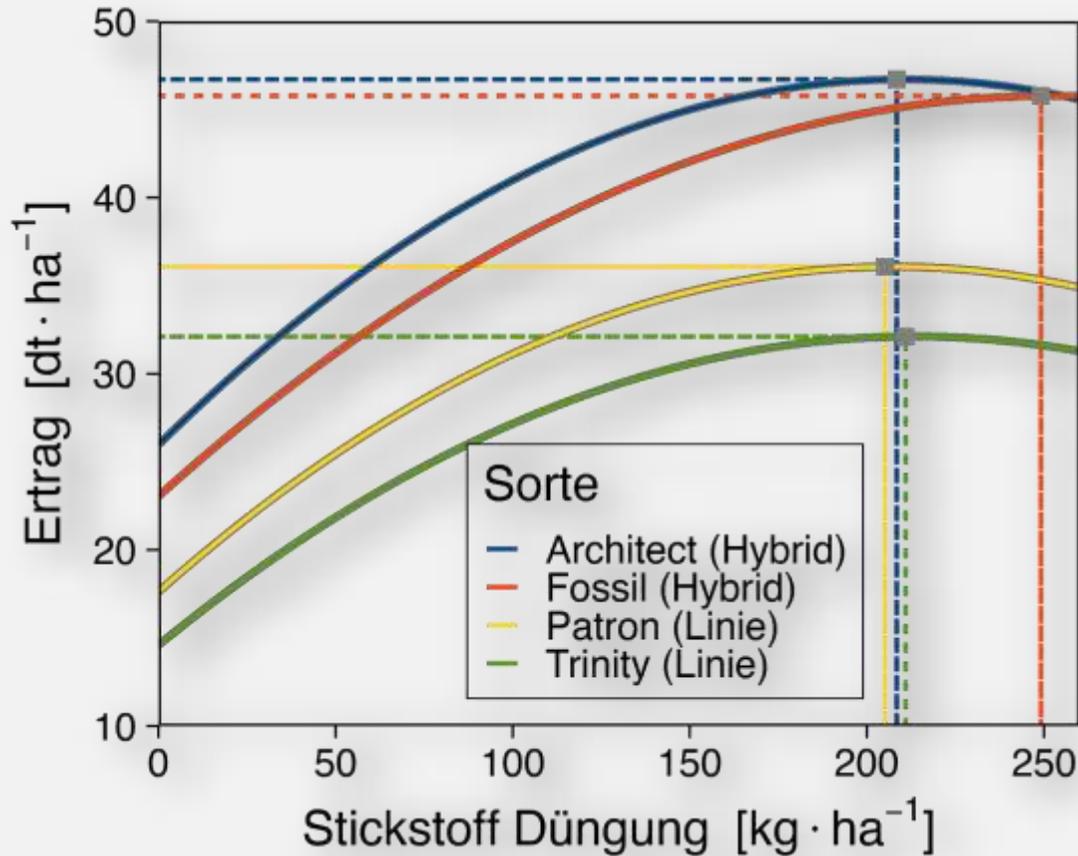


N-Effizienz → Klimaschutz

Quelle: Biograce (Tier 1) Version 4d,
Produktionsverfahren Ethanol aus Weizen

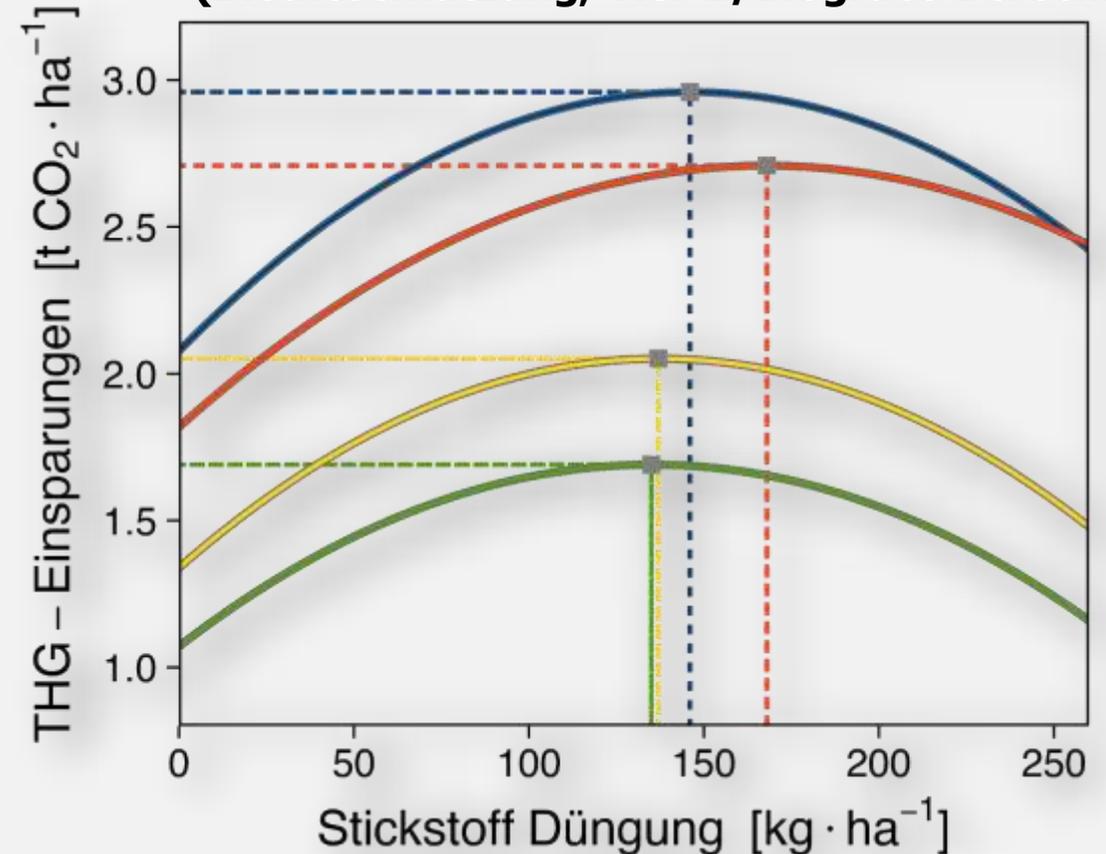


Ertragsleistung



Neue Hybridsorten erreichen höhere ökon. Optimalerträge bei nur geringfügig erhöhtem N-Bedarf

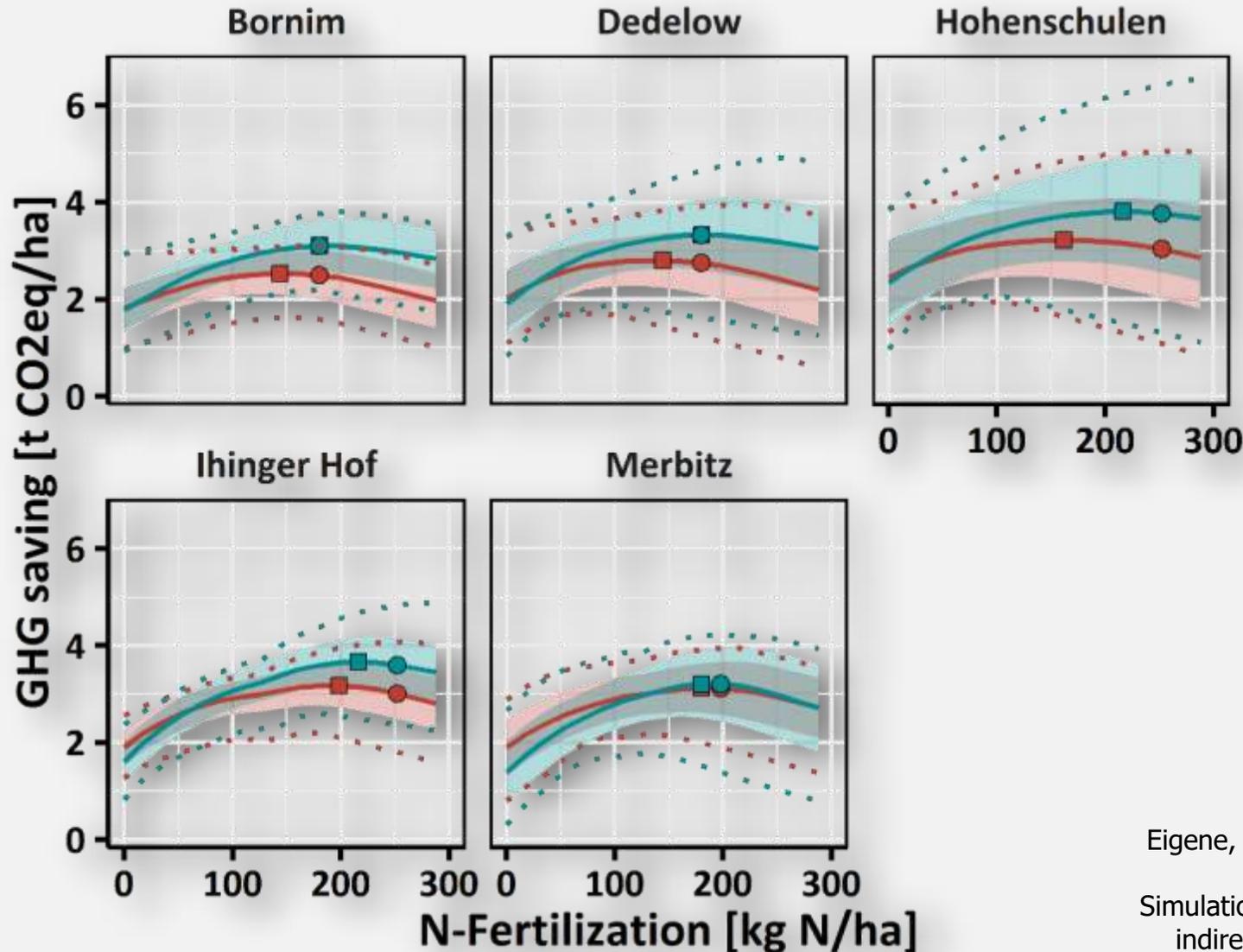
Treibhausgaseinsparung (Biodieselnutzung, Tier 1/Biograce Berechnung)



Bei einer Verwertung als Biodieselnrohstoff ergeben sich nach Bewertung mit dem BioGrace-THG-Rechner deutlich erhöhte THG-Einsparpotentiale.

Effekt der Stickstoffdüngung auf die THG-Einsparung je Hektar

Berechnet mit Ansatz nach Biograce (Tier 1) bzw. modellgestützt (Tier 3)



Realistischere Emissionsberechnungen
Tier 1 (Biograce) Tier 3 (Modell)

N_amount
○ Econ. opt.
□ max. GHG bal.

