Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

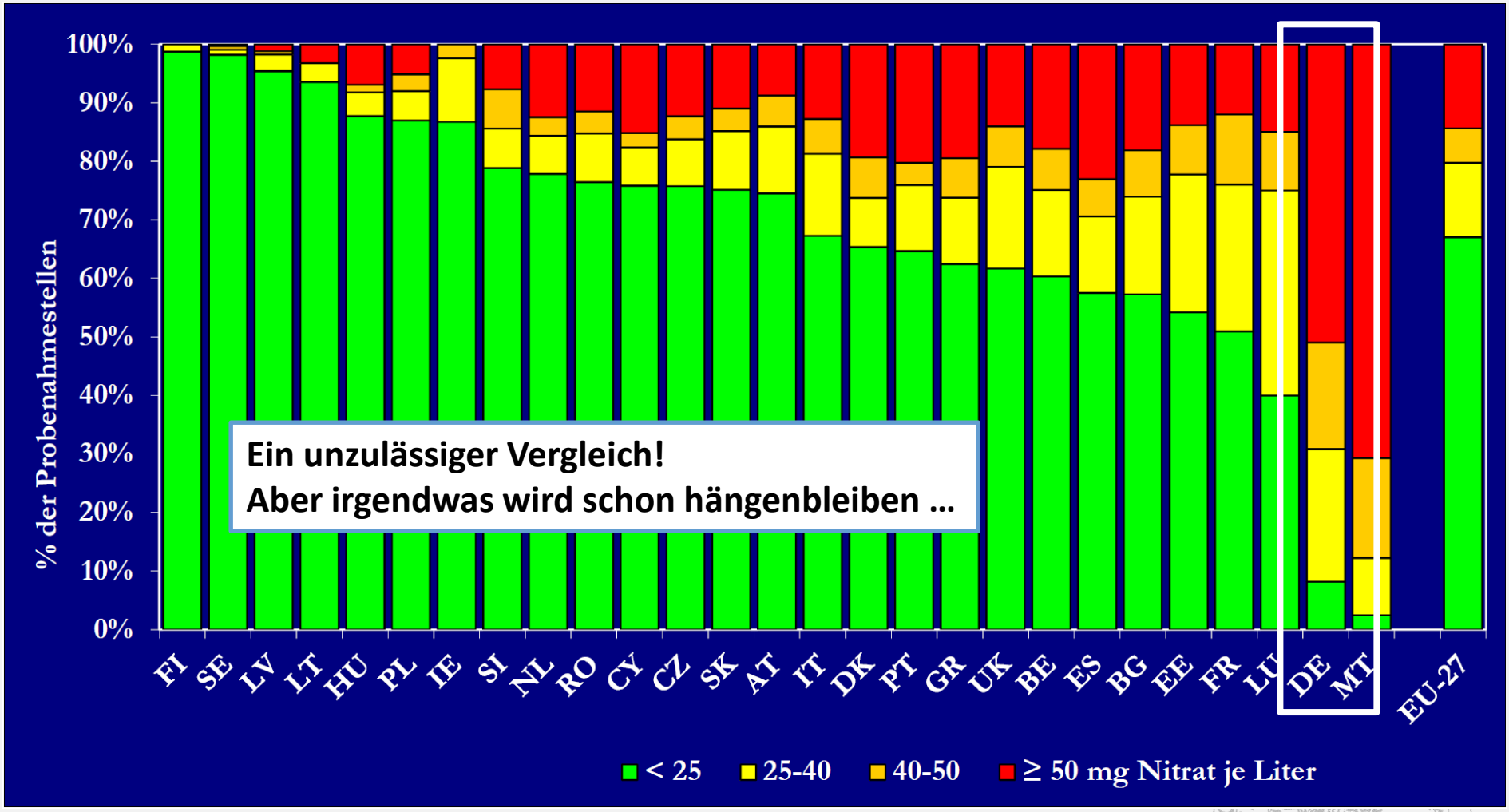
Die Rolle von Fruchtfolgen und Düngung in einer ökologisierten Landwirtschaft

Henning Kage[#],
Maren Rose[#], Ingo Pahlmann[#*], Klaus Sieling[#]
[#]Institut für Pflanzenbau & Pflanzenzüchtung
Christian-Albrechts Universität Kiel
*Technische Hochschule Ostwestfalen-Lippe

Foto: Sieling

Nitratkonzentrationen im Grundwasser verschiedener EU-Länder

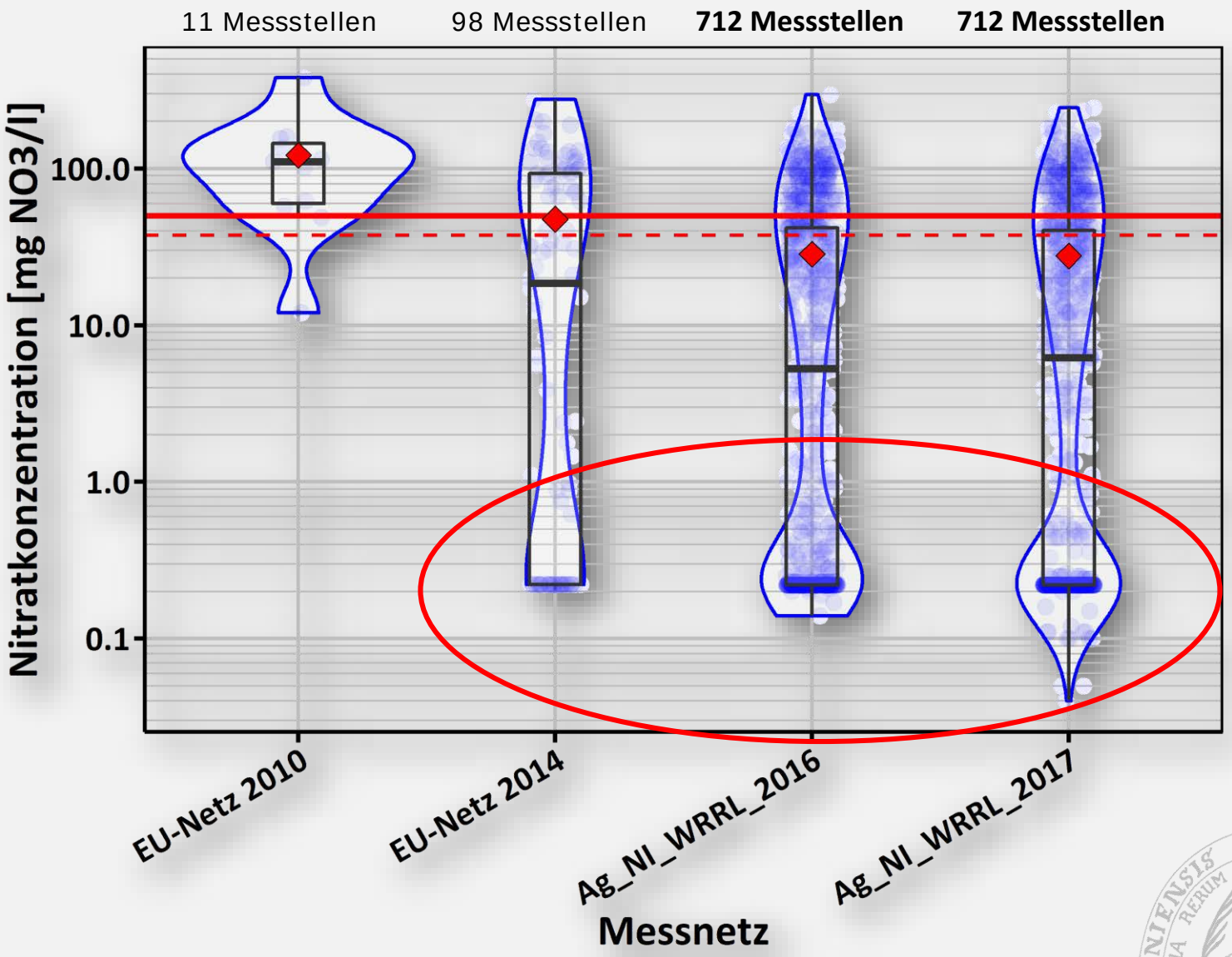
Vergleich der *gemeldeten* Nitratkonzentrationen 2008-2011



Ein unzulässiger Vergleich!
Aber irgendwas wird schon hängenbleiben …

Quelle: EU-KOM 2013

Vergleich der Messnetzergebnisse Niedersachsen Nitratkonzentration Grundwasser

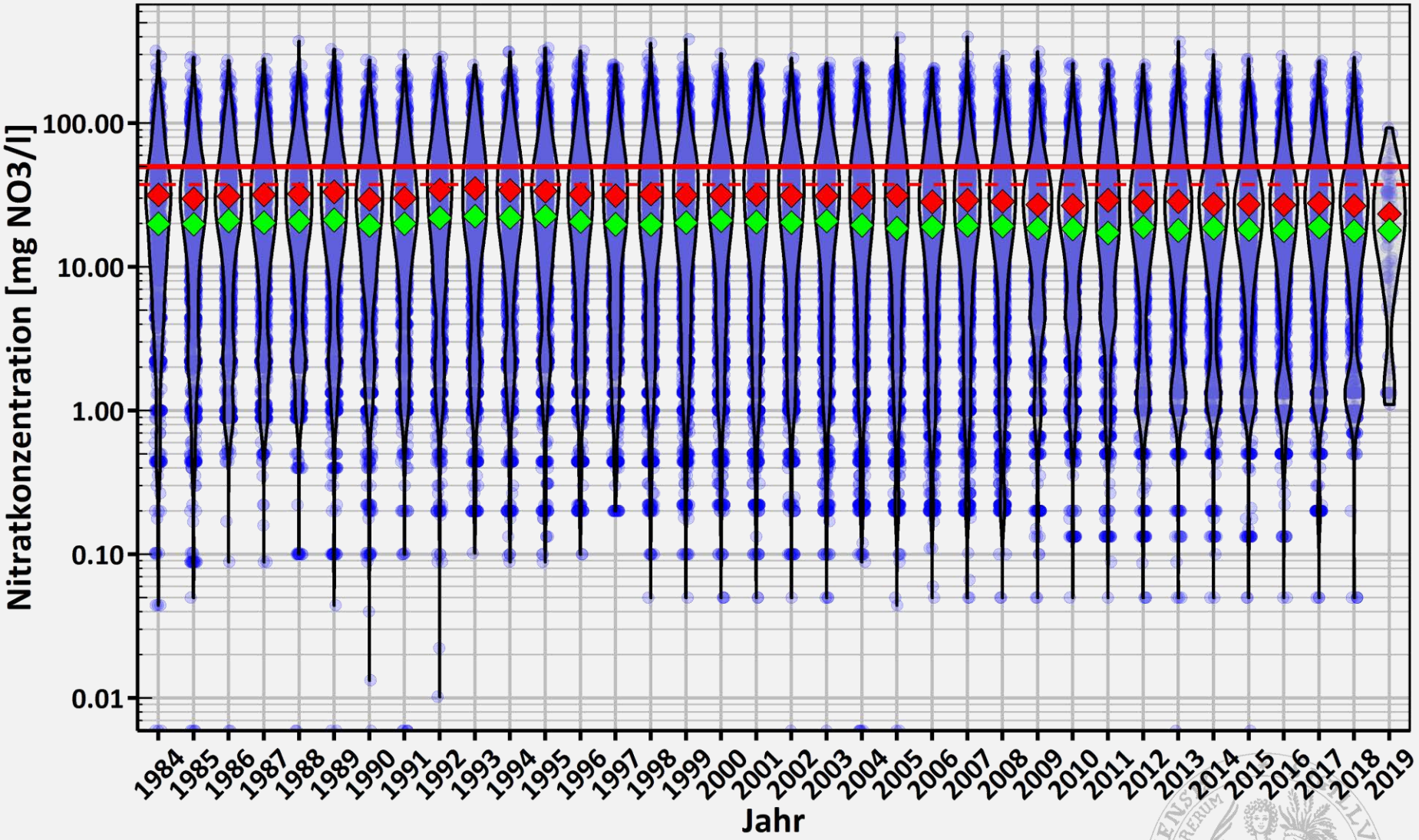


Bereich niedriger Messwerte ungleich vertreten!

Eigene Abb., Datenquelle: NLWKN

Entwicklung Nitratkonzentration GW NRW langjähriger Trend 1984-2018

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

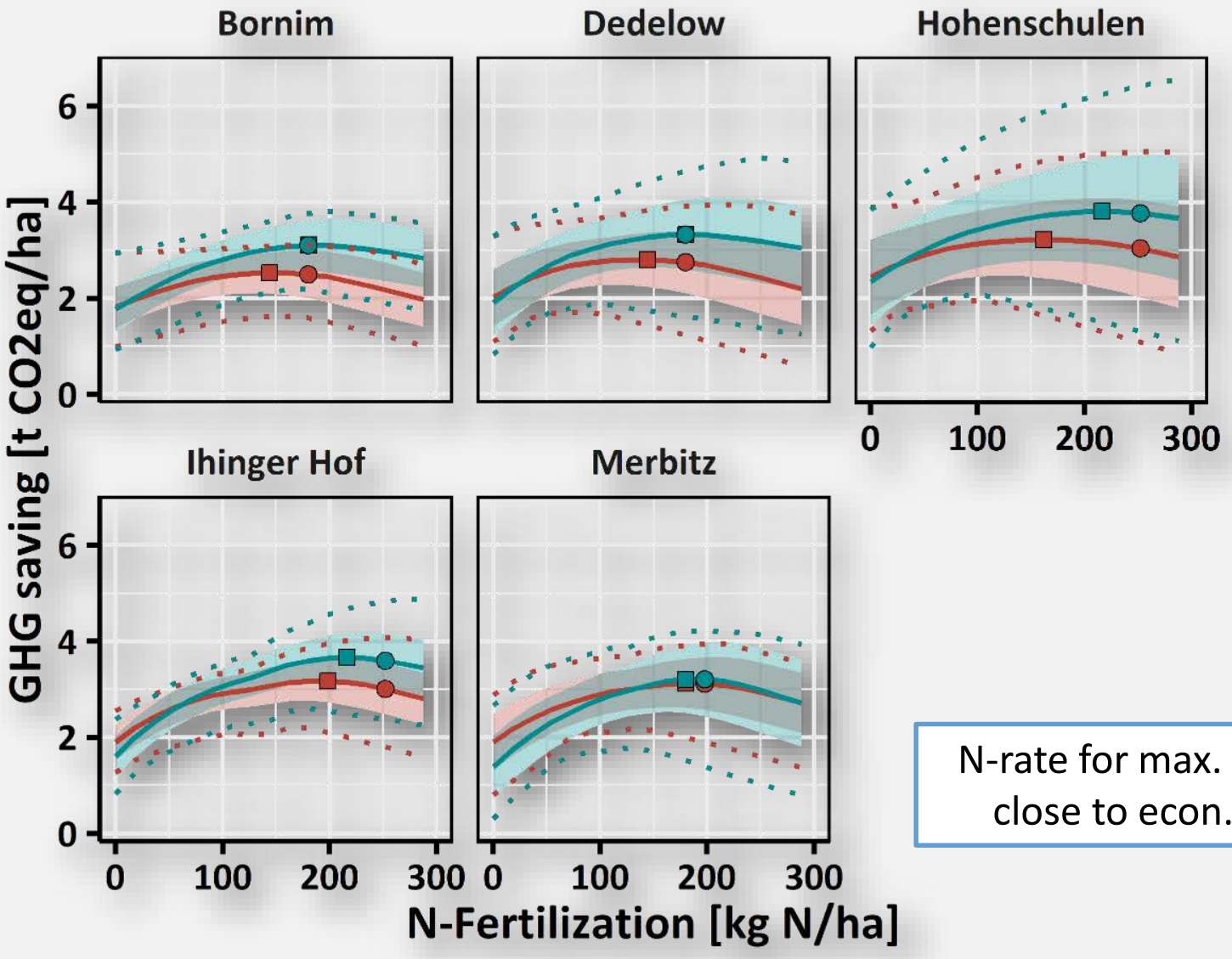


Filter: Nutzung Landw., oberster GW-Leiter, oberster Filter

Eigene Abbildung, Daten: https://www.opengeodata.nrw.de/produkte/umwelt_klima/wasser/hygrisc/

Sensitivitäts-Analyse N-input THG-*Bilanz*
Biograce (Tier 1) vs. Model (Tier 3)

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel



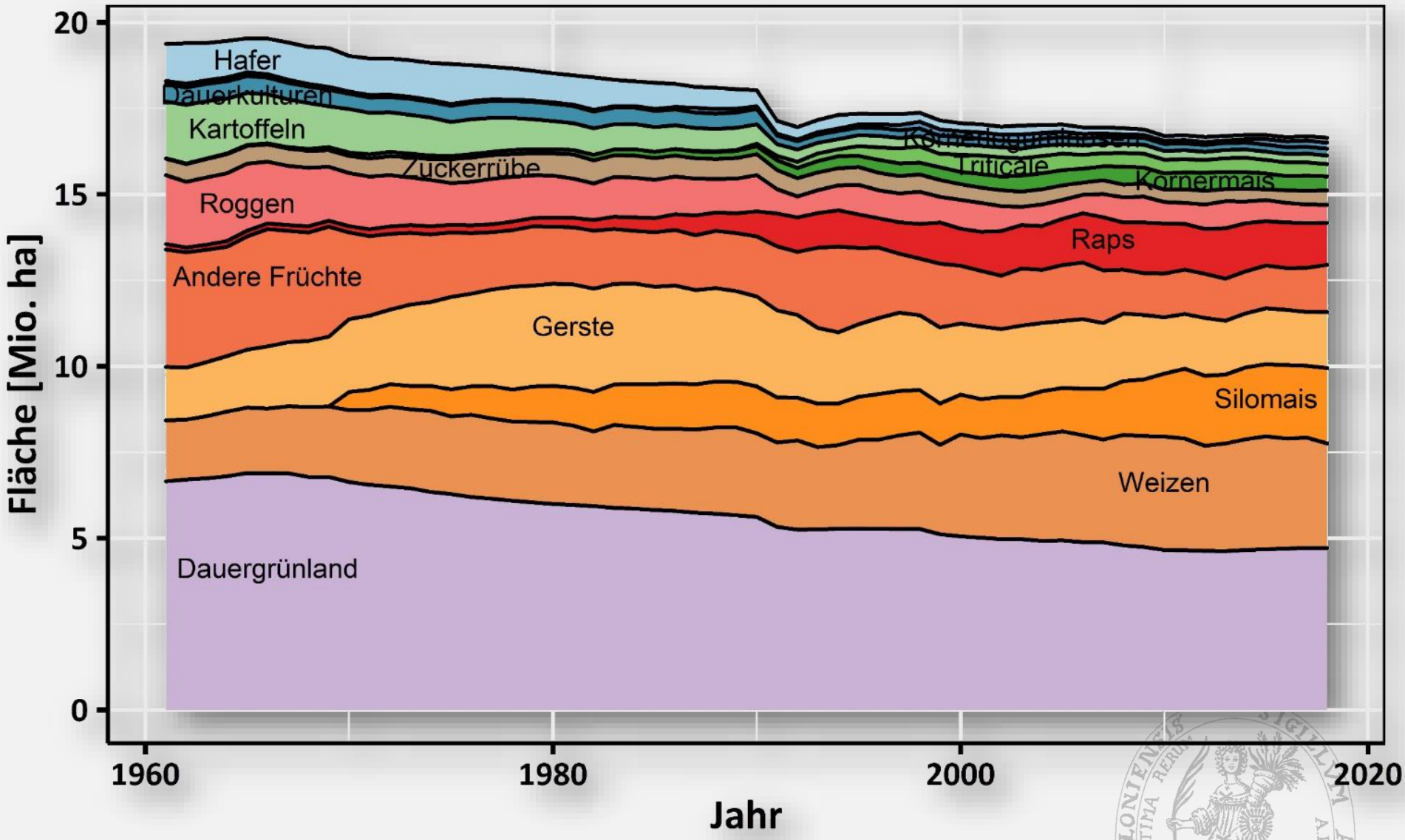
N-rate for max. GHG balance close to econ. Optimum!

Räbiger et al. In Vorber.

Gliederung

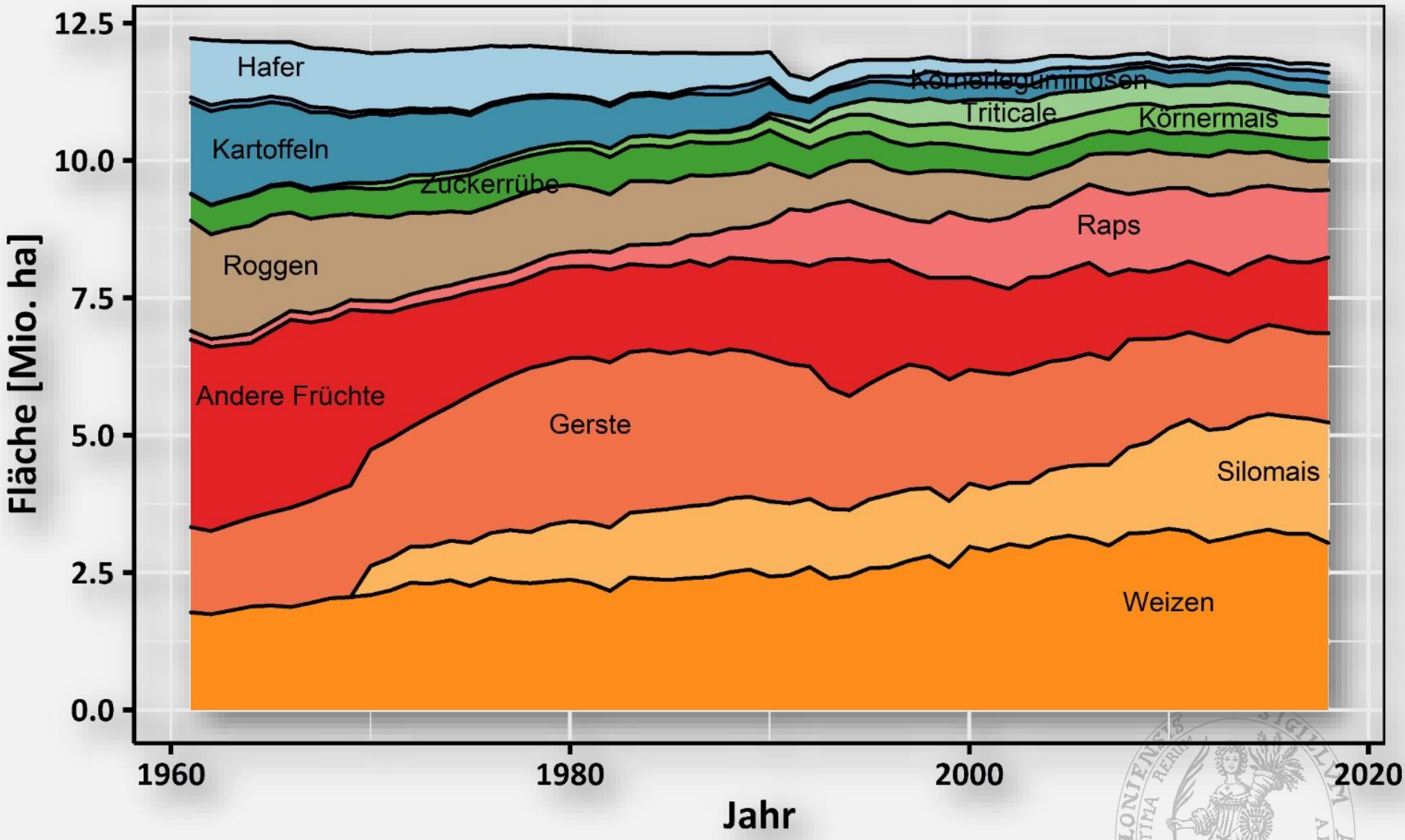
- Trends von Anbauflächen und Fruchtfolge
- Fruchtfolgeproblematik in Raps/Weizenfolgen
- Optimierte Fruchtfolgen
- Schlussfolgerungen