Method
— Biograce
— Modell

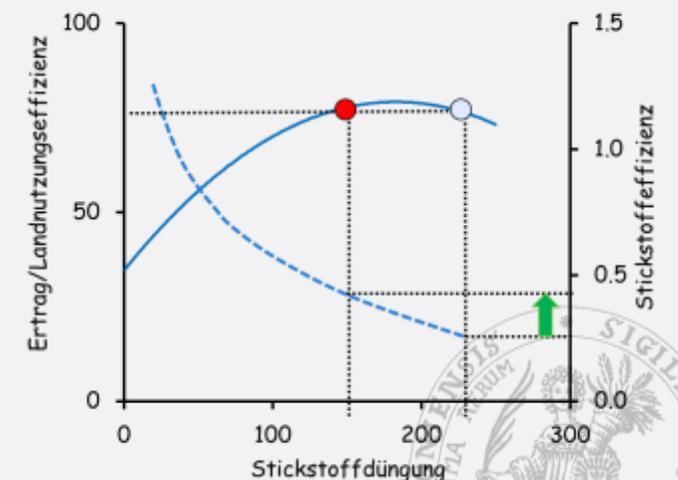


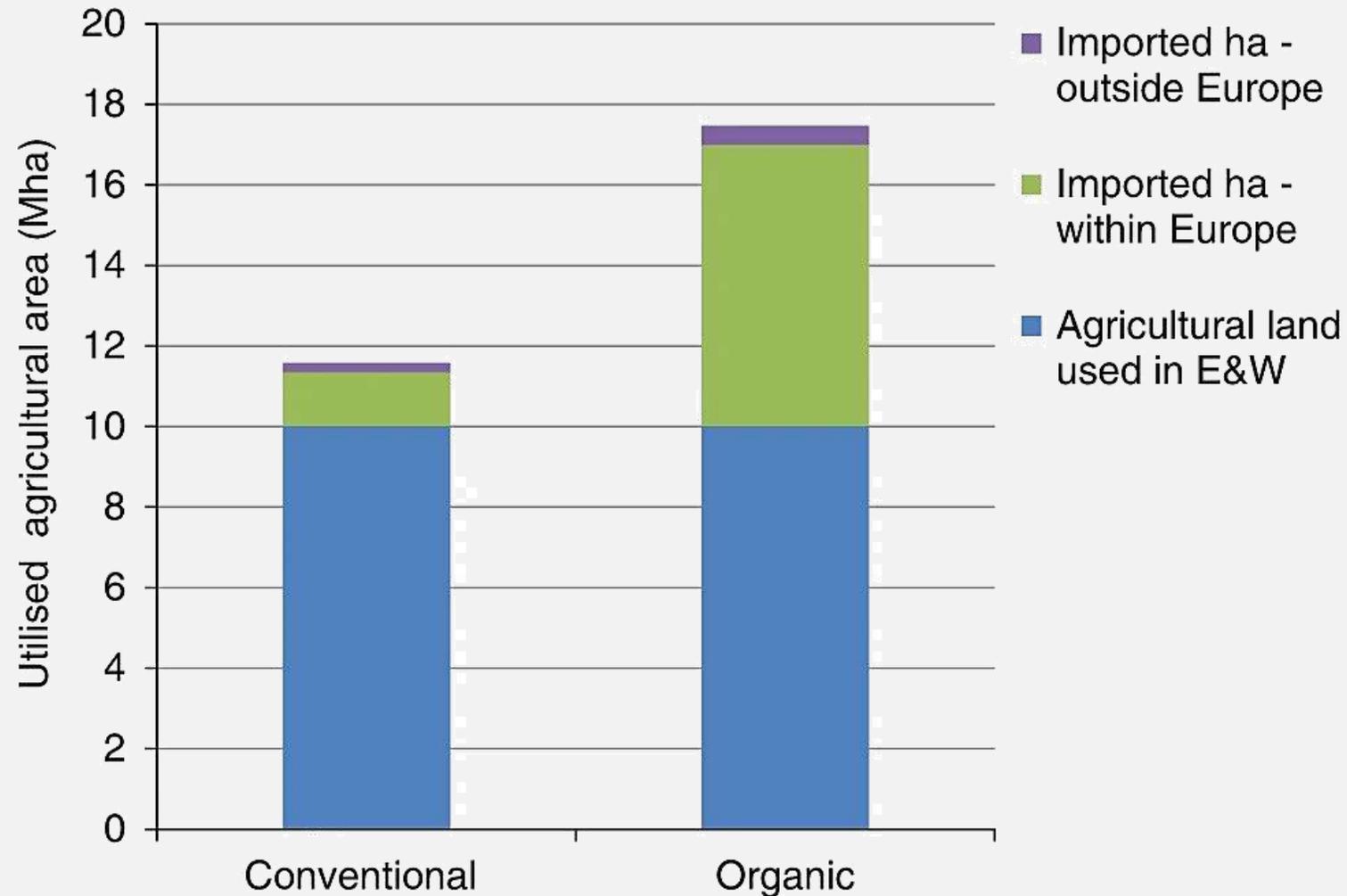
Eigene, vorläufige Berechnungen auf der Grundlage dynamischer Simulationsmodellierung von direkten und indirekten Lachgasemissionen sowie Biograce-Emissionsansätzen



Präzisere Düngung

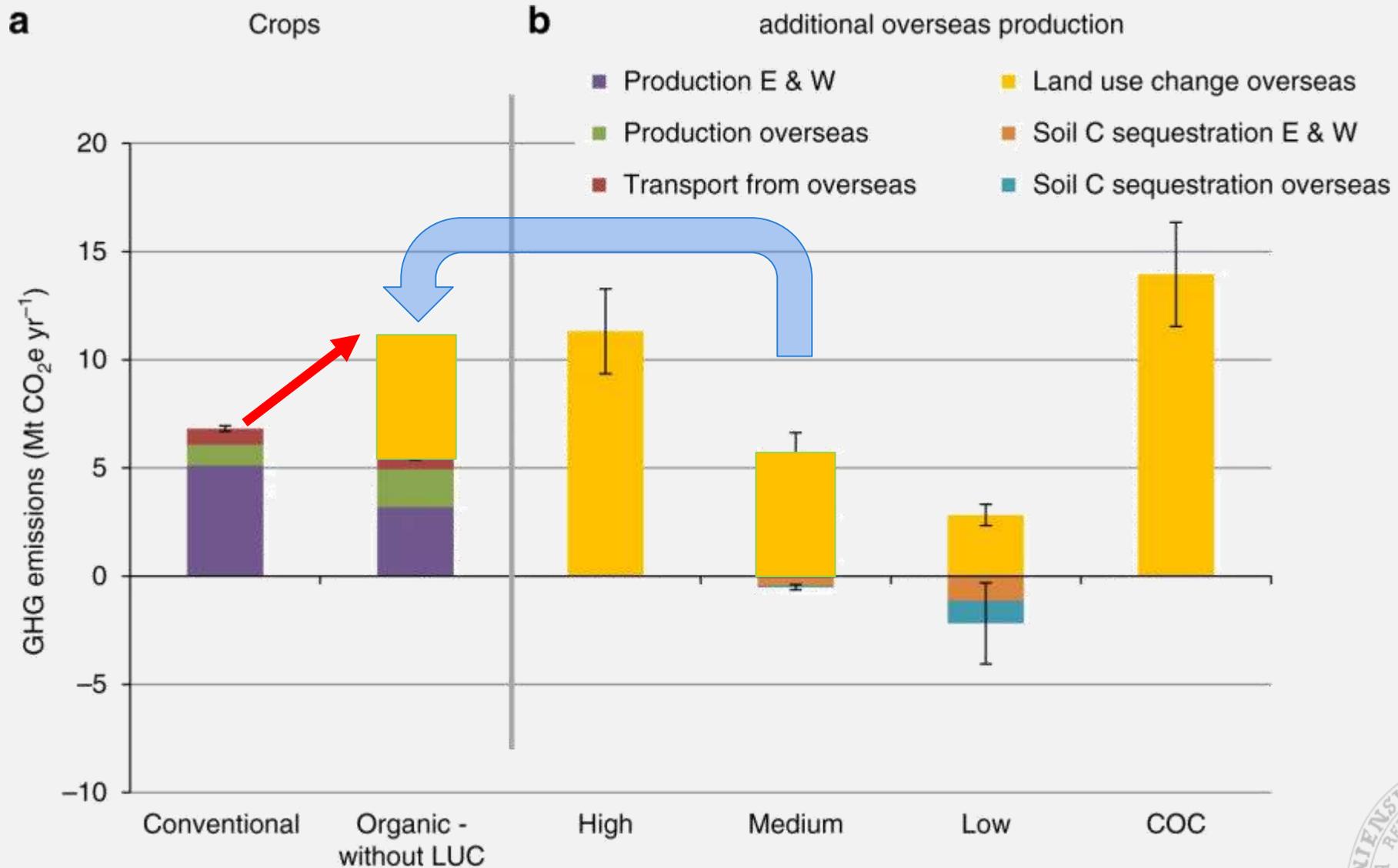
- Düngung nach Biomasse
- Anpassung Düngebedarf Weizen mit Simulationsmodell
- Teilflächenspezifische Düngung
 - Schätzung von Bestandesparametern durch Fernerkundung
 - Drohne
 - Satellit
 - Anwendung validierter Düngungsalgorithmen





Smith, Laurence G.; Kirk, Guy J. D.; Jones, Philip J.; Williams, Adrian G. (2019): The greenhouse gas impacts of converting food production in England and Wales to organic methods. In: *Nature Communications* 10 (1), S. 4641. DOI: 10.1038/s41467-019-12622-7.





Smith, Laurence G.; Kirk, Guy J. D.; Jones, Philip J.; Williams, Adrian G. (2019): The greenhouse gas impacts of converting food production in England and Wales to organic methods. In: Nature Communications 10 (1), S. 4641. DOI: 10.1038/s41467-019-12622-7.