Landwirtschaftliche Flächennutzung in Deutschland 1961-2018



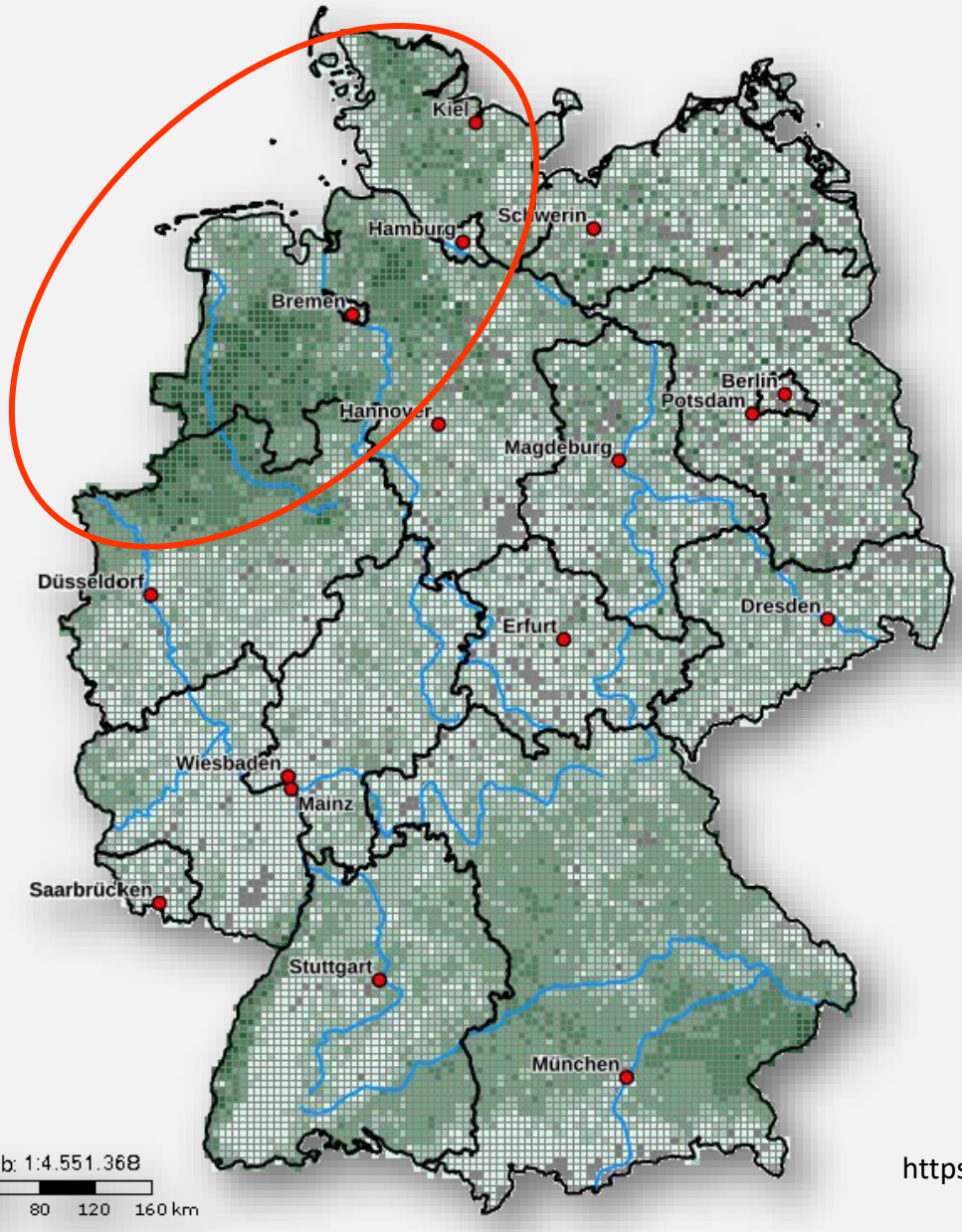
Daten: FAO, eigene Darstellung

Ackerbauliche Flächennutzung in Deutschland 1961-2018



Daten: FAO, eigene Darstellung

Anteil Mais an der Ackerfläche



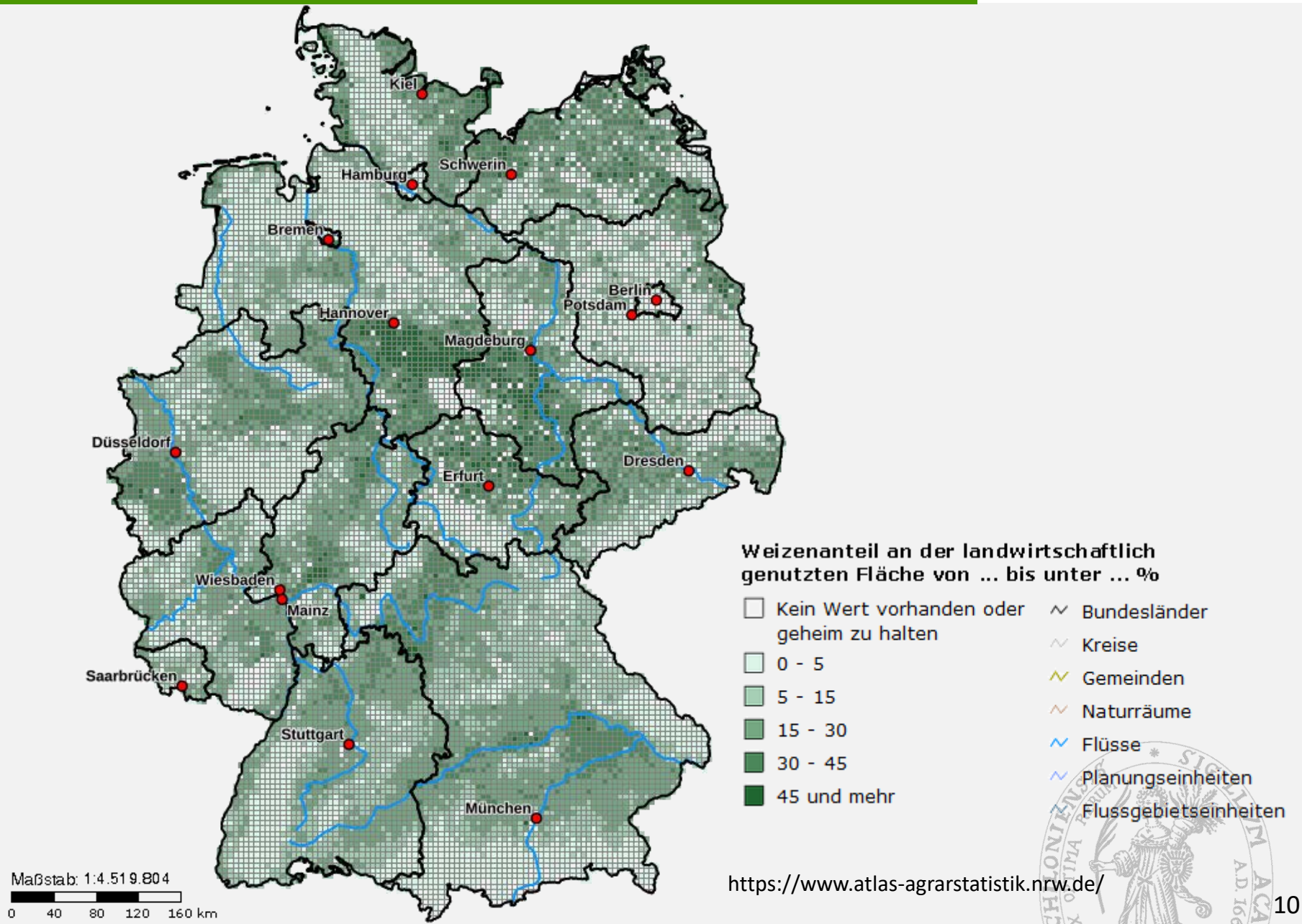
Maisanteil an der landwirtschaftlich genutzten Fläche von ... bis unter ... %

- 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

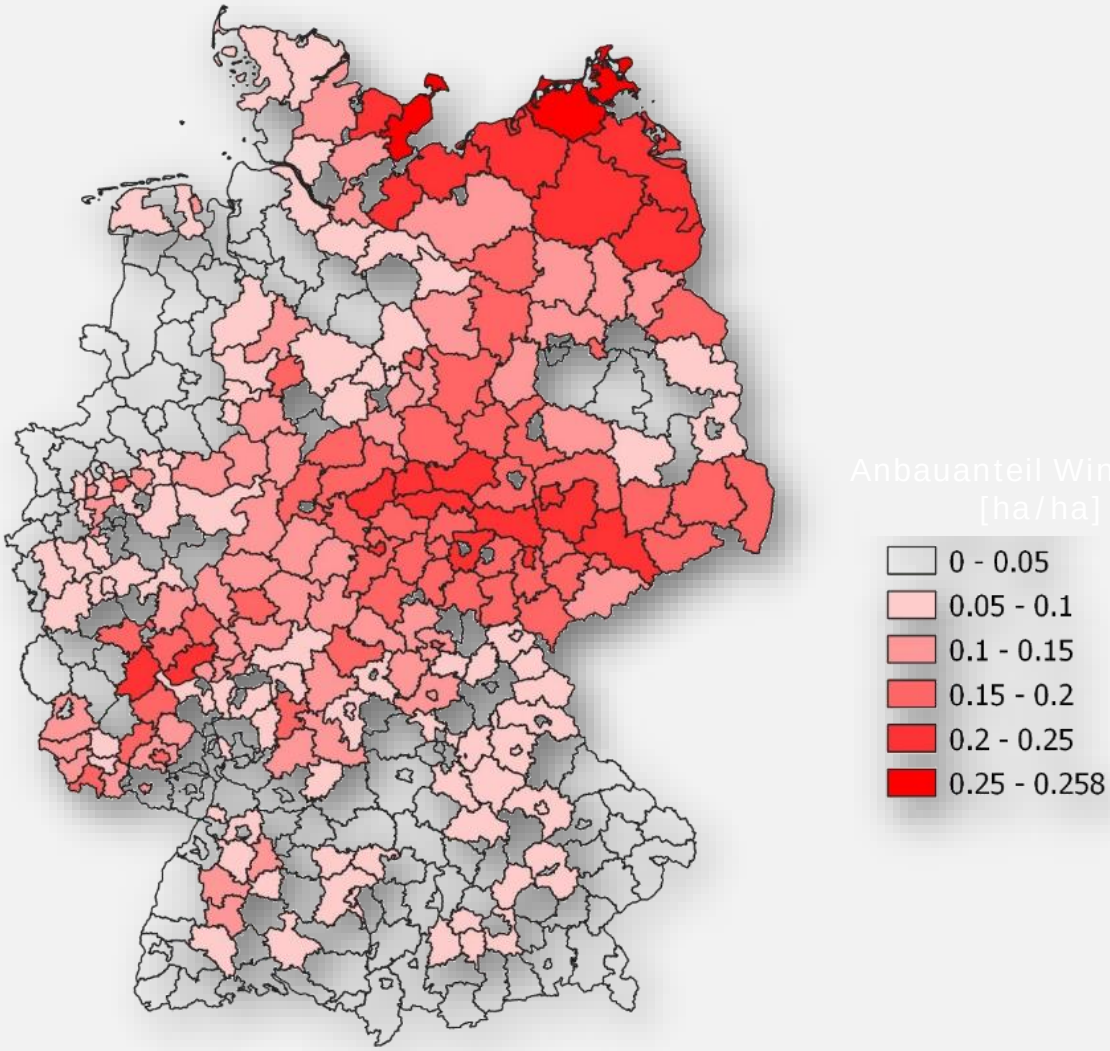
https://www.atlas-agrarstatistik.nrw.de/

Anteil Weizen an der Ackerfläche

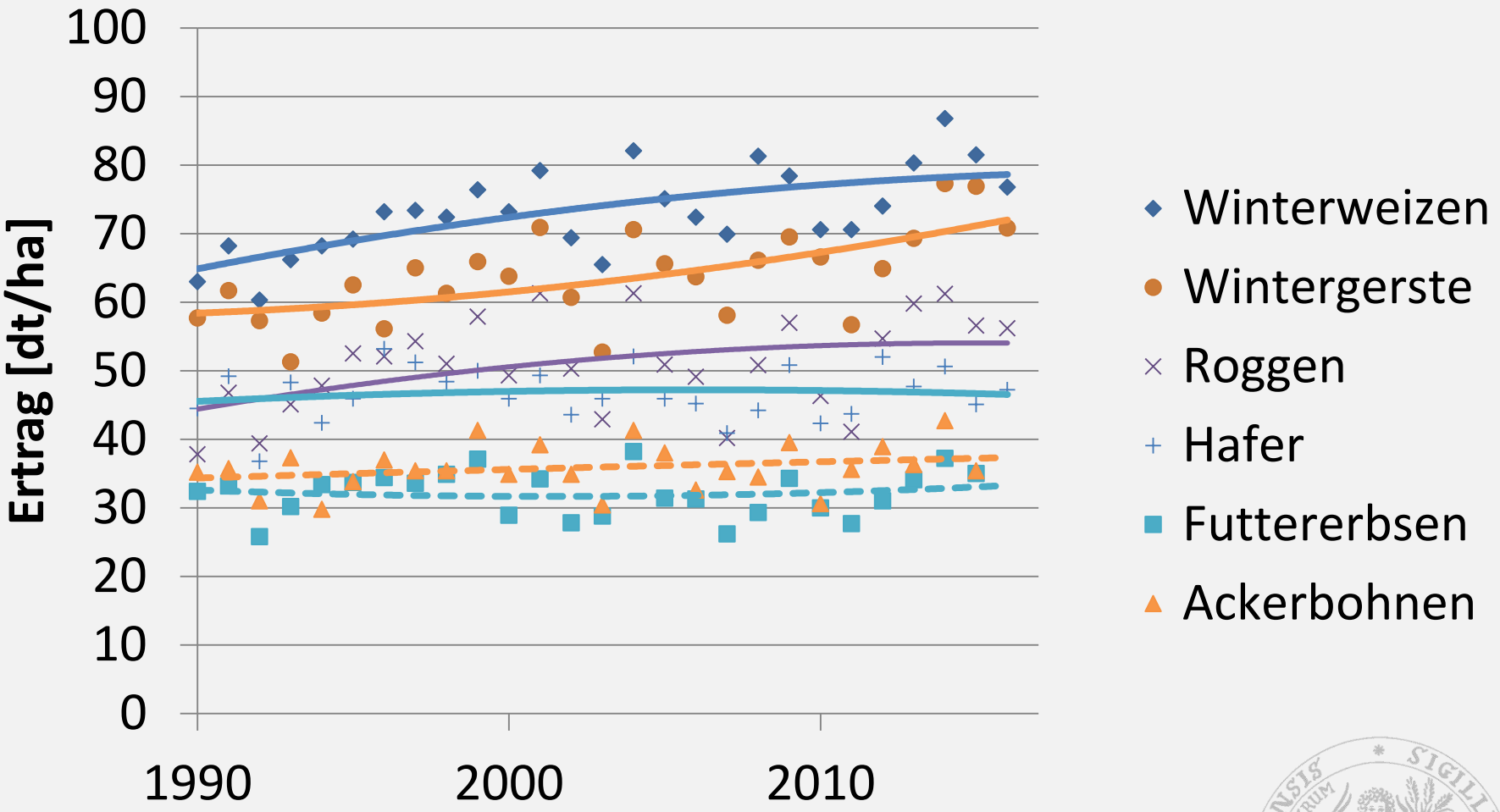


https://www.atlas-agrarstatistik.nrw.de/

Anteil Winterraps an der Ackerfläche



Ertragsentwicklung einiger Druschfrüchte in Deutschland



Daten: DESTATIS

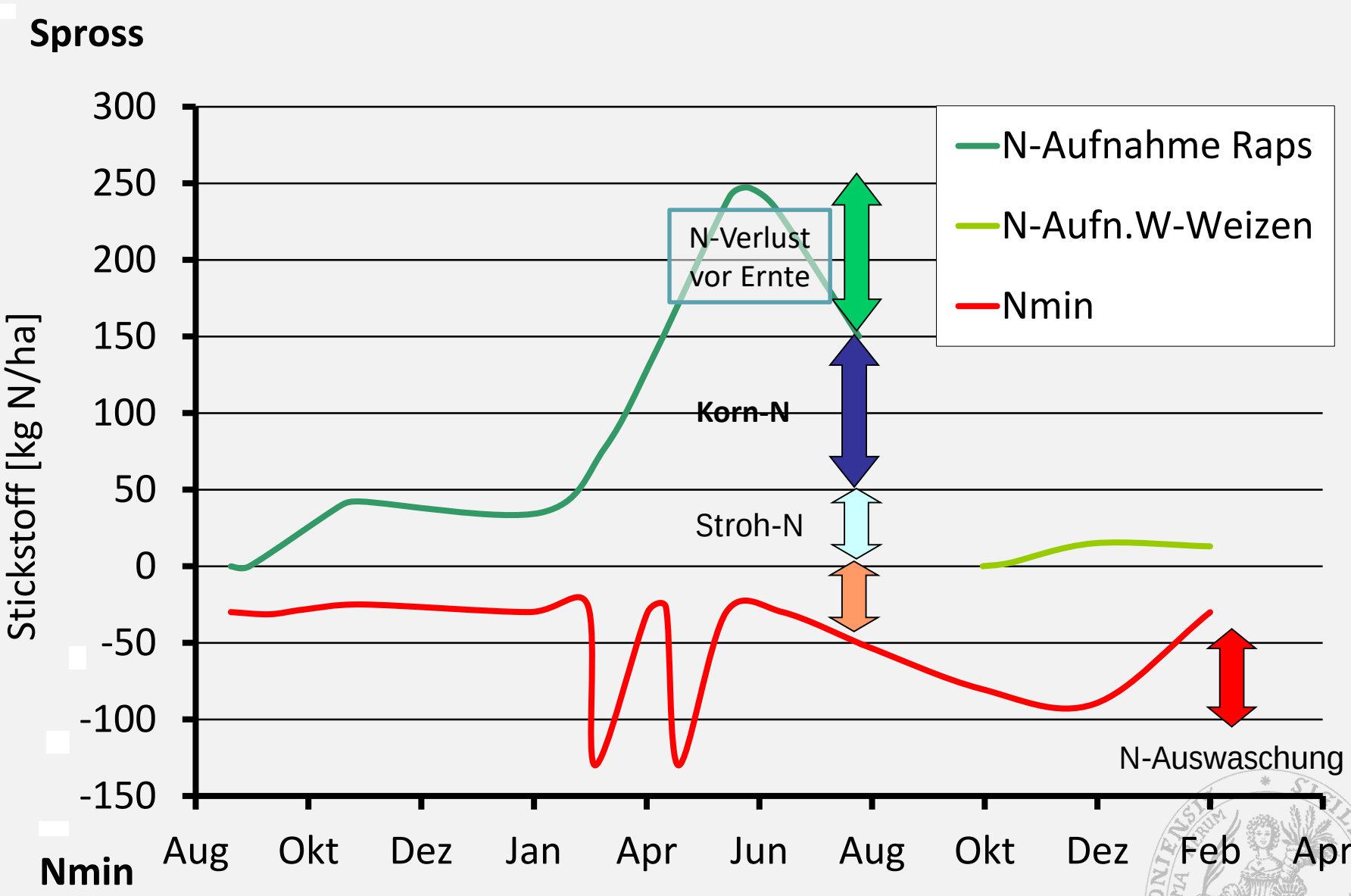
Fruchtfolgevereinfachung

- **Gründe/Motivation**
  - **Spezialisierung der Betriebe**
    - **Trennung Viehhaltung & Marktfruchtbau**
    - **Regionale (Boden/Klima) Vorzüglichkeit**
  - **Nutzung der leistungsstärksten Kulturen**
    - ***Leistungsdifferenzen eher zu- als abnehmend***