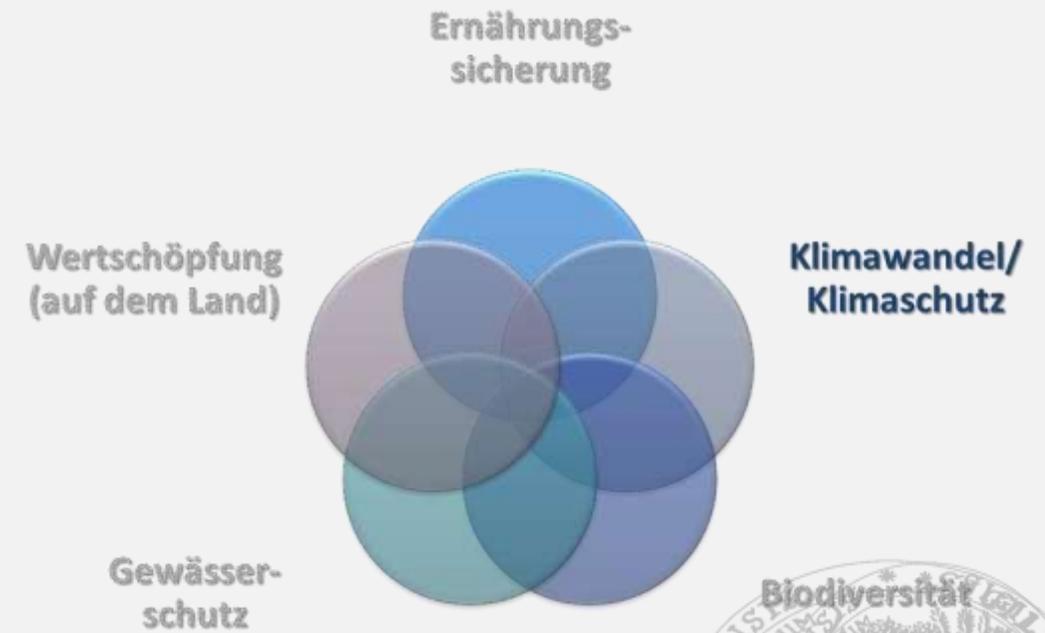
■ Ziel Klimaschutz/Klimawandel

- THG-Emissionen Landwirtschaft
- Z.Zt. Überschätzt!
- Positive Beiträge zum Klimaschutz (Bioenergie) oft nicht berücksichtigt

■ Anpassungen Ackerbau

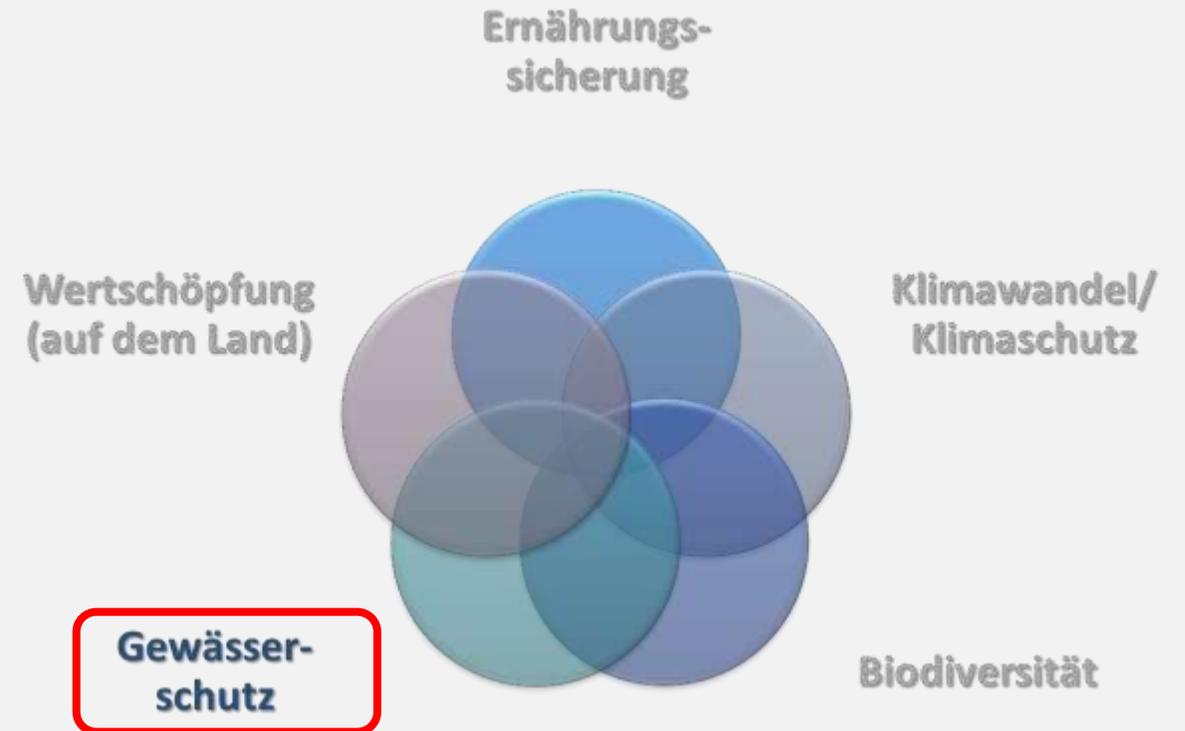
- **Sicherung hoher Erträge!**
- **Stickstoffeffizienz weiter steigern!**
 - Präzise Düngung
 - Gesunde Pflanzen (Fruchtfolge, Pflanzenschutz)
- Vergleichsweise hohe Stickstoffdüngungsintensität klimaoptimal (Wenn Dünger da ist)!
- **Ökolandbau induziert ILUC**
 - **Negativer Beitrag zum Klimaschutz!**
(Wenn nicht durch Verbrauchsreduktion kompensiert)

■ Kohlenstoffsequestrierung??