Gliederung

- Trends von Anbauflächen und Fruchtfolge
- **Fruchtfolgeproblematik in Raps/Weizenfolgen**
- Optimierte Fruchtfolgen
- Schlussfolgerungen

Stickstoffhaushalt nach Raps



Stickstoffüberhänge im Winterweizen und Winterroggen nach Vorfrucht

Referenzbetriebe der LFA im Mittel der Jahre 2007 bis 2011

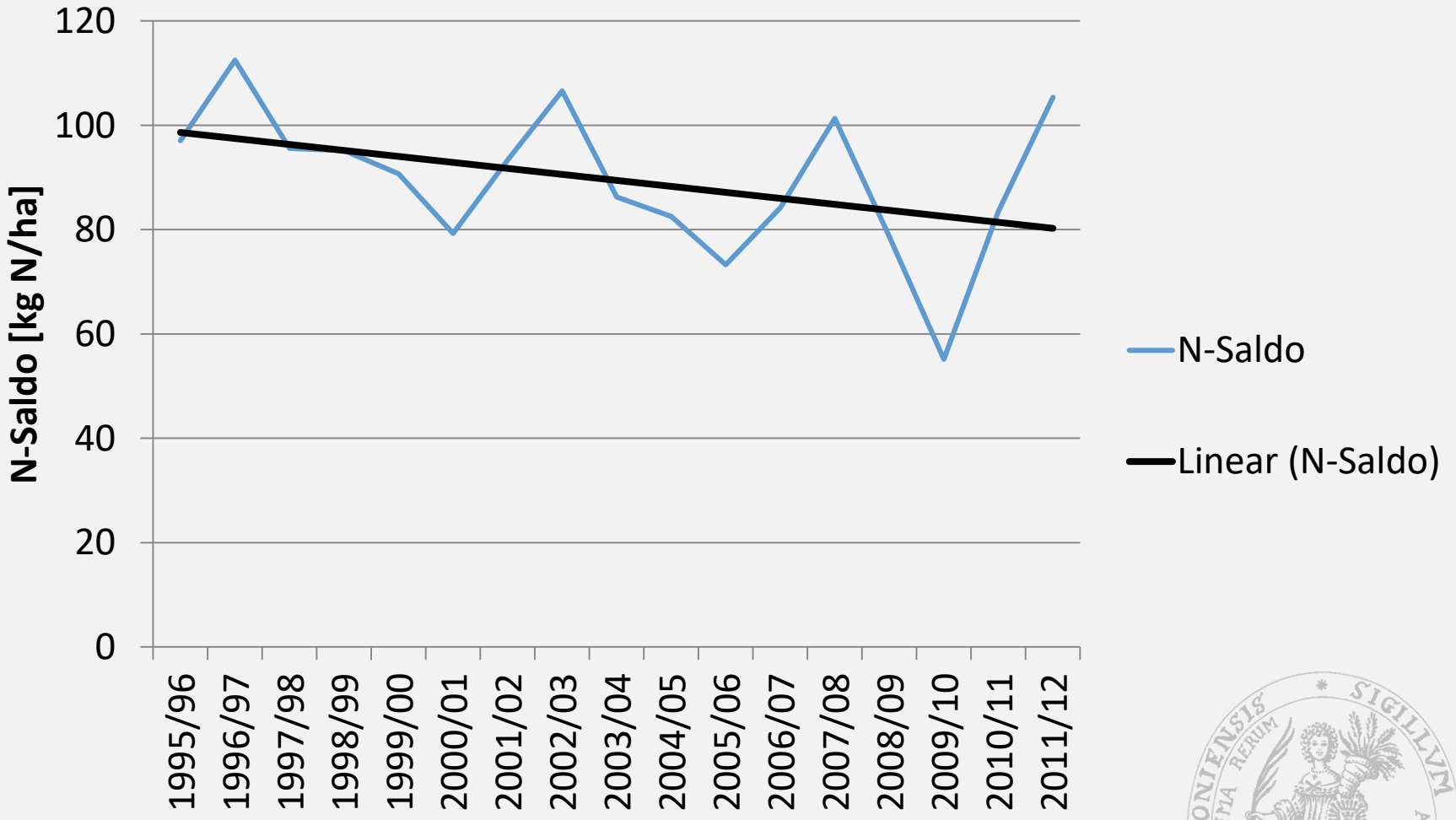
Fruchtart	Vorfrucht	N-Aufwand (kg N/ha)	Ertrag (dt/ha)	N-Überhang (kg N/ha)
Winterweizen	Winterraps	220	78,2	+55
	Winterweizen	238	71,9	+87
Winterroggen	Winterraps	136	63,1	+40
	Winterroggen	133	53,9	+52

Raps-Weizen-Weizen = (100 + 55 + 87)/3 = 80 kg N/ha

Ziesemer & Schulz (2012)

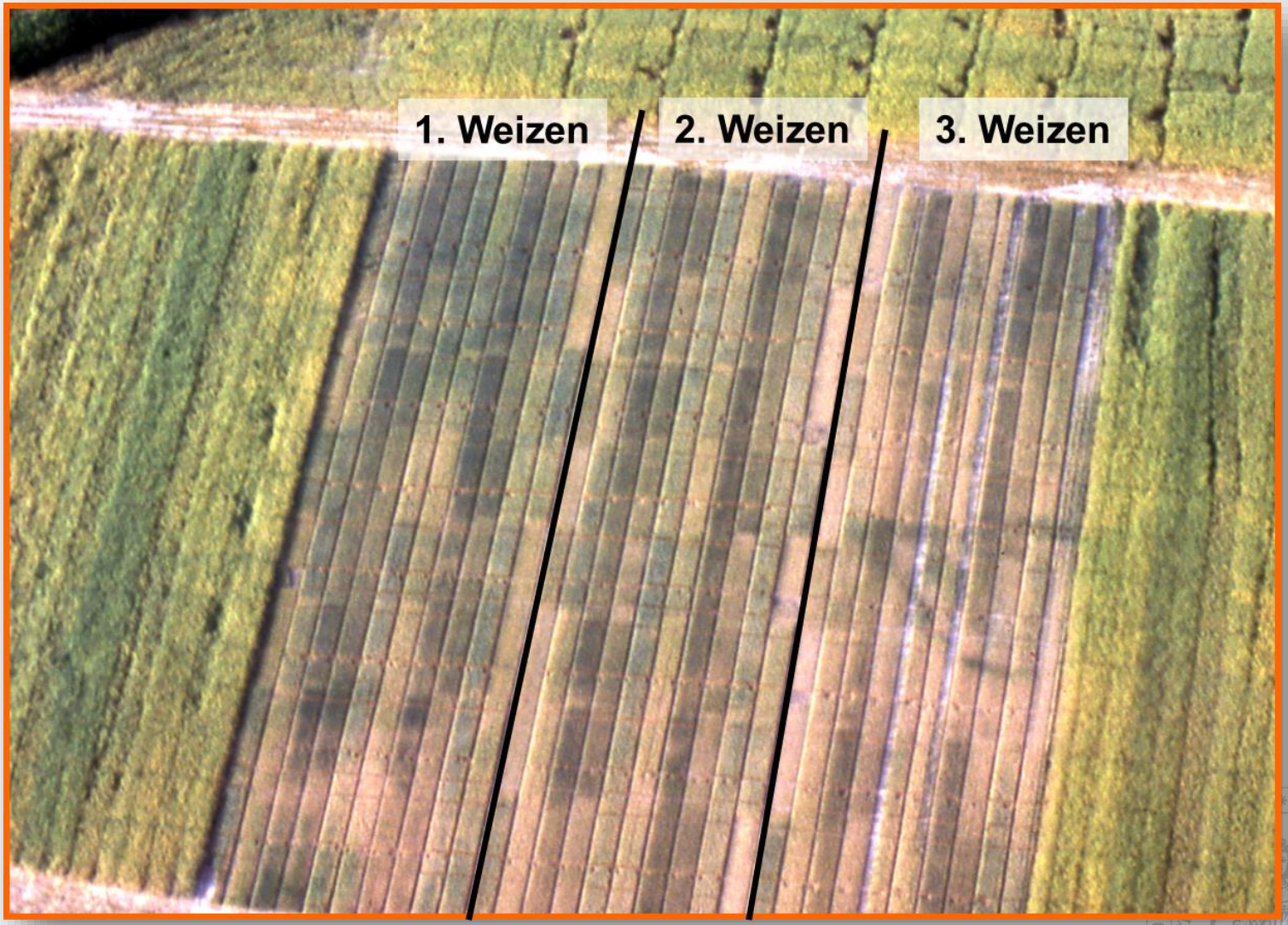
http://www.landwirtschaft-mv.de/cms2/LFA_prod/LFA/content/de/Fachinformationen/Betriebswirtschaft/Oekonomie_Pflanzenproduktion/Oekonomische_und_oekologische_Aspekte_von_Rapsfruchtfolgen/ZS_Schulz_Ziesemer_Fruchtfolgen_Rapsfruchtfolgen.pdf

N-Saldo von Marktfruchtbetrieben SH/MV



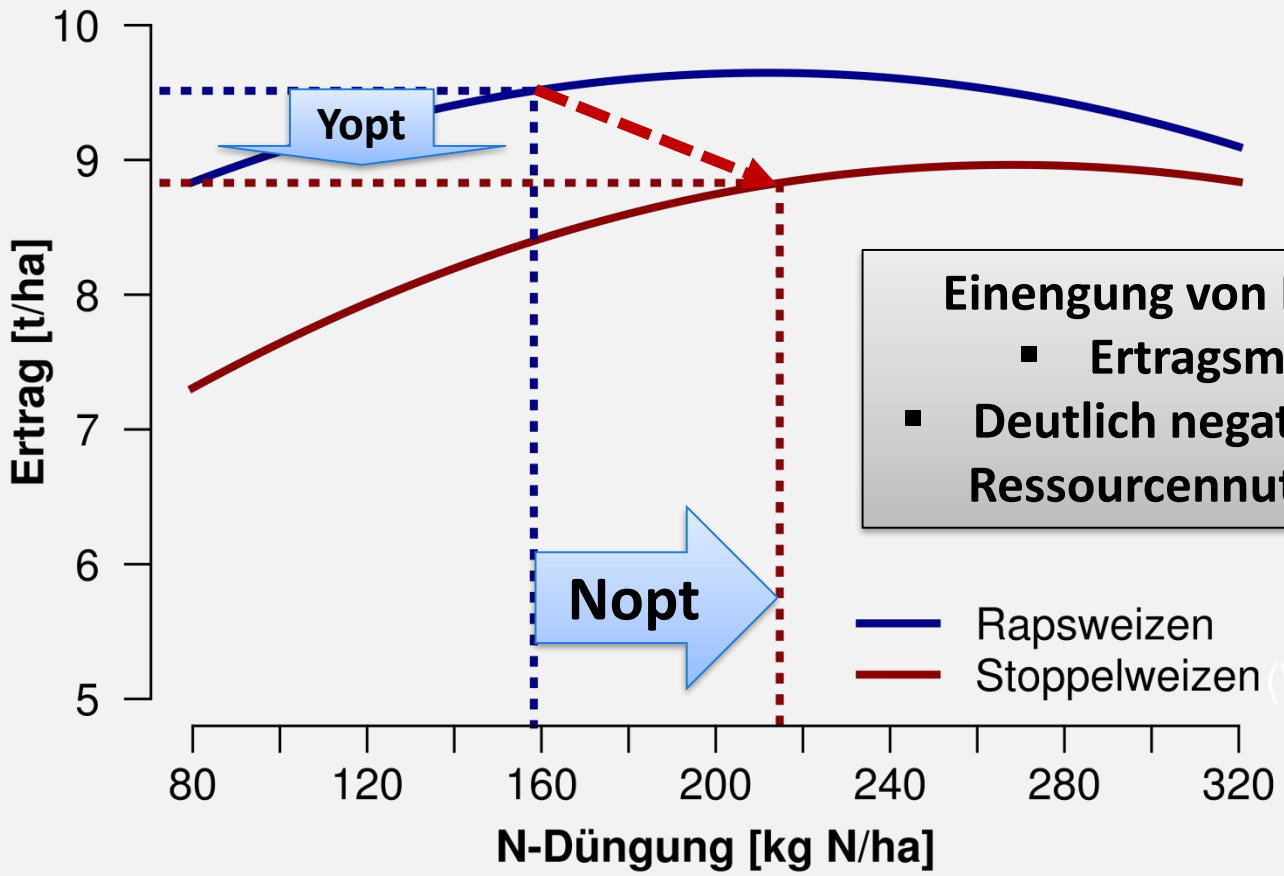
Quelle: Buchführungsdaten gut geführter und strukturierter Marktfruchtbetriebe