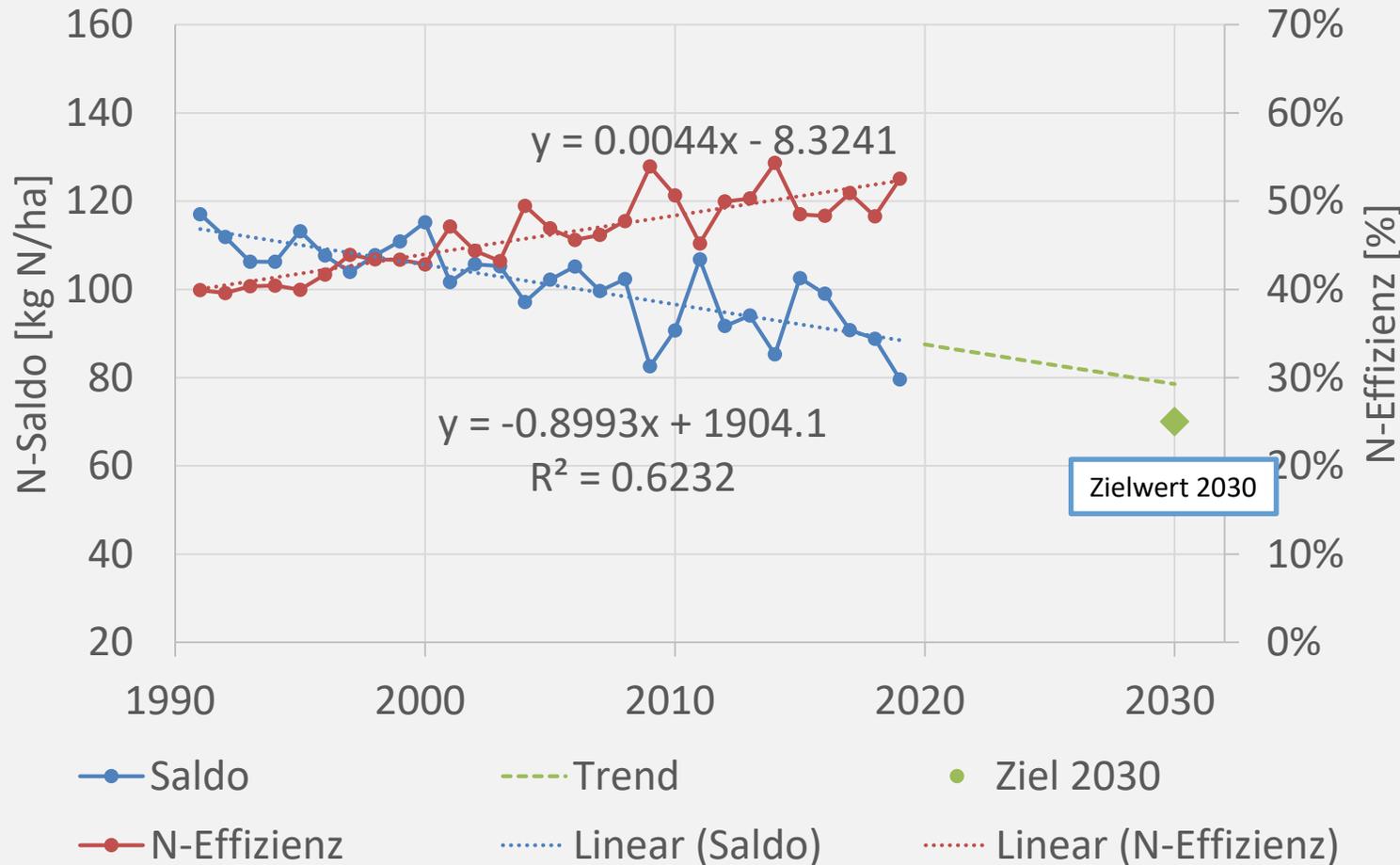


■ Bestandsaufnahme/Bewertung

■ Anpassungsoptionen

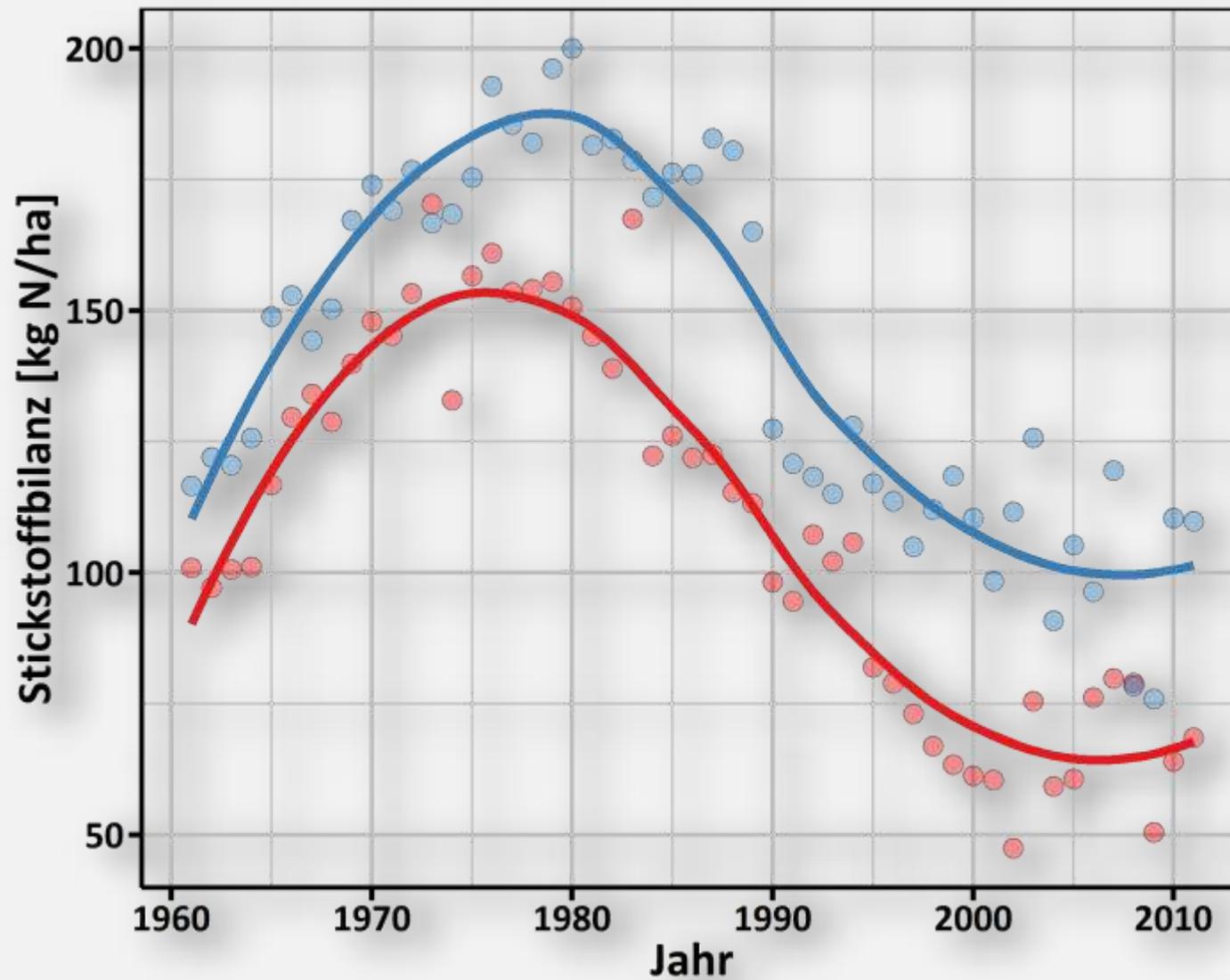


Entwicklung der Brutto-N-Bilanz und N-Effizienz des Sektors Landwirtschaft 1991-2019 (Gesamtbilanz Deutschland)



Bewertung Stickstoffeffizienz

- **Deutschland mit vergleichsweise günstiger Situation**
- **Positive Entwicklung anhaltend**
- **Weitere Anstrengungen notwendig!**



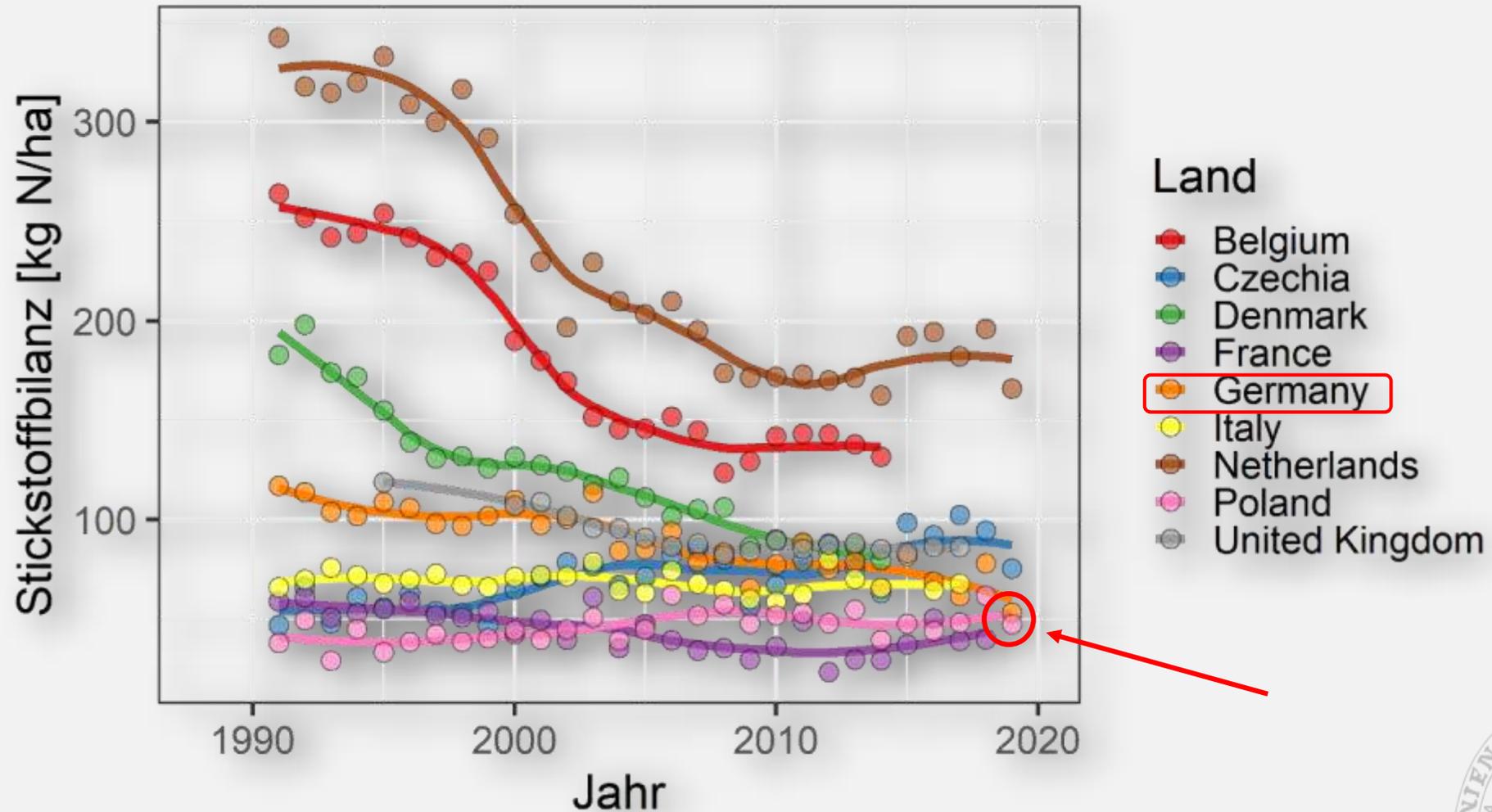
Historische Entwicklung:

- Sinkende Bilanzsalden trotz steigender Produktivität

Aktuelle Entwicklung

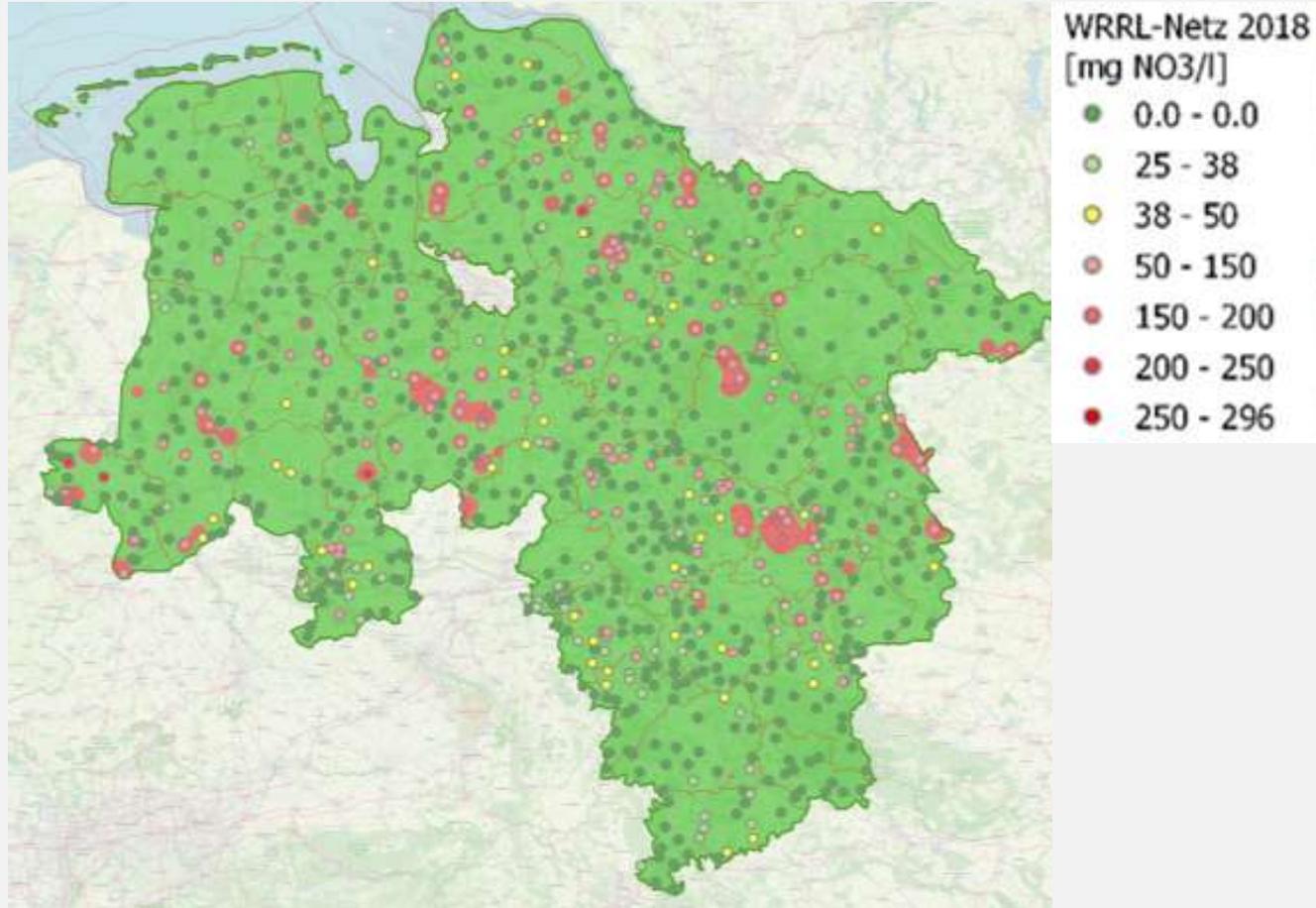
- Stagnation?



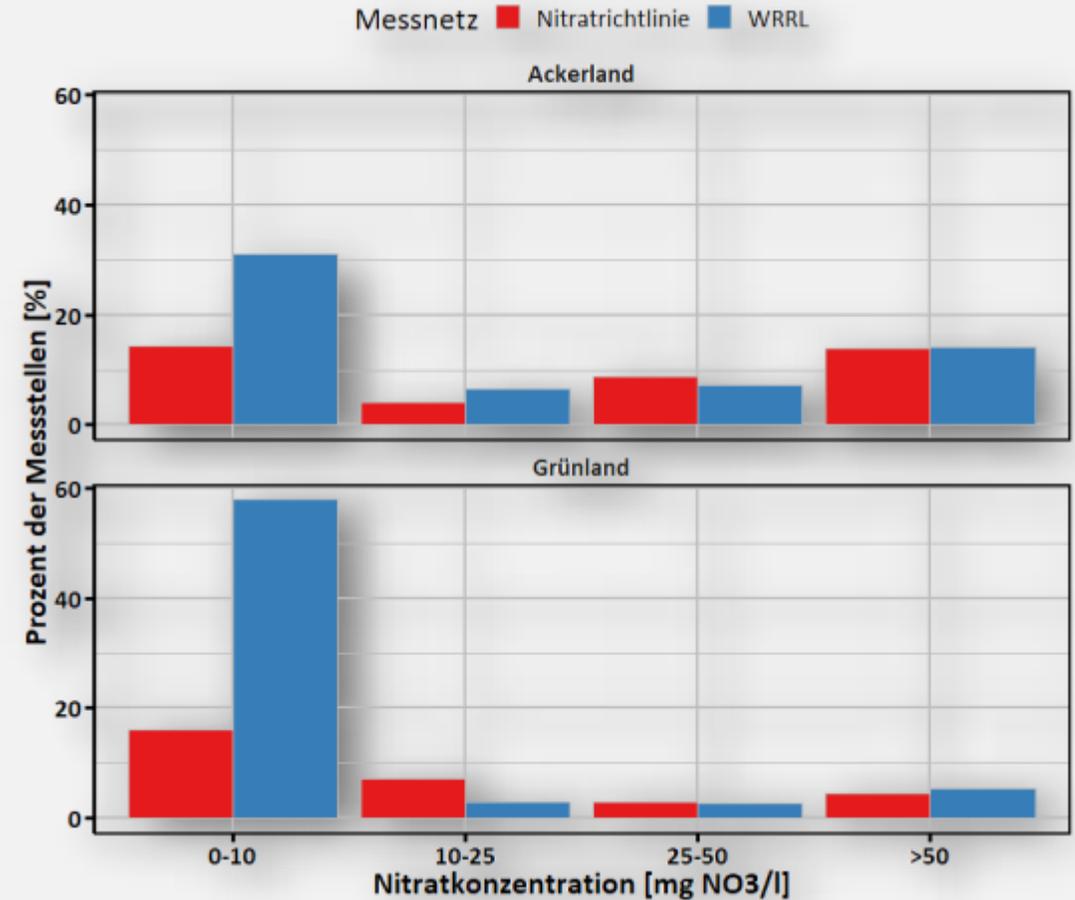




Karte der WRRL-Messtellen 2018 und IDW-interpolierte Nitratkonzentration (rote Flächen > 50 mg NO₃/l)



Relative Häufigkeit (%) der Nitratkonzentrationen in den Daten der WRRL und Nitratrichtlinie Messnetzen für 2018



Nicht repräsentative Meldung der Nitratkonzentrationen im Rahmen der Nitratrichtlinie auch im „angepassten“ Messnetz, welches kein Belastungsmessnetz mehr darstellen soll!

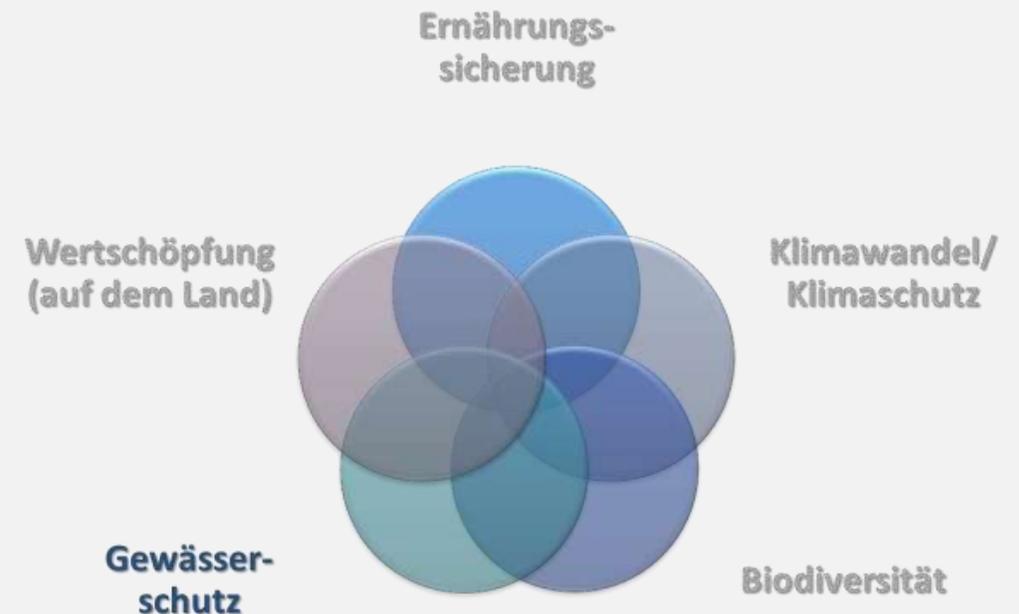


■ Ziel Gewässerschutz

- N-Salden noch zu hoch aber stetig sinkend
 - Regional stark differenziert
- Nitratkonzentration im Grundwasser
 - Situation weit besser als kommuniziert
 - Aktuell sinkende Konzentrationen
 - Zukunftsrisiko??
- Stickstofffrachten Oberflächengewässer
 - Sinkend (Daten nicht gezeigt)

■ Anpassungsoptionen Ackerbau?

- DüV/rote Gebiete zielführend?



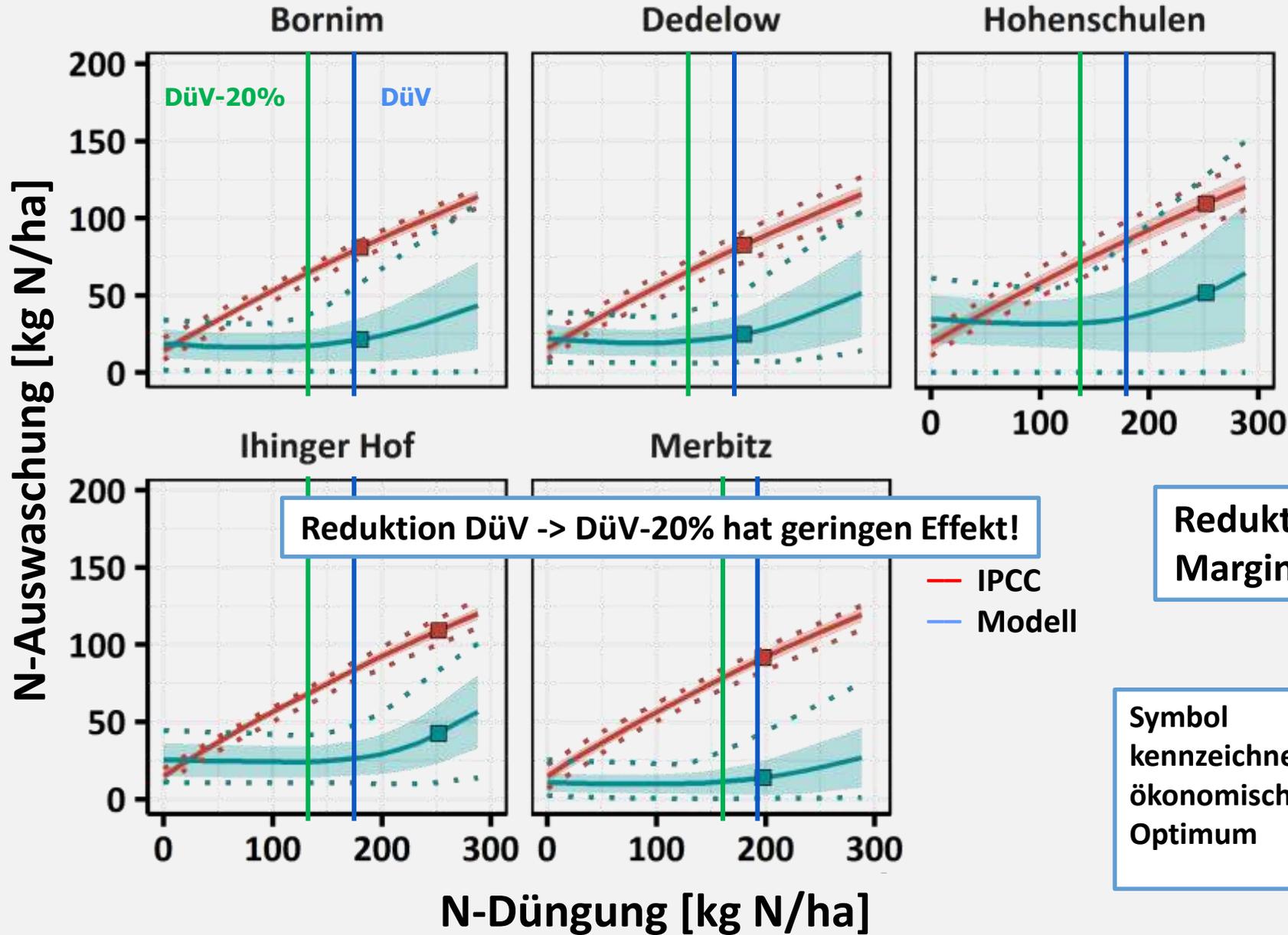
Relativwerte der N-Angebots-/N-Düngungshöhe zu Winterraps und Winterweizen (100% = ökonomisch optimale Düngung *ex ante*)

| | Winterweizen | | | Winterraps | |
|---------------------|--------------|--------------|------------|---------------|--------------|
| | E-Qualität | A/B-Qualität | C-Qualität | ohne Herbst-N | mit Herbst-N |
| <i>ex ante</i> Nopt | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| DüV | 97% | 80% | 82% | 82% | 62% |
| DüV-20 | 77% | 64% | 66% | 66% | 49% |



Effekt Düngungshöhe auf Nitratauswaschung

N Auswaschung nach Wintertraps



Optimierte Fruchtfolgen

■ Ansätze Fruchtfolgeerweiterung

- Sommerungen
- Leguminosen
- Zwischenfrüchte

■ Körnerleguminosen?