Weizen nach unterschiedlichen Vorfruchtkombinationen (29.06.1992)



Fruchtfolgeversuch #68, Hohenschulen

Weizenertrag (dt/ha) in Abhängigkeit von Vorfrucht und mineralischer N-Düngung

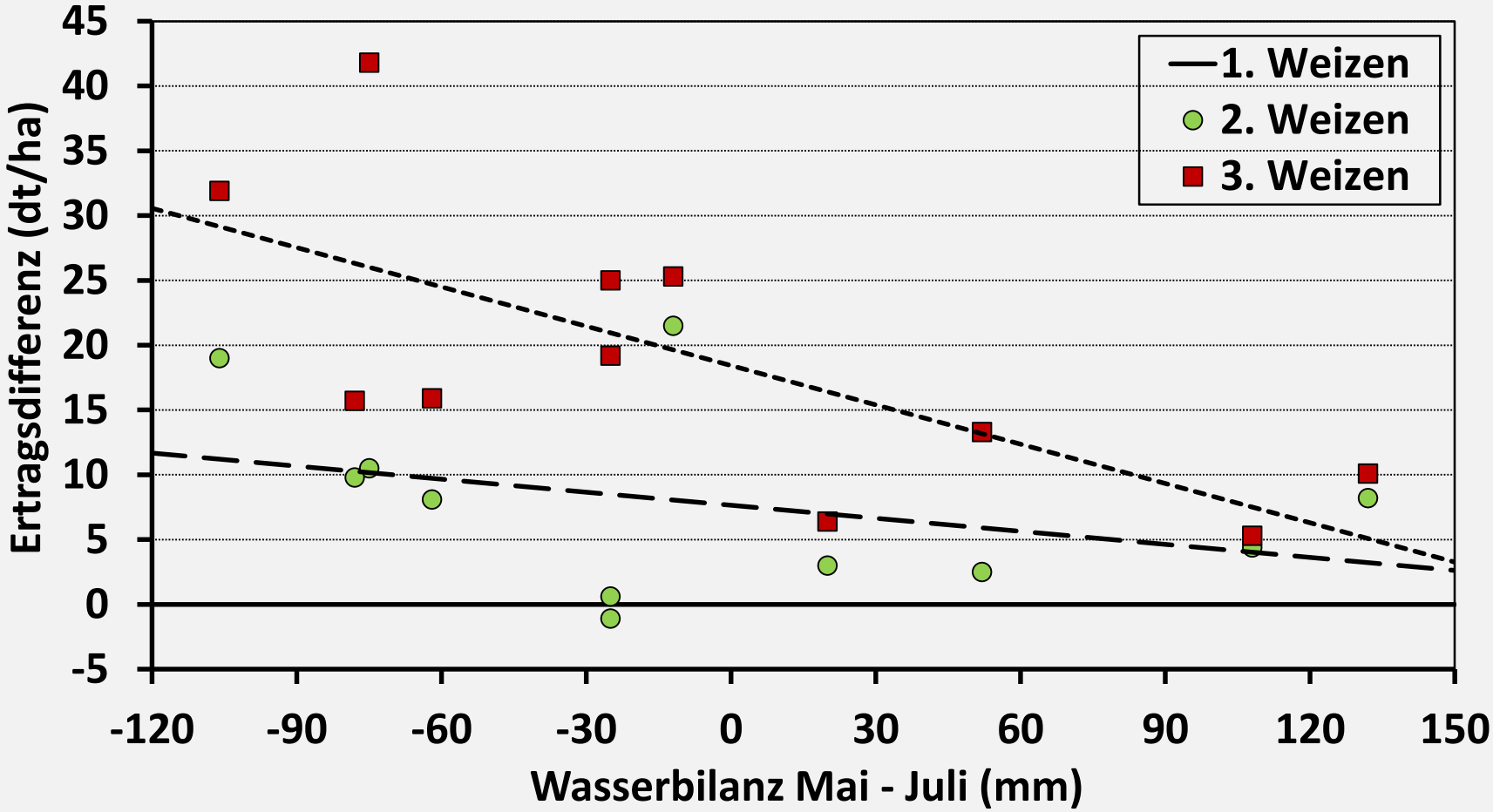


Einengung von Fruchtfolgen

- **Ertragsminderung**
- **Deutlich negativer Effekt auf Ressourcennutzungseffizienz**

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

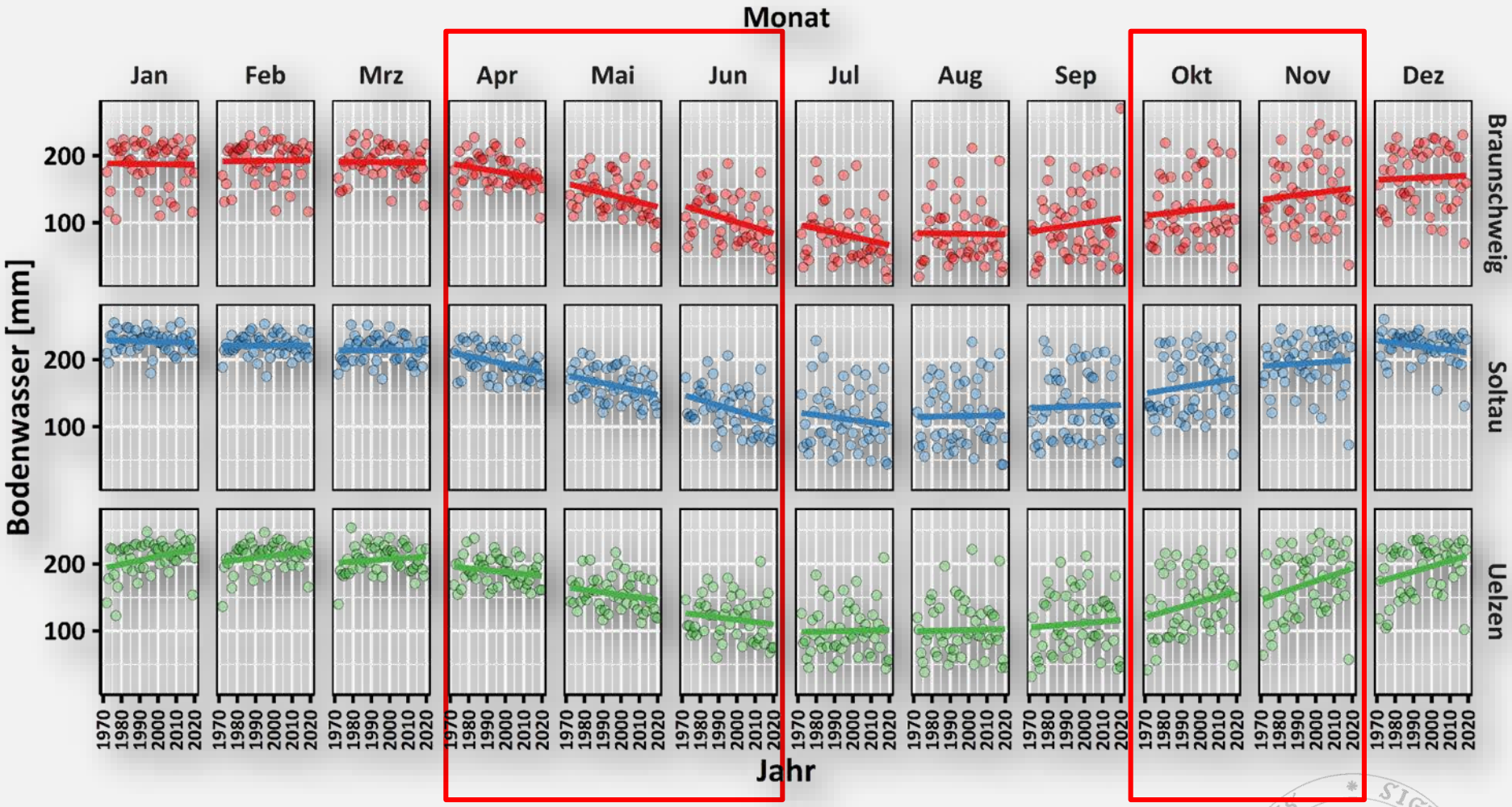
Vorfruchteffekt als Funktion der Wasserbilanz



Ertragsdifferenz zwischen 1. Weizen (nach Vorfrucht Raps) und 2. bzw. 3. Weizen in Abhängigkeit von der Wasserbilanz Mai-Juli (1994-2004)

(Sieling et al. 2005)

Trends simulierter Bodenwassergehalte unter Winterweizen für 3 Wetterstationen NDS



Rapsweizen vs. Stoppelweizen

- **Weizen nach Raps**
  - Hohe & sichere Erträge
  - Schlechter N-Transfer Raps → Weizen
  - N-Auswaschung Hohes N-Bilanzsaldo

- **Weizen nach Weizen**
  - minus 10 % Ertrag
  - größere Ertragsschwankungen
  - schlechtere N-Verwertung
  - höherer Aufwand bei PSM

Gliederung

- Trends von Anbauflächen und Fruchtfolge
- Fruchtfolgeproblematik in Raps/Weizenfolgen
- Optimierte Fruchtfolgen
- Schlussfolgerungen

Optimierte Fruchtfolgen

- **Ansätze**
  - Sommerungen
  - Leguminosen
  - Zwischenfrüchte
- **Körnerleguminosen?**
  - Nmin-Rest: ca. 60 kg N/ha (Nachernte)
  - enges C/N-Verhältnis im Stroh (37:1)
  - Ertragsleistung?
- **Bei üblicher Folgefrucht Wintergetreide**
  - Ähnliche Problematik wie nach Raps

EIP-Projekt: N-Effizienzsteigerung im Ackerbau
Versuchsaufbau

© Bukowiecki & Rose

- Fruchtfolgesystemversuche
- Spaltanlagen
- 4 Feldwiederholungen
- Vergleich von 4 Fruchtfolgen
- Anbau jedes Fruchtfolgegliedes in jedem Jahr
- Großparzellen mit fünf N-Steigerungsstufen

→ *Ex post* Bestimmung N_{opt}

Landwirtschafts-kammer Schleswig-Holstein

Fruchtfolgen

Auswaschungsgefährdete Fruchtfolgen

Ortsübliche Fruchtfolge

Winterraps | Winterweizen | Wintergerste

Klassische Integration Körnerleguminosen

Winterraps | Winterweizen | Ackerbohnen | Winterweizen | Winterweizen

Zwischenfrucht

Fruchtfolgen

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

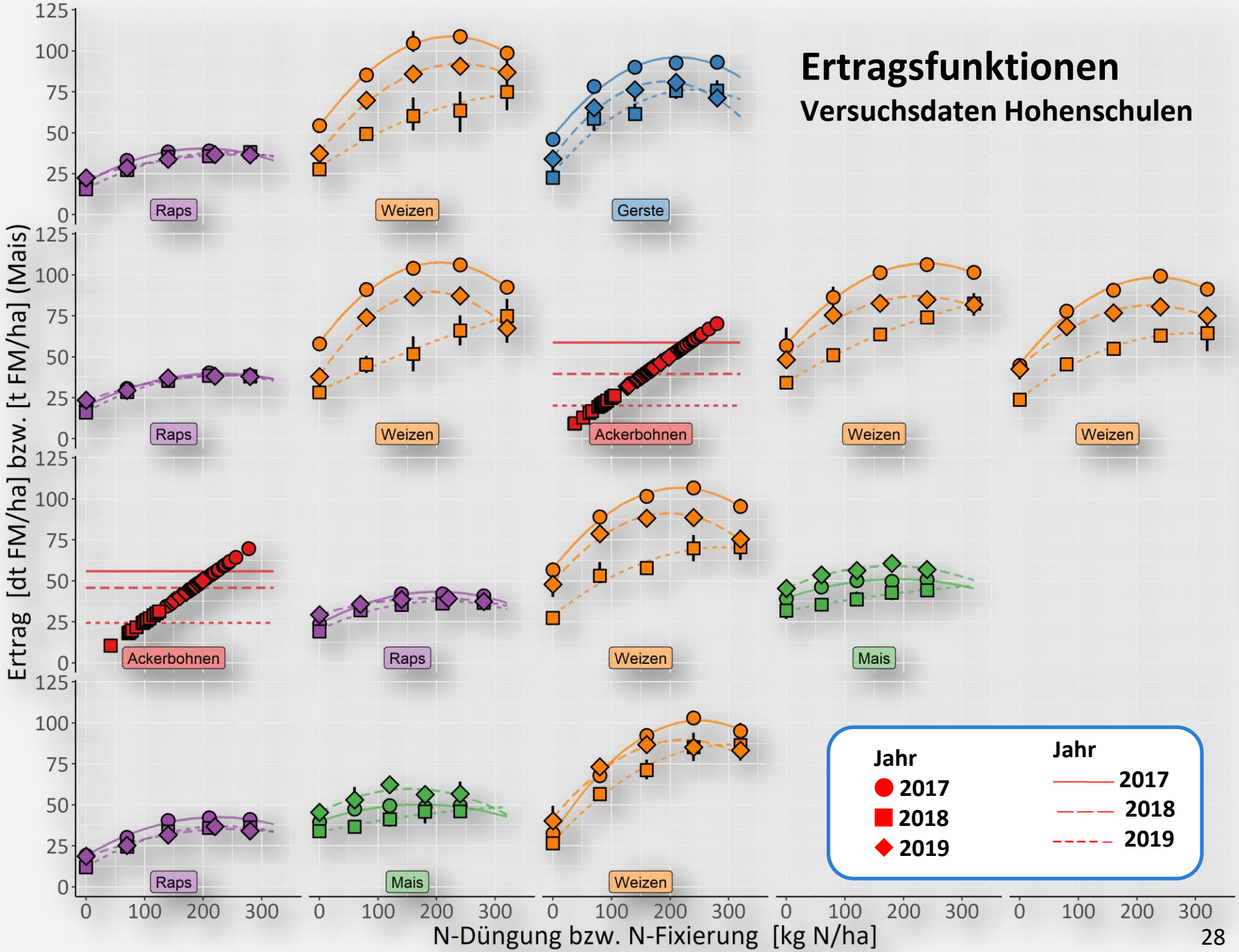
Höhere Herbst-N-Aufnahme einer Zwischenfrucht