- Nmin-Rest: ca. 60 kg N/ha (Nachernte)
- Enges C/N-Verhältnis im Stroh (40:1-50:1)
- Ertragsleistung?

■ Bei üblicher Folgefrucht Wintergetreide

- Ähnliche Problematik wie nach Raps



© Bukowiecki & Rose

Fruchtfolgesystemversuch

- Spaltanlage
- 4 Feldwiederholungen

Vergleich von 4 Fruchtfolgen

Anbau jedes Fruchtfolgeglied in jedem Jahr

Großparzellen mit fünf N-Steigerungsstufen

Ex post Bestimmung Nopt



Auswaschungsgefährdete Fruchtfolgen

Ortsübliche Fruchtfolge

Winterraps

Winterweizen

Wintergerste

Klassische Integration Körnerleguminosen

Winterraps

Winterweizen

Ackerbohnen

Winterweizen

Winterweizen

Zwischenfrucht

Angepasste Fruchtfolgen

Höhere Herbst-N-Aufnahme

Ackerbohnen

Winterraps

Winterweizen

Mais

Zwischenfrucht

Höhere Herbst-N-Aufnahme einer Zwischenfrucht

Winterraps

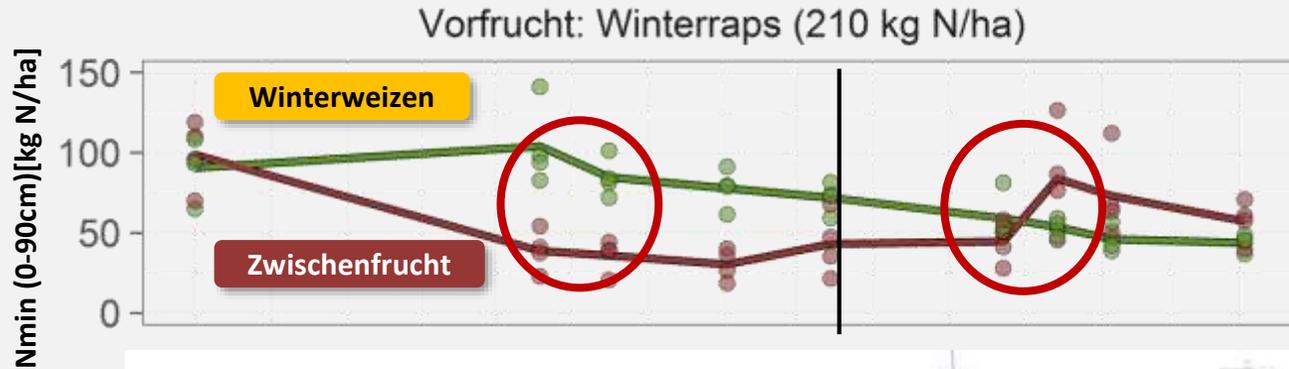
Mais

Winterweizen

Zwischenfrucht

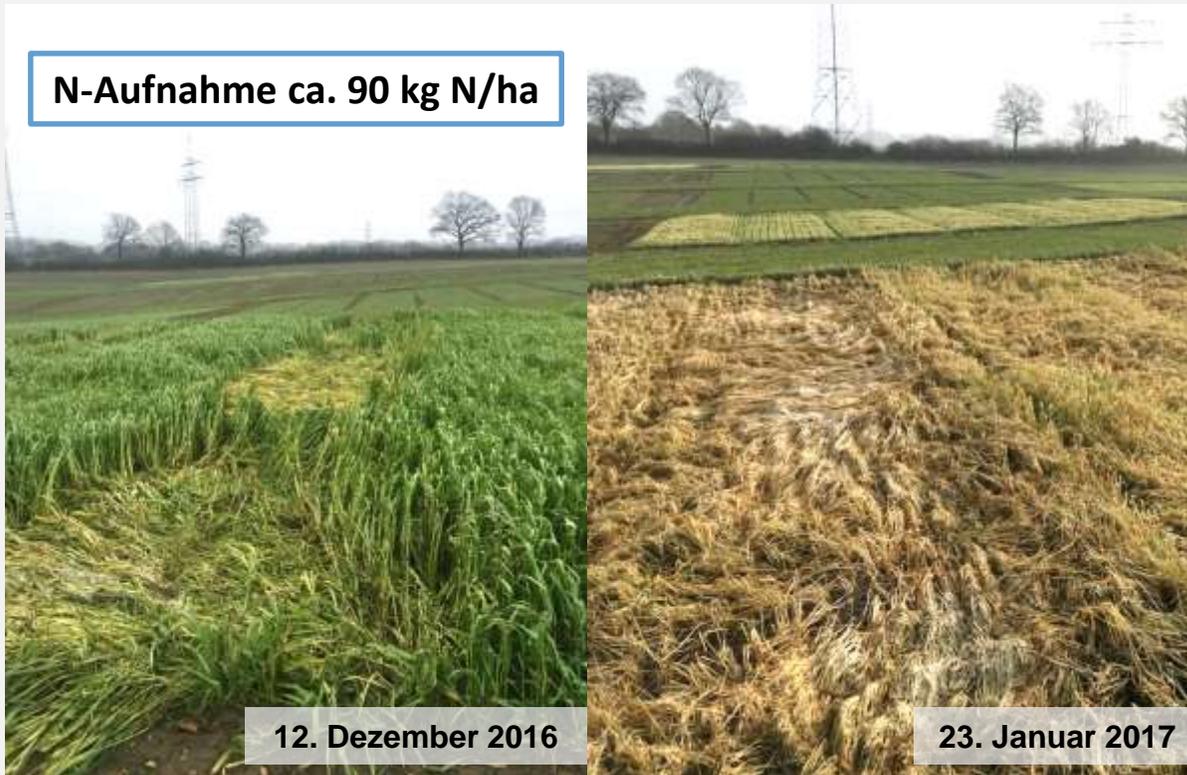


N_{\min} -Dynamik nach Raps Winterweizen vs. Zwischenfrucht



N_{\min} (0-90cm) [kg N/ha]

N-Aufnahme ca. 90 kg N/ha



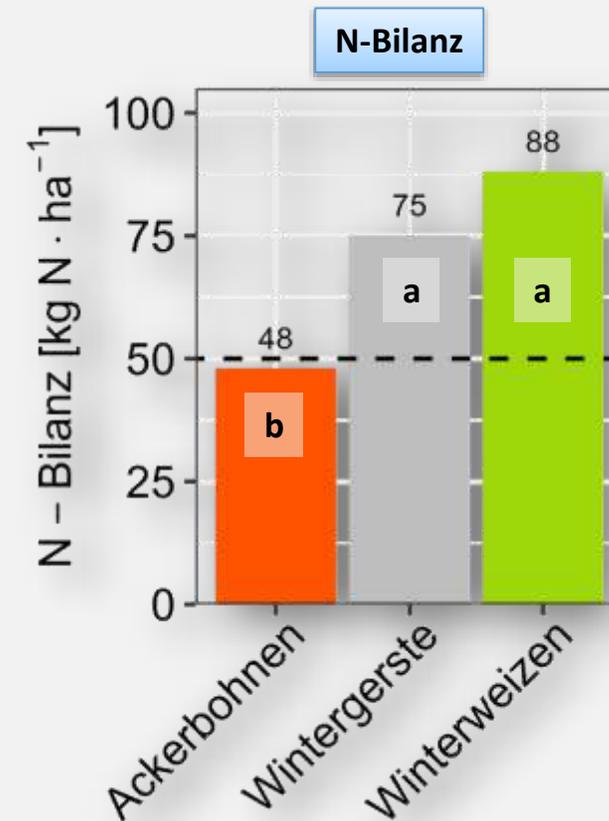
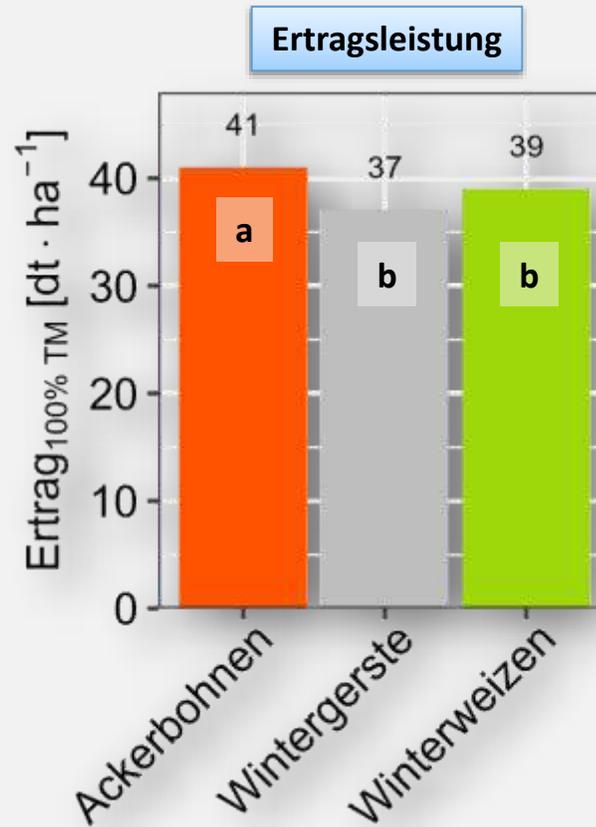
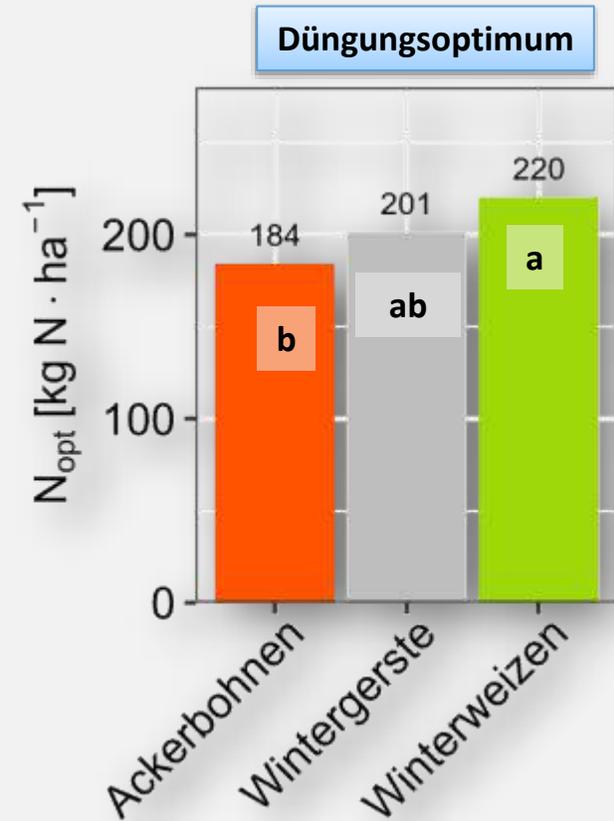
12. Dezember 2016

23. Januar 2017

Zwischenfruchtanbau:

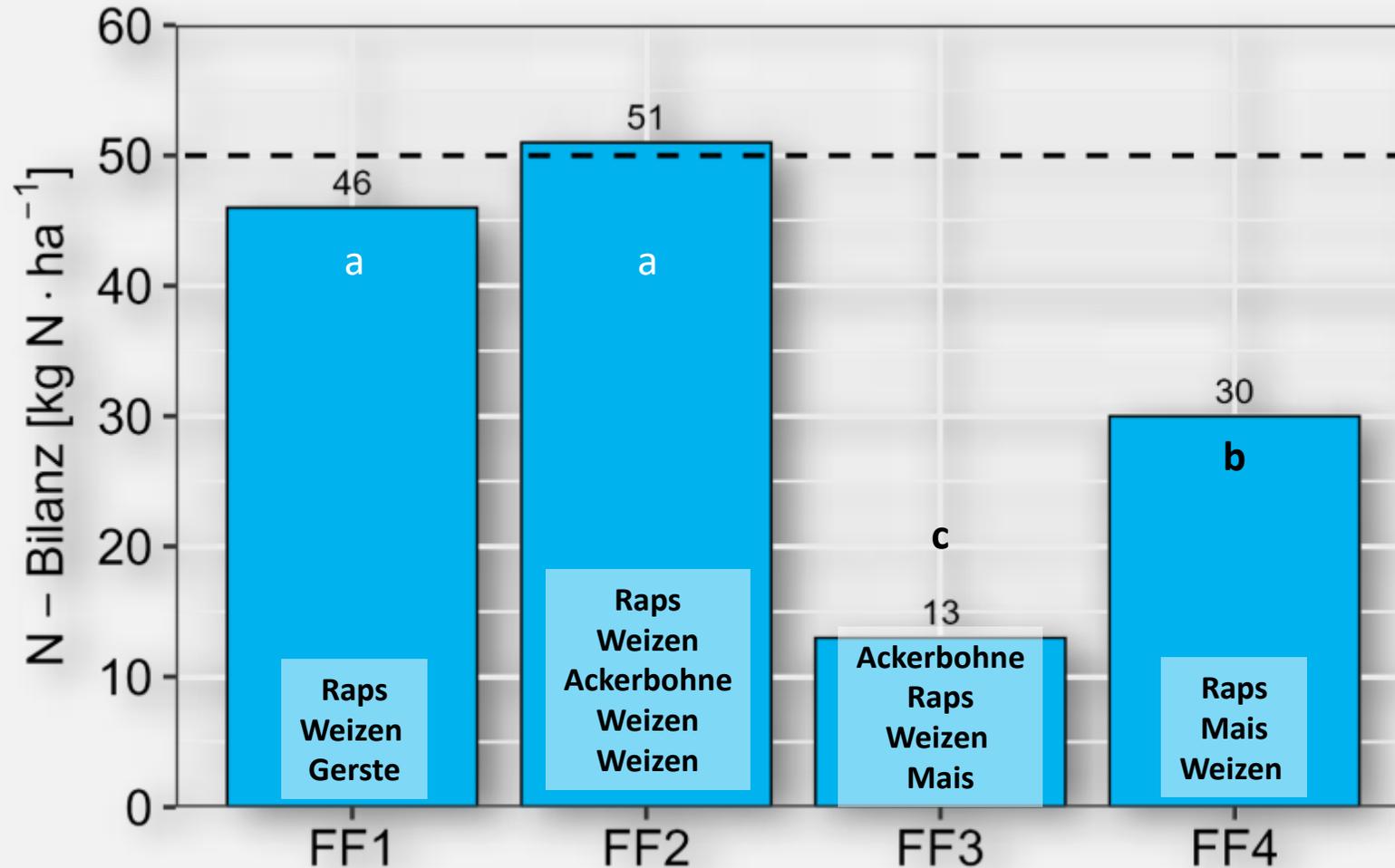
- Effektive Maßnahme zur Minderung der N-Auswaschung
- N-Freisetzung der aufgenommenen N-Menge in Folgefrucht oft gering
- Langfristige Effekte/Humuswirksam?





Ökonomisch optimale N-Düngung (N_{opt}) sowie korrespondierende Erträge und N-Bilanzen von Wintertraps im Mittel der Jahre (2017 - 2021) und in Abhängigkeit der Vorfrucht. Die gestrichelte Linie markiert eine N-Bilanz von 50 kg N · ha⁻¹. Unterschiedliche Buchstaben stellen signifikante Unterschiede dar ($p < 0.05$).

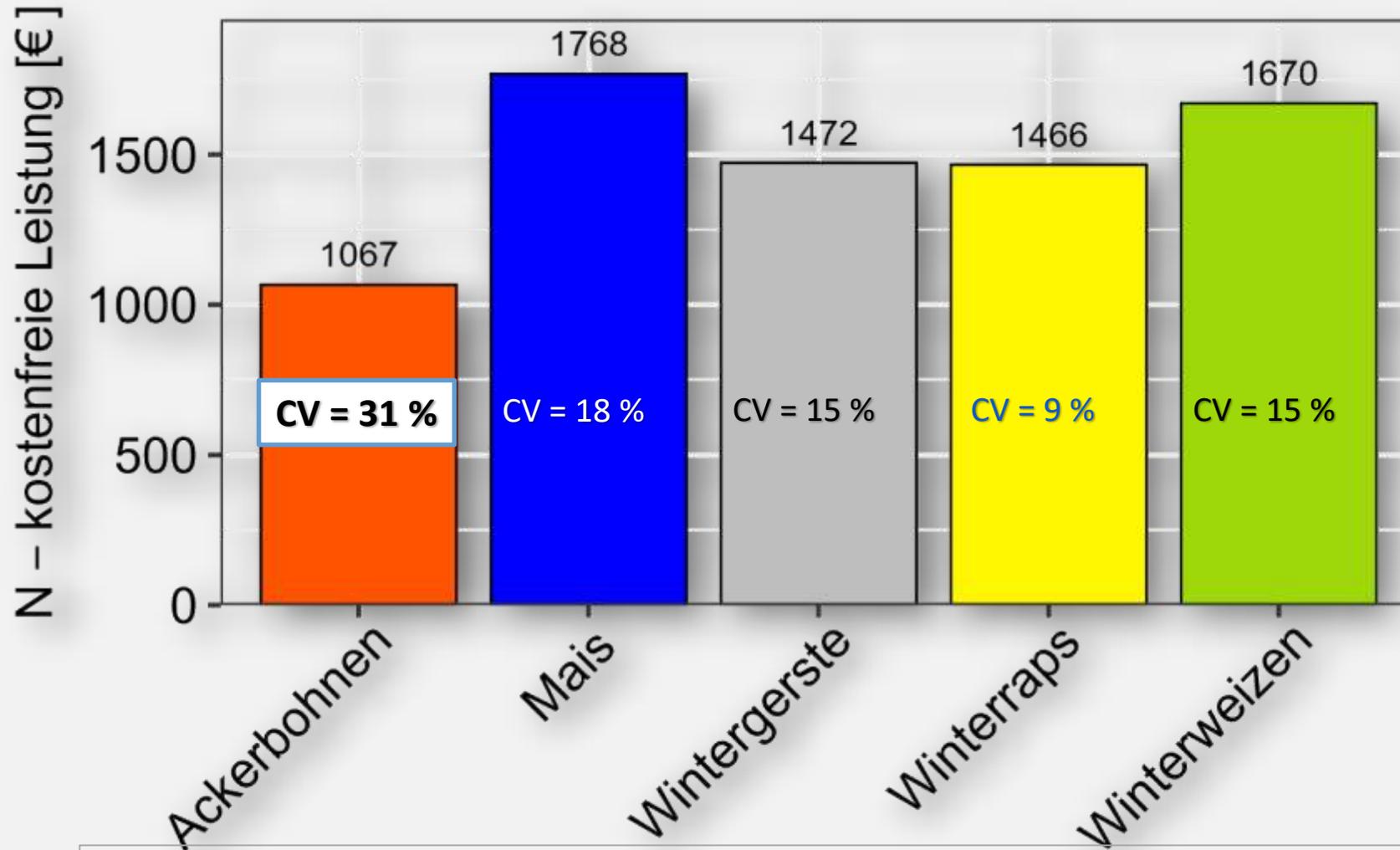




Bei **richtiger** Integration:
Verbesserung der N-Bilanz
durch Körnerleguminosen!

N-Bilanzen der Gesamt-Fruchtfolgen im Mittel der Versuchsjahre (2017 - 2021)
Die gestrichelte Linie markiert eine N-Bilanz von 50 kg N · ha⁻¹. Unterschiedliche Buchstaben stellen signifikante Unterschiede dar (p < 0.05).