Winterraps | Mais | Winterweizen

Zwischenfrucht

Ertragsfunktionen

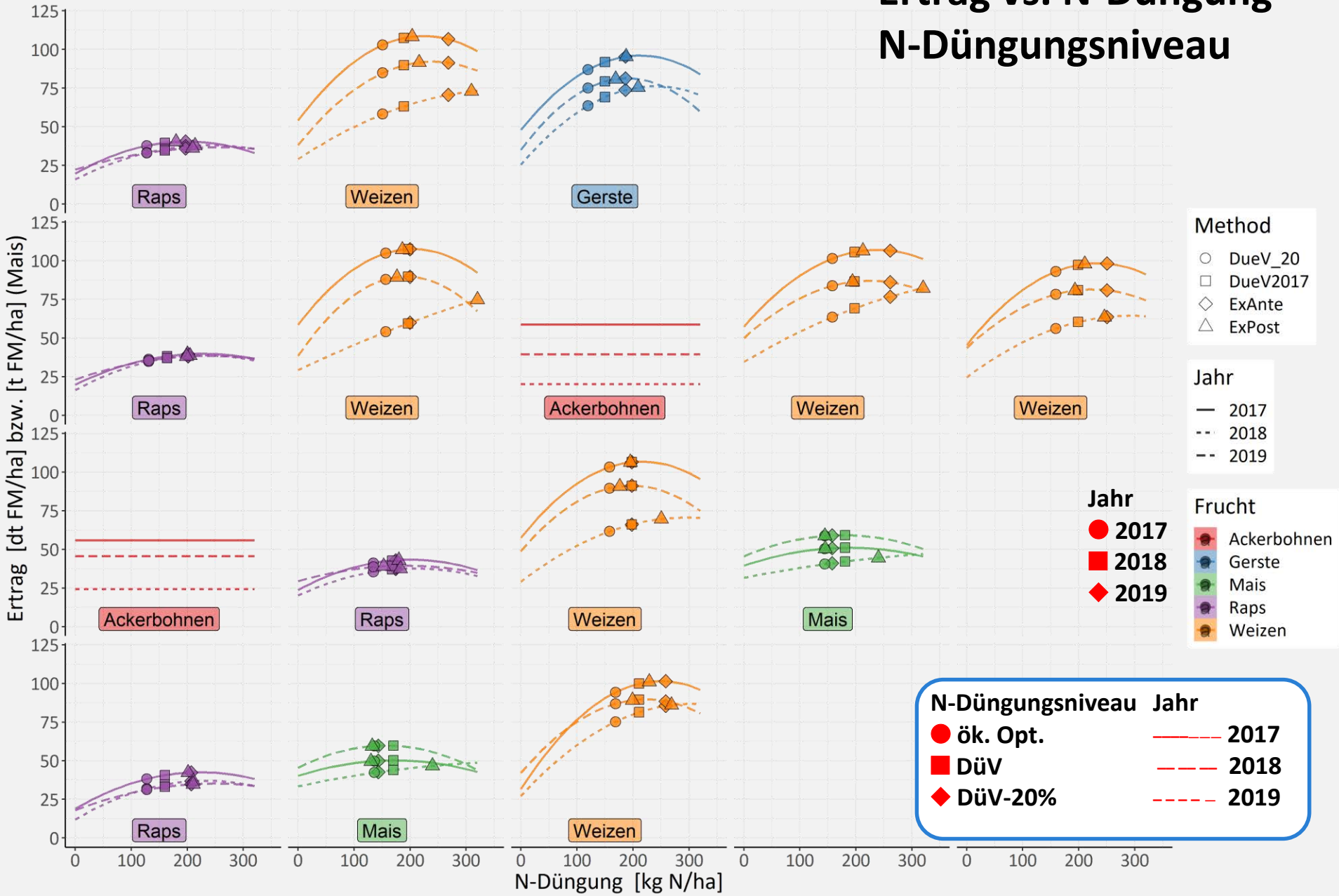
Versuchsdaten Hohenschulen



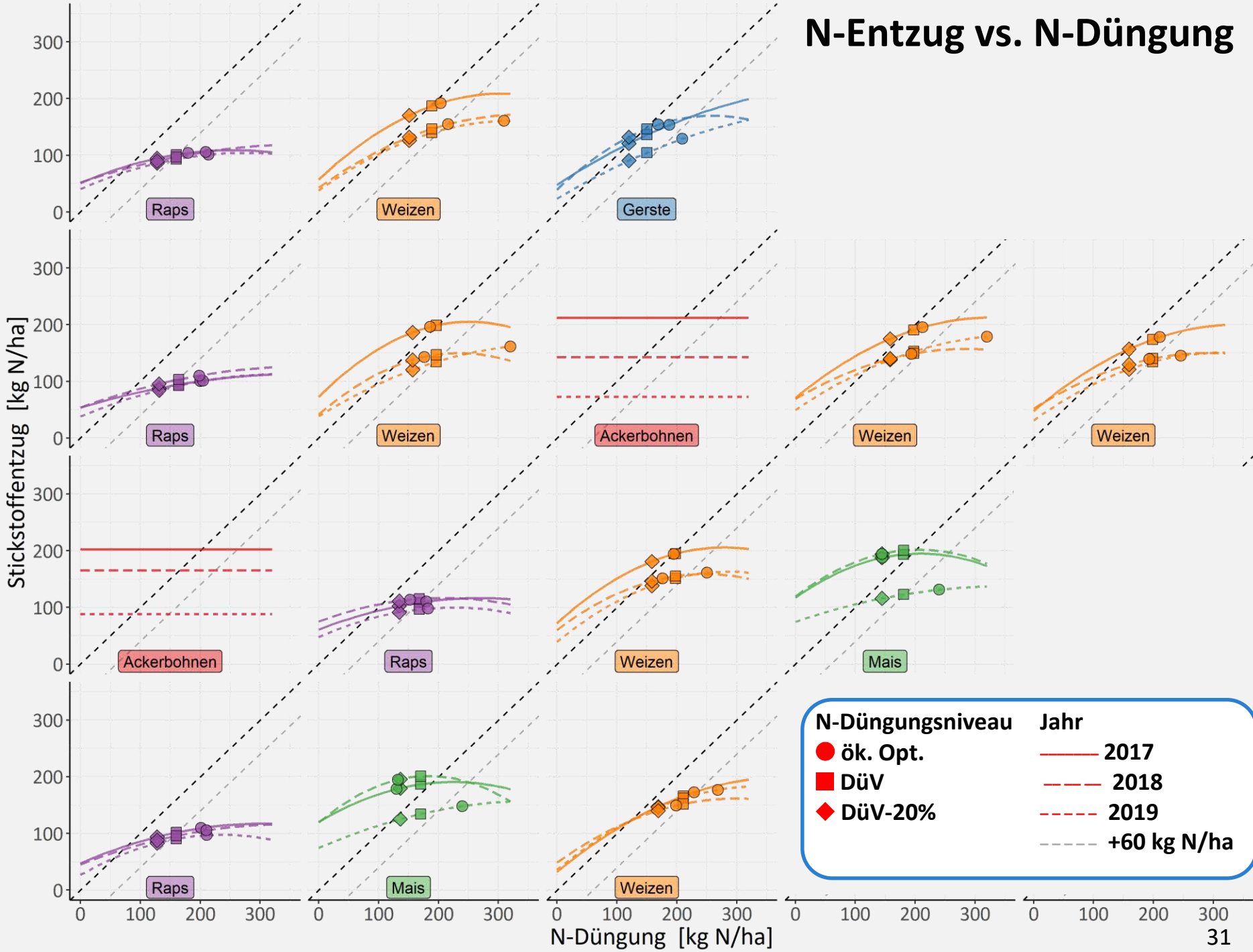
Preisannahmen

- Winterraps
  - 38 €/dt
- Wintergerste
  - 16 €/dt
- Winterweizen
  - A-Weizen (>13% Protein): 18,50 €/dt
  - B-Weizen (>12% Protein): 18,- €/dt
  - C-Weizen (< 12% Protein): 17,50 €/dt
- Ackerbohnen
  - 21 €/dt
- Silomais
  - 28 €/t FM (bei 30% TS)

Ertrag vs. N-Düngung
N-Düngungsniveau



N-Entzug vs. N-Düngung



Vorfruchteffekte auf Winterraps?

Auswaschungsgefährdete Fruchtfolgen

Ortsübliche Fruchtfolge

Winterraps | Winterweizen | Wintergerste

Klassische Integration Körnerleguminosen

Winterraps | Winterweizen | Ackerbohne | Winterweizen | Winterweizen

Zwischenfrucht

Angepasste Fruchtfolgen

Höhere Herbst-N-Aufnahme

Ackerbohne | Winterraps | Winterweizen | Mais

Zwischenfrucht

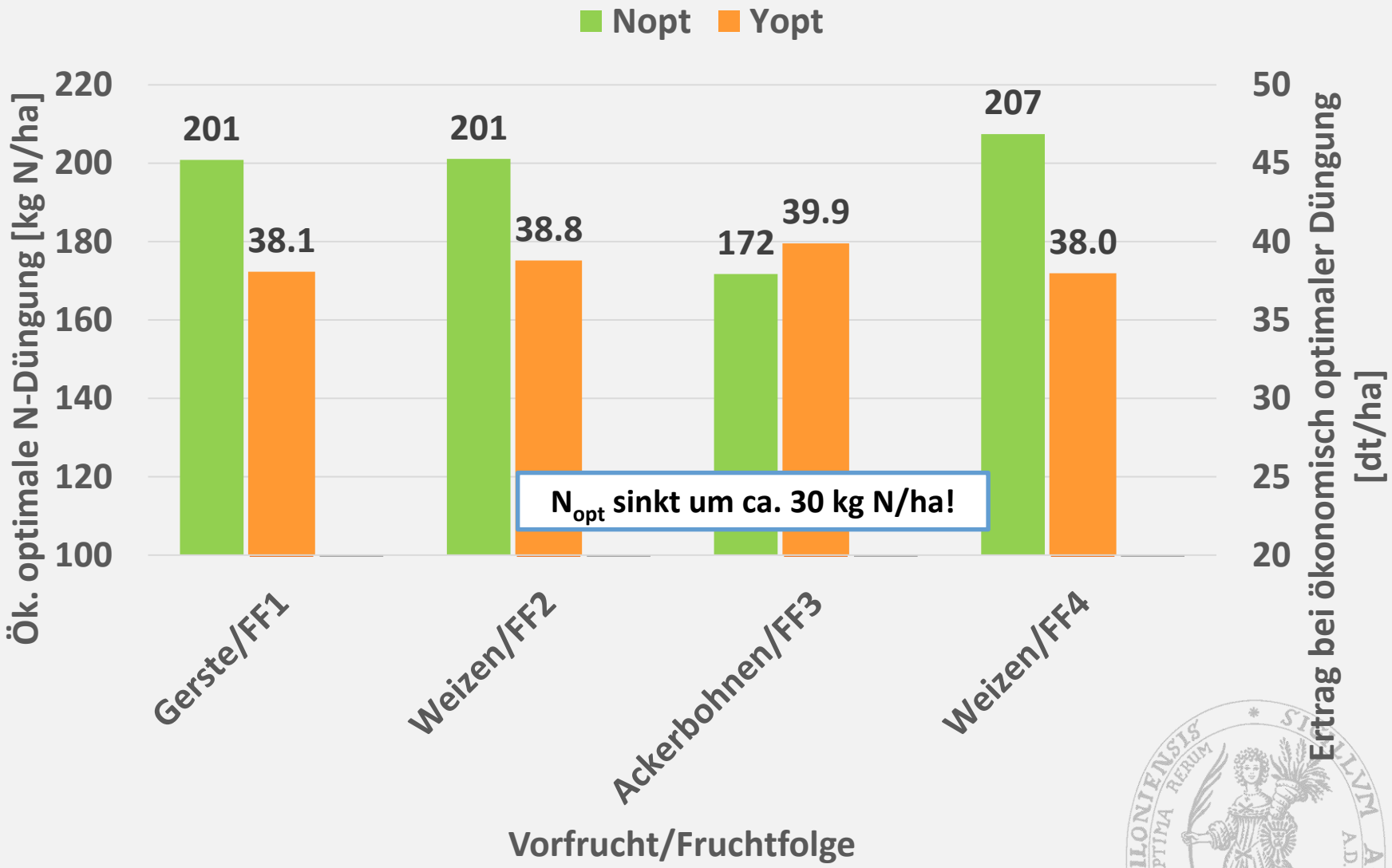
Höhere Herbst-N-Aufnahme einer Zwischenfrucht