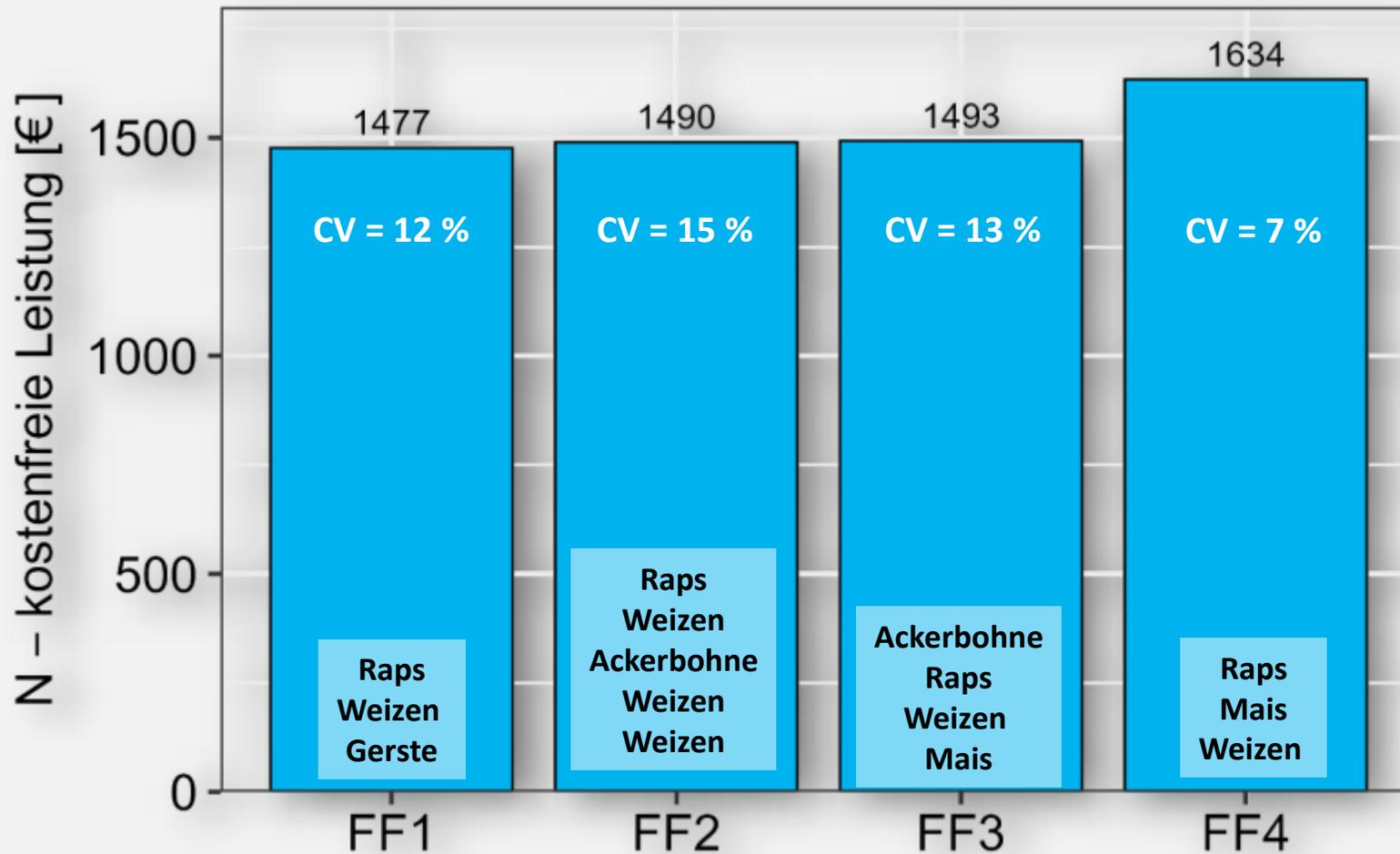




Preisannahmen
Weizen
Abhängig von Rohproteinkonzentration:
215 €/t (> 13.5 %)
209 €/t (> 12 – 13.5 %)
204 €/t (< 12 %)
Raps
417 €/t
Gerste
186 €/t
Ackerbohnen
242 €/t
(Marktpreis ≠ Futterwert)
Mais
93 €/t
N-Dünger: 0.8 €/kg N

N-kostenfreie Leistung der Einzelkulturen
im Mittel der Versuchsjahre (2017 – 2021) und deren Variationskoeffizient (CV).





N-kostenfreie Leistung der *Gesamt-Fruchtfolgen*
im Mittel der Versuchsjahre (2017 – 2021) und deren Variationskoeffizient (CV).



Erweiterte Fruchtfolgen

■ Integration von Körnerleguminosen

- Ertragsleistung Körnerleguminosen *variabel*
- *Preislich unterbewertet!*
- Positive Effekte bei sachgerechter Integration in Fruchtfolgen (naturraumspezifisch!)
- Fruchtfolgeeffekte können ökonomische Nachteile ausgleichen, insbesondere bei N-Düngungsrestriktionen

■ Mais/Zwischenfruchtanbau

- Silo-/Biogasmais ökonomisch konkurrenzfähig
- Minderung N-Austrag Zwischenfrüchte potentiell hoch
- N-Transfer in direkte Nachfrucht vergleichsweise gering
- Attraktiv bei N-Mengenbegrenzung (Rote Gebiete)

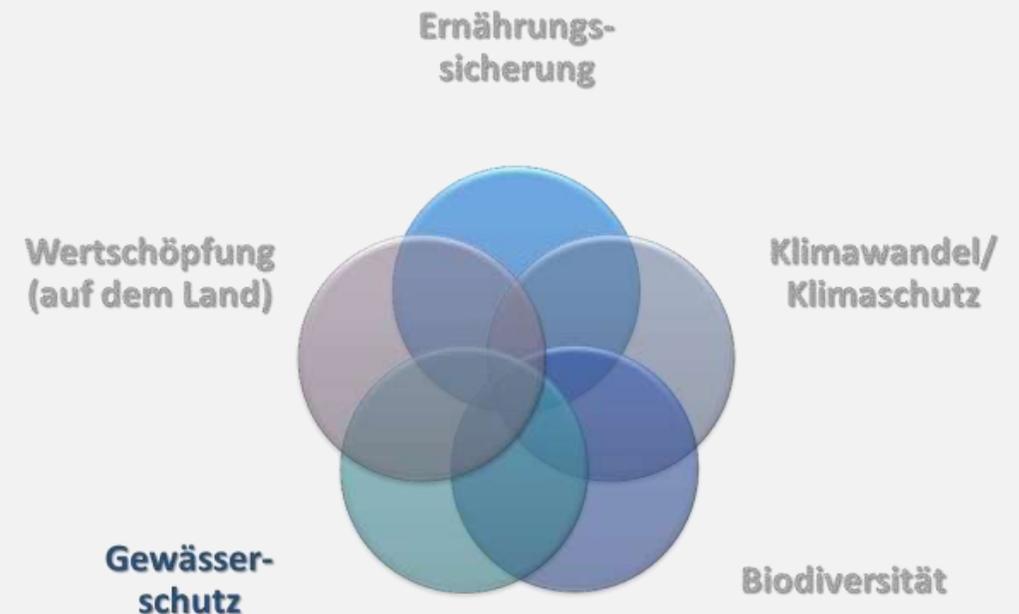


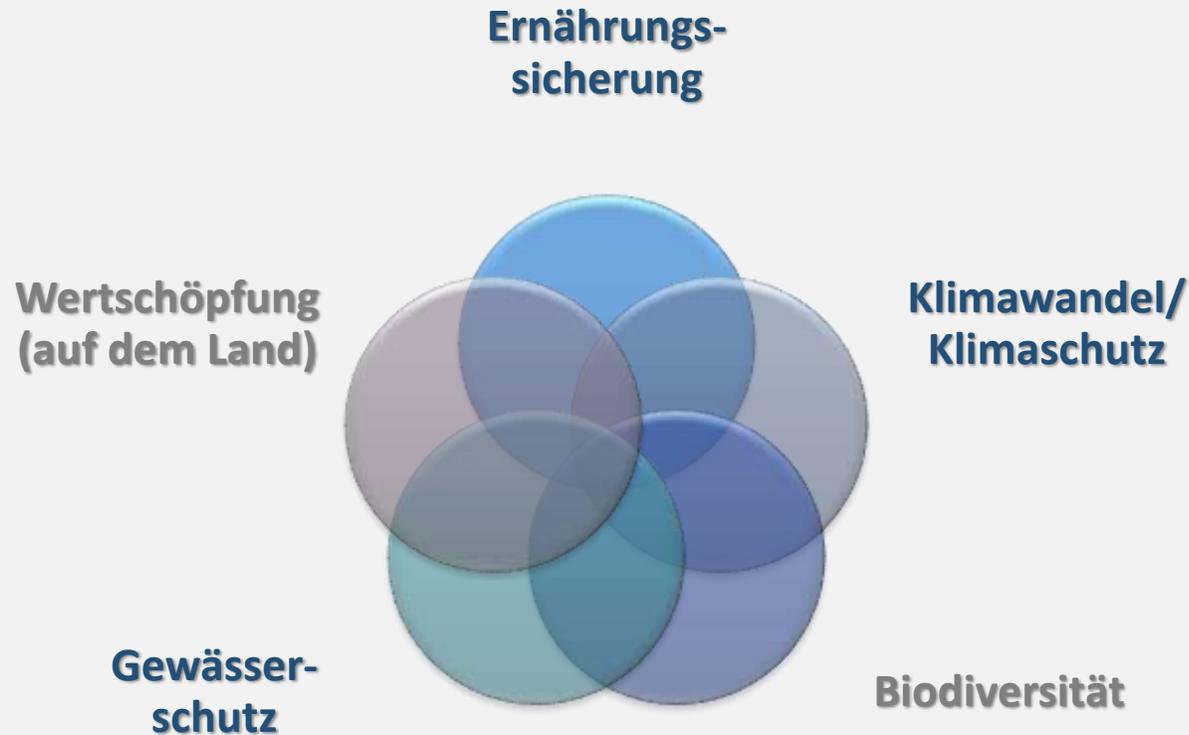
■ Ziel Gewässerschutz

- N-Salden noch zu hoch aber stetig sinkend
- Nitratkonzentration im Grundwasser
 - Situation weit besser als kommuniziert
 - Sinkende Konzentrationen
 - Zukunftsrisiko??
- Stickstofffrachten Oberflächengewässer
 - Sinkend (Daten nicht gezeigt)

■ Anpassungsoptionen Ackerbau

- **Präzisere Düngung (*schon wieder*)**
 - Pauschale Reduktion (-20%) wenig zielführend
 - Verlustminderung/Verteilgenauigkeit
- **Fruchtfolgeoptimierung (*schon wieder*)**
 - Optimierte Integration Leguminosen
 - Zwischenfrüchte





- Zielparameter unumstritten!
- Zielkonflikte systemimmanent!
 - Entschärfung nur teilweise möglich!
- Wichtung und Umsetzung durch Agrarpolitik
 - Aktuell sehr kontrovers diskutiert
 - Meines Erachtens nicht immer ausreichend wissenschaftlich fundiert
- Ausreichend hohe Erträge notwendig
 - Klimaschutz
 - Ernährungssicherung
 - Freisetzung von Flächen für Biodiversität
 - Wertschöpfung
 - (Gewässerschutz)



Steven Chu, former US Secretary of Energy:
„People are entitled to their own opinions, but they are not entitled to their own facts“



President Juncker: „The [European] Commission should be in a position to give the majority view of democratically elected governments at least the same weight as scientific advice [on the regulation of GMOs]“



**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**