Winterraps | Mais | Winterweizen

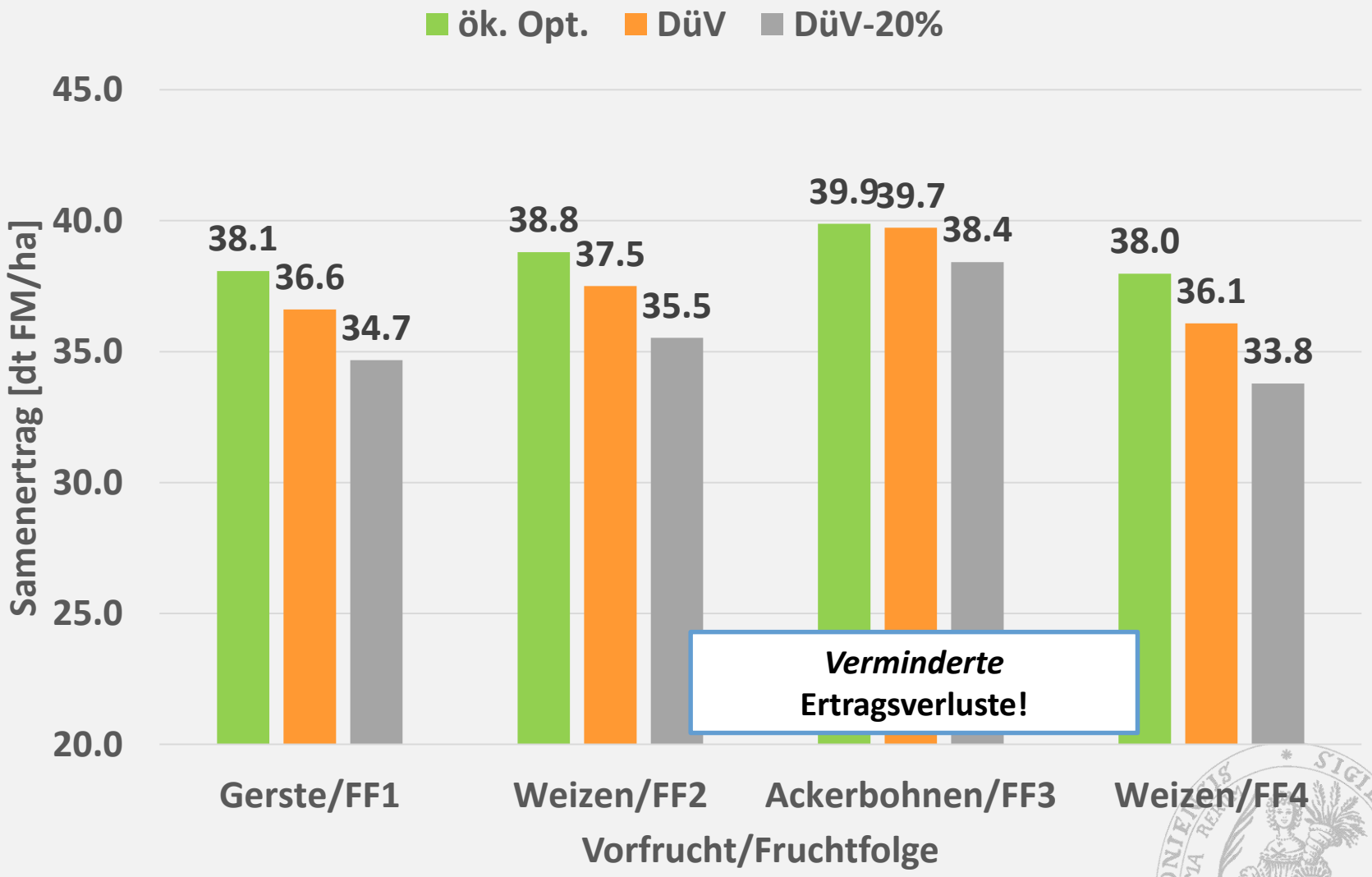
Zwischenfrucht

Vorfruchteffekte auf Winterraps

ökonomisch optimale Düngung (Nopt) und Ertrag bei Nopt (Yopt)



Vorfruchteffekte auf Winterraps
Ertrag bei unterschiedlicher N-Düngungsintensität



Vorfruchteffekte auf Winterweizen?

Auswaschungsgefährdete Fruchtfolgen

Ortsübliche Fruchtfolge

Winterraps | Winterweizen | Wintergerste

Klassische Integration Körnerleguminosen

Winterraps | Winterweizen | Ackerbohnen | Winterweizen | Winterweizen

Zwischenfrucht

Angepasste Fruchtfolgen

Höhere Herbst-N-Aufnahme

Ackerbohne | Winterraps | Winterweizen | Mais

Zwischenfrucht

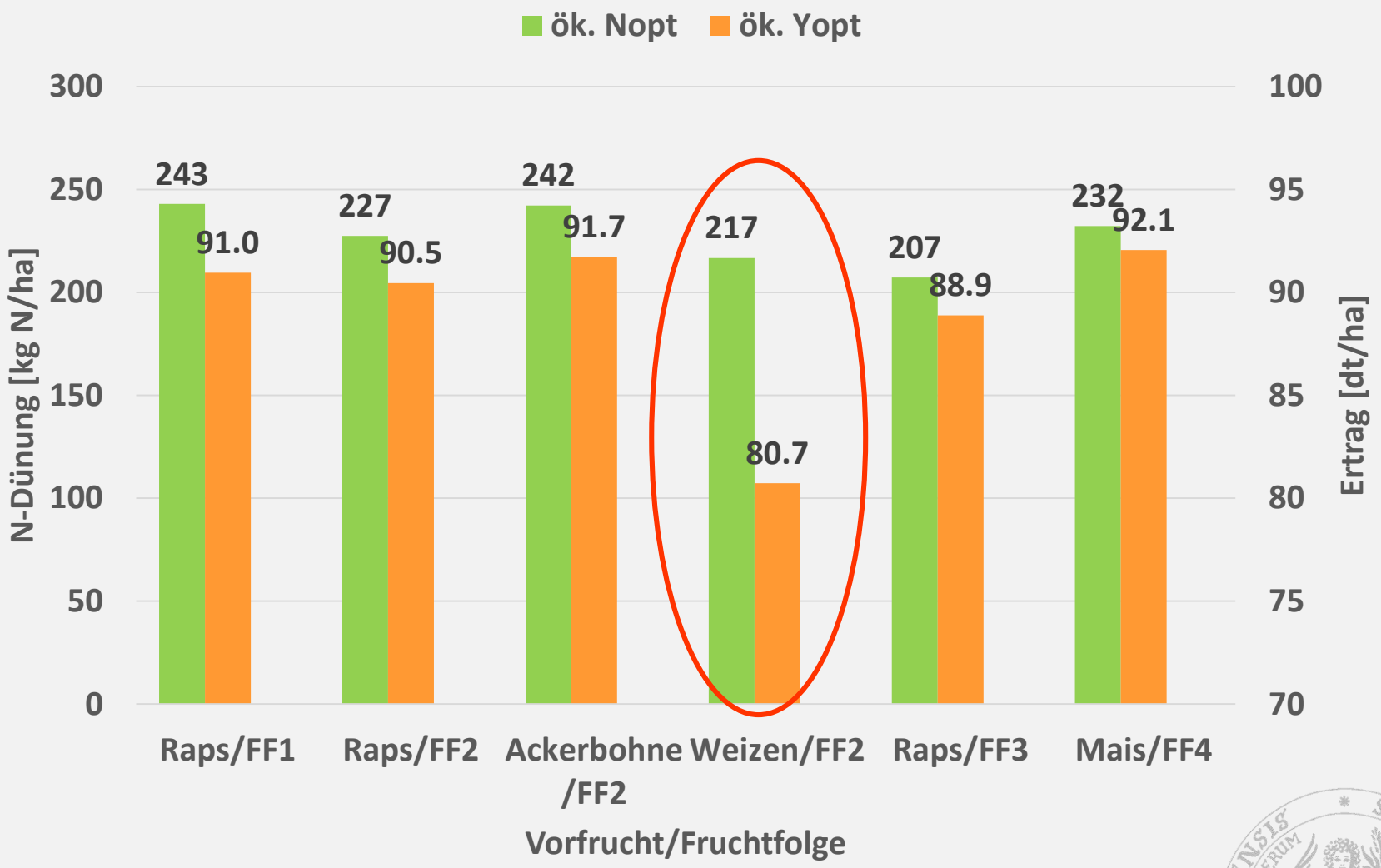
Höhere Herbst-N-Aufnahme einer Zwischenfrucht

Winterraps | Mais | Winterweizen

Zwischenfrucht

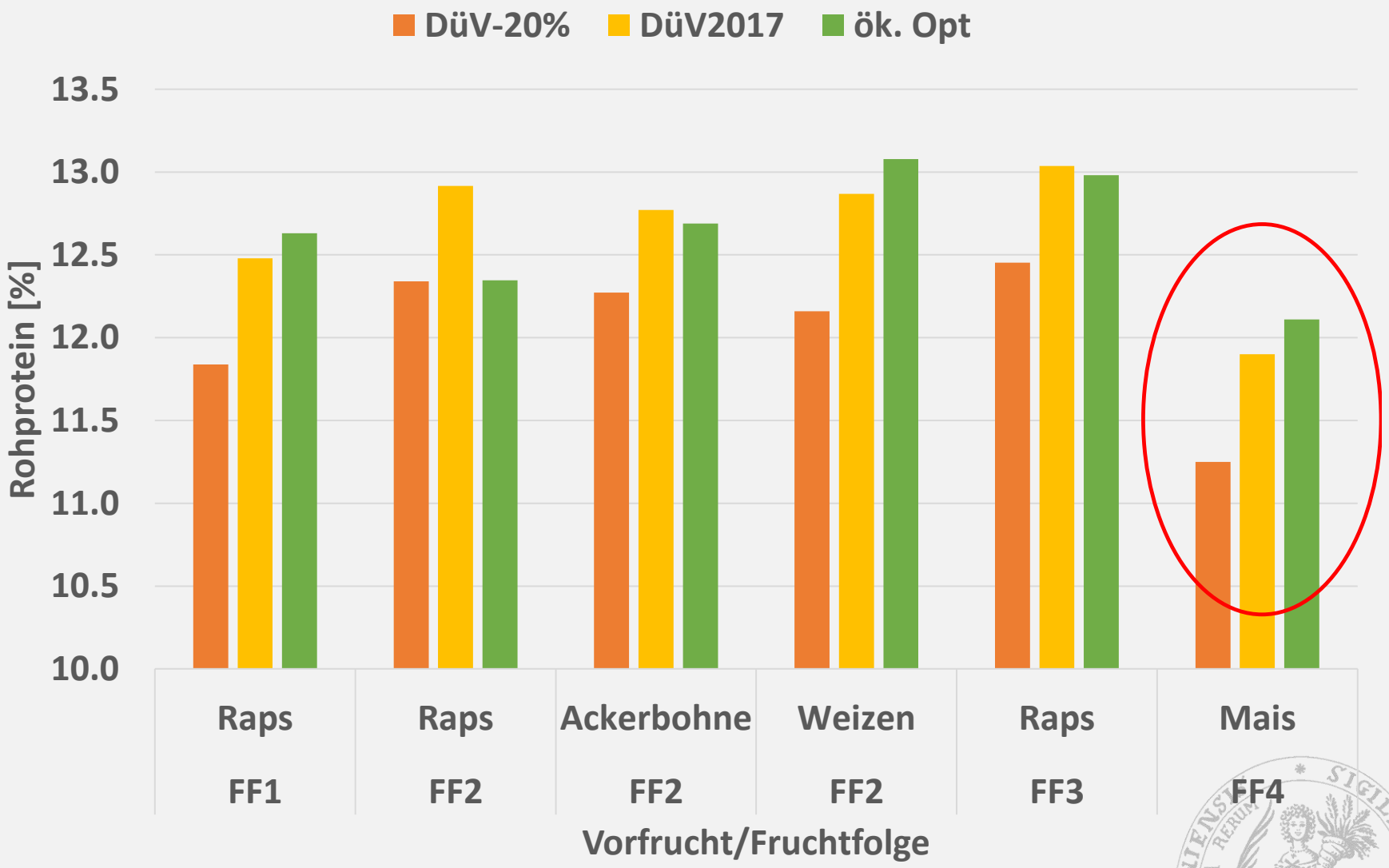
Vorfruchteffekte auf Winterweizen

ökonomisch optimale Düngung (N_{opt}) und Ertrag bei N_{opt} (Y_{opt})



Vorfruchteffekte auf Winterweizen

Rohproteingehalte bei unterschiedlicher Düngungsintensität



Zwischenfruchteffekte

Auswaschungsgefährdete Fruchtfolgen

Ortsübliche Fruchtfolge

Winterraps | Winterweizen | Wintergerste

Klassische Integration Körnerleguminosen

Winterraps | Winterweizen | Ackerbohne | Winterweizen | Winterweizen

Zwischenfrucht

Angepasste Fruchtfolgen

Höhere Herbst-N-Aufnahme

Ackerbohne | Winterraps | **Winterweizen** | **Mais**

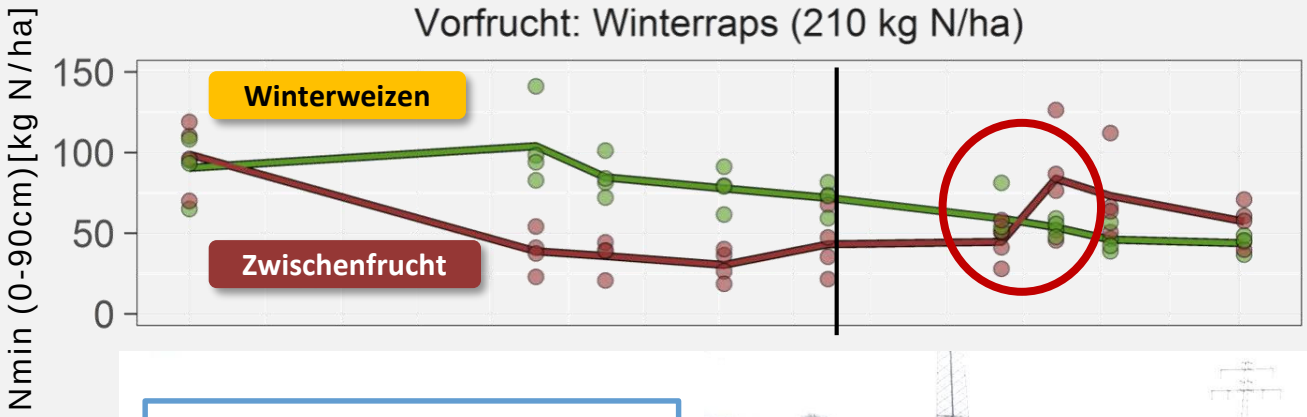
Zwischenfrucht

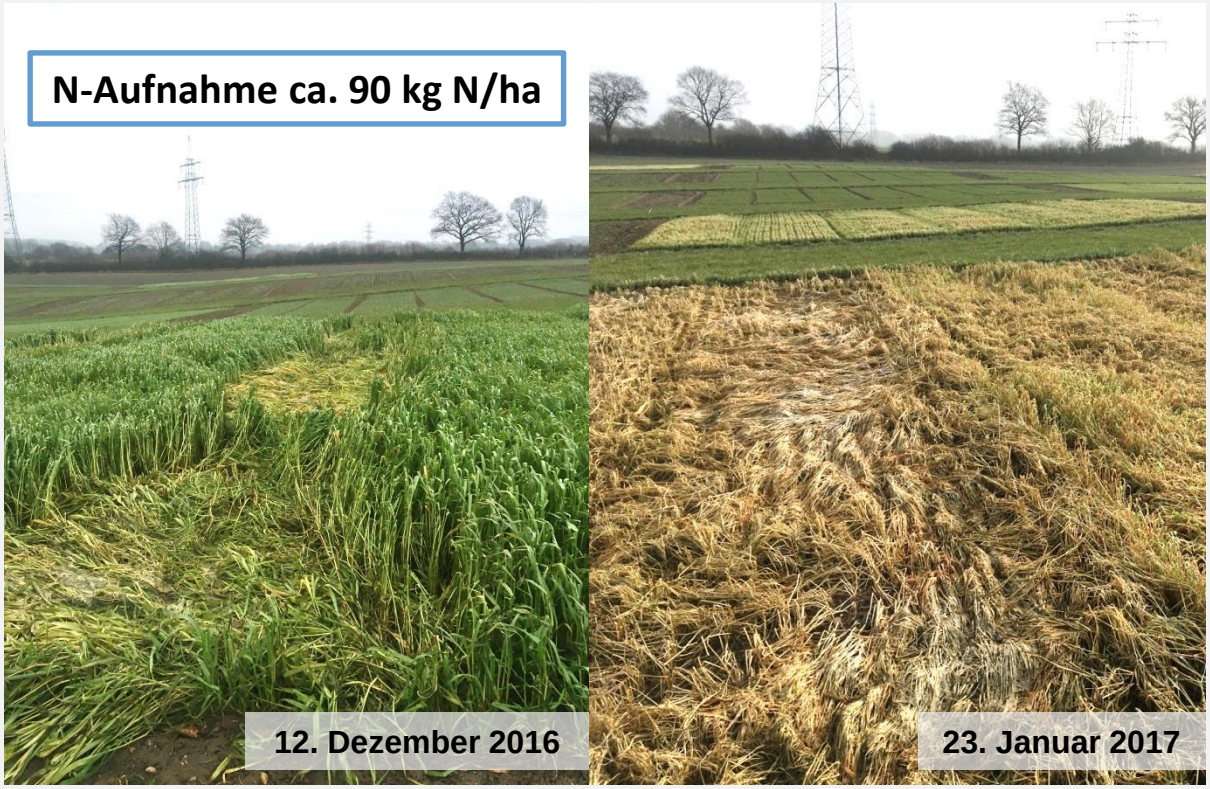
Höhere Herbst-N-Aufnahme einer Zwischenfrucht

Winterraps | **Mais** | Winterweizen

Zwischenfrucht

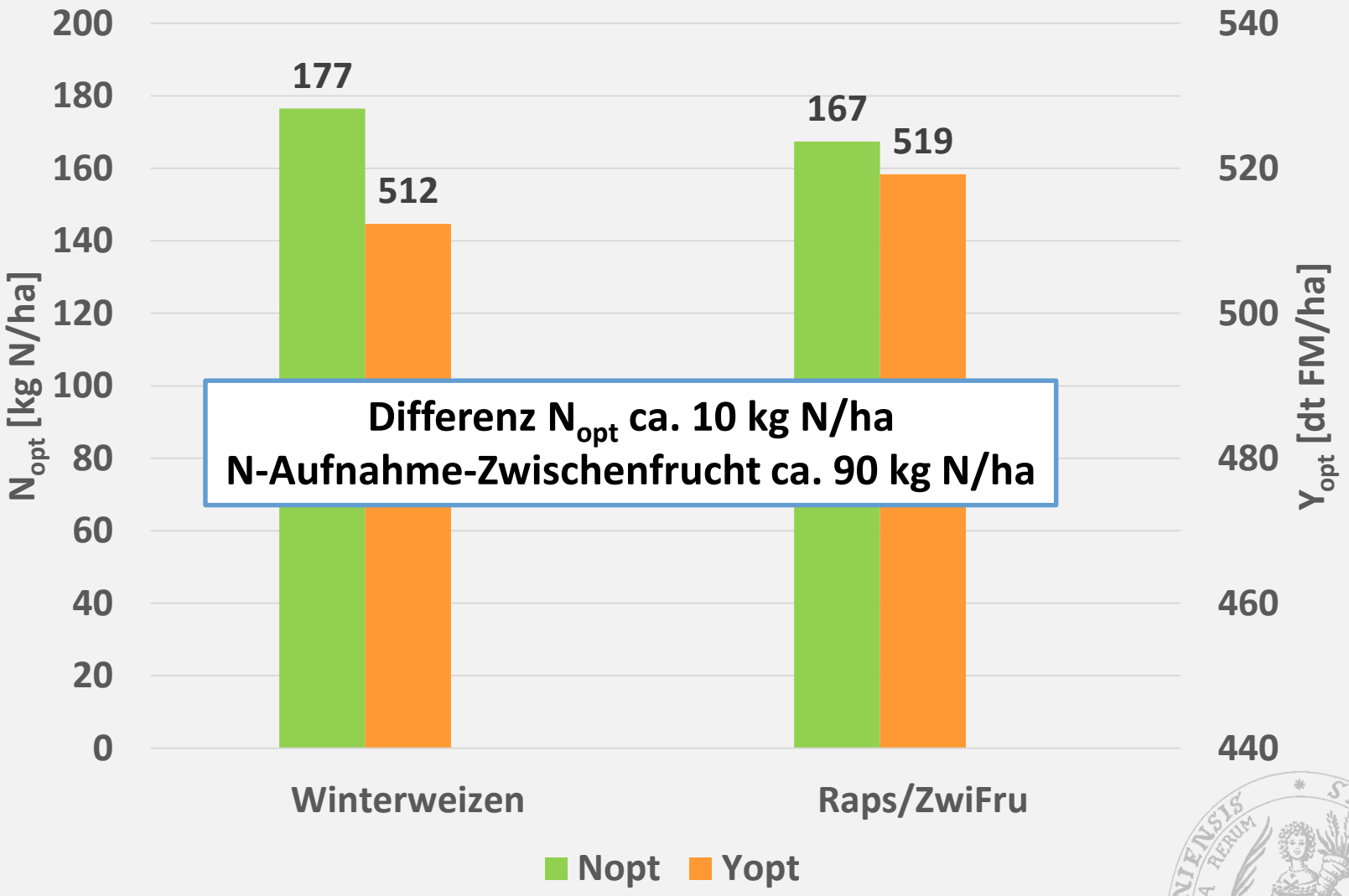
N_{min}-Dynamik nach Raps
Winterweizen vs. Zwischenfrucht



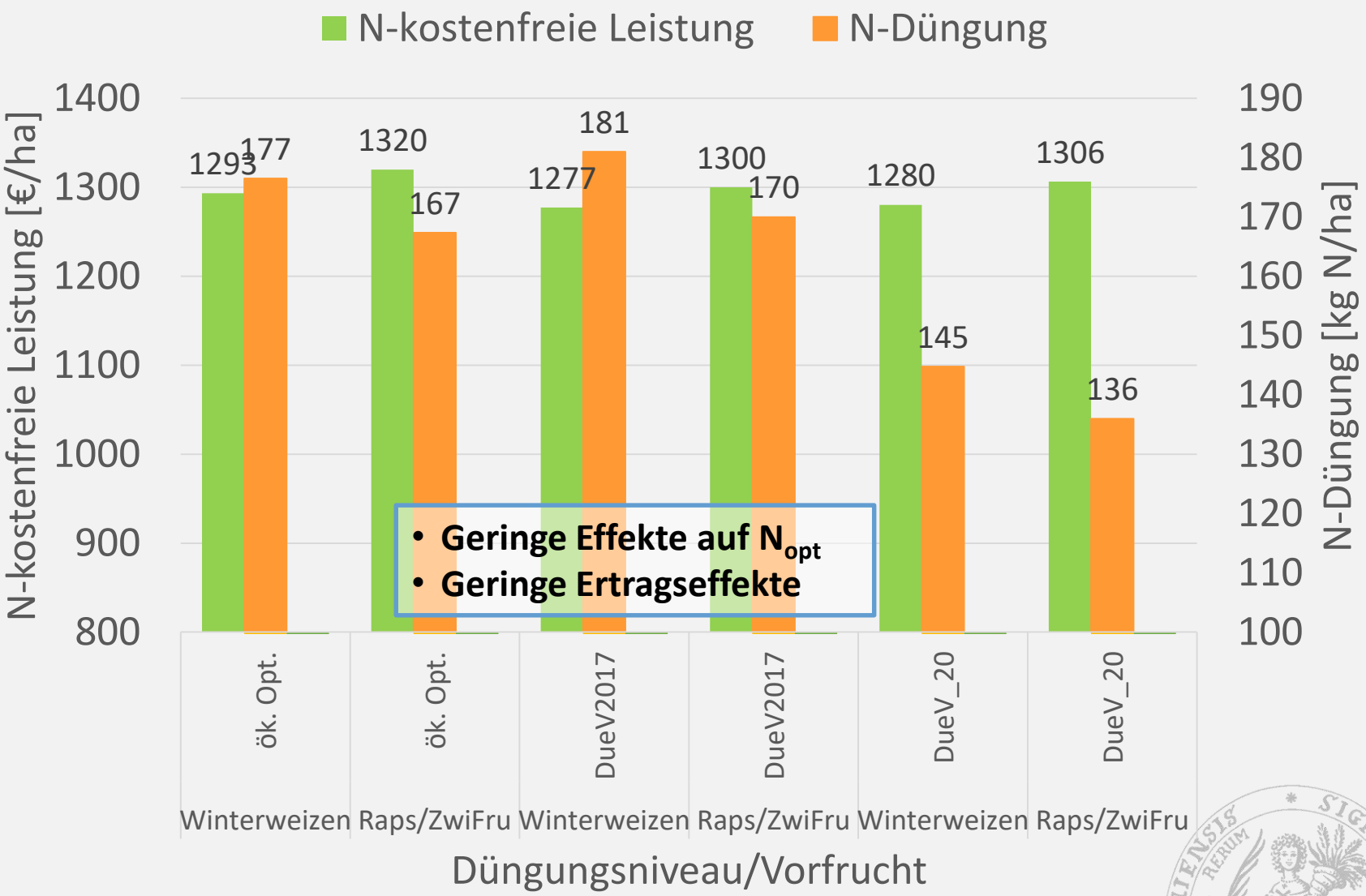


Vorfruchteffekte auf Silomais

ökonomisch optimale Düngung (N_{opt}) und Ertrag bei N_{opt} (Y_{opt})



Effekte von Düngungsniveau und Vorfrucht auf N-kostenfreie Leistung



- **Geringe Effekte auf N_{opt}**
- **Geringe Ertragseffekte**

Fruchtfolgebewertung

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

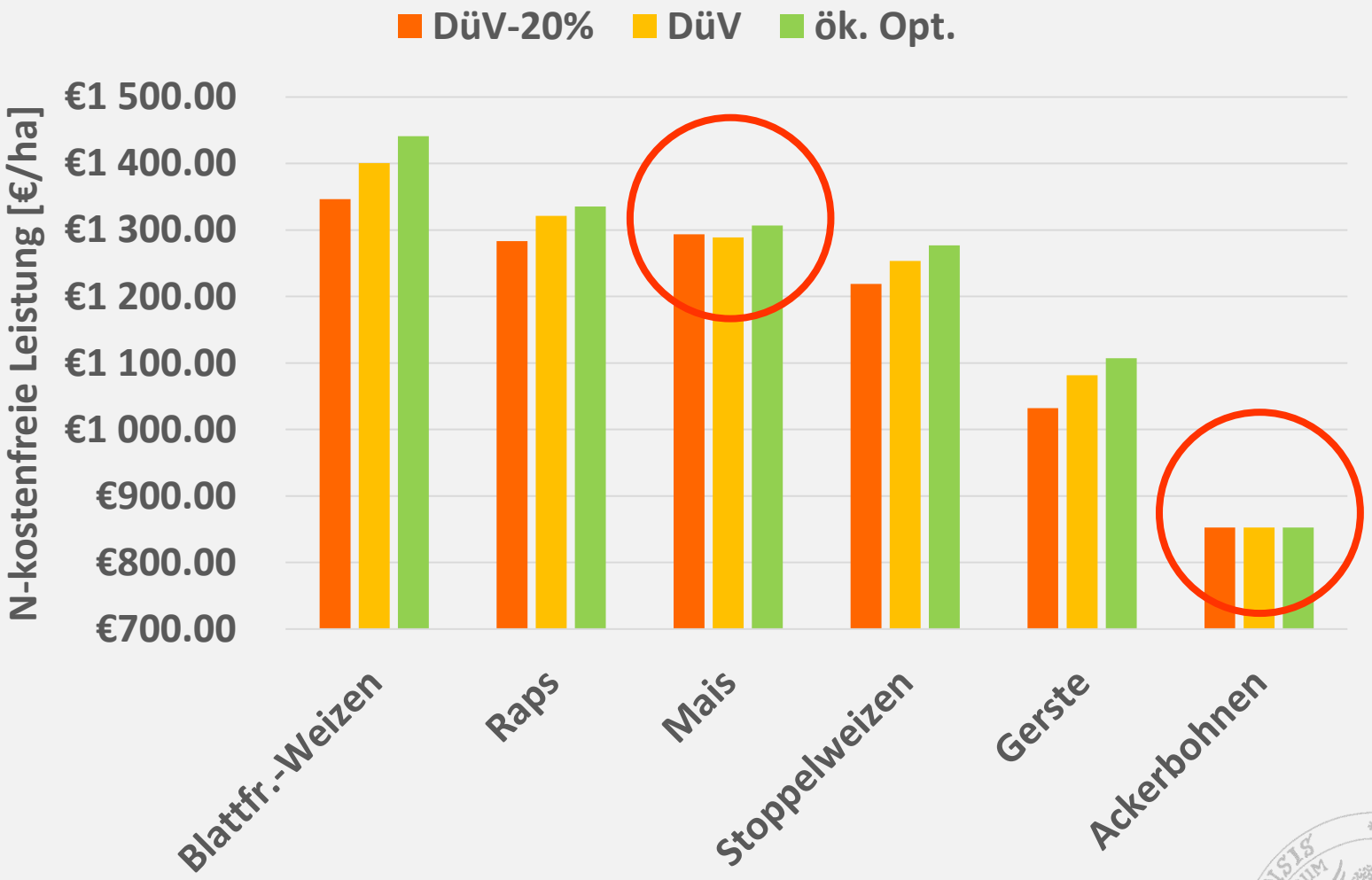
Zwischenfrucht

Höhere Herbst-N-Aufnahme einer Zwischenfrucht

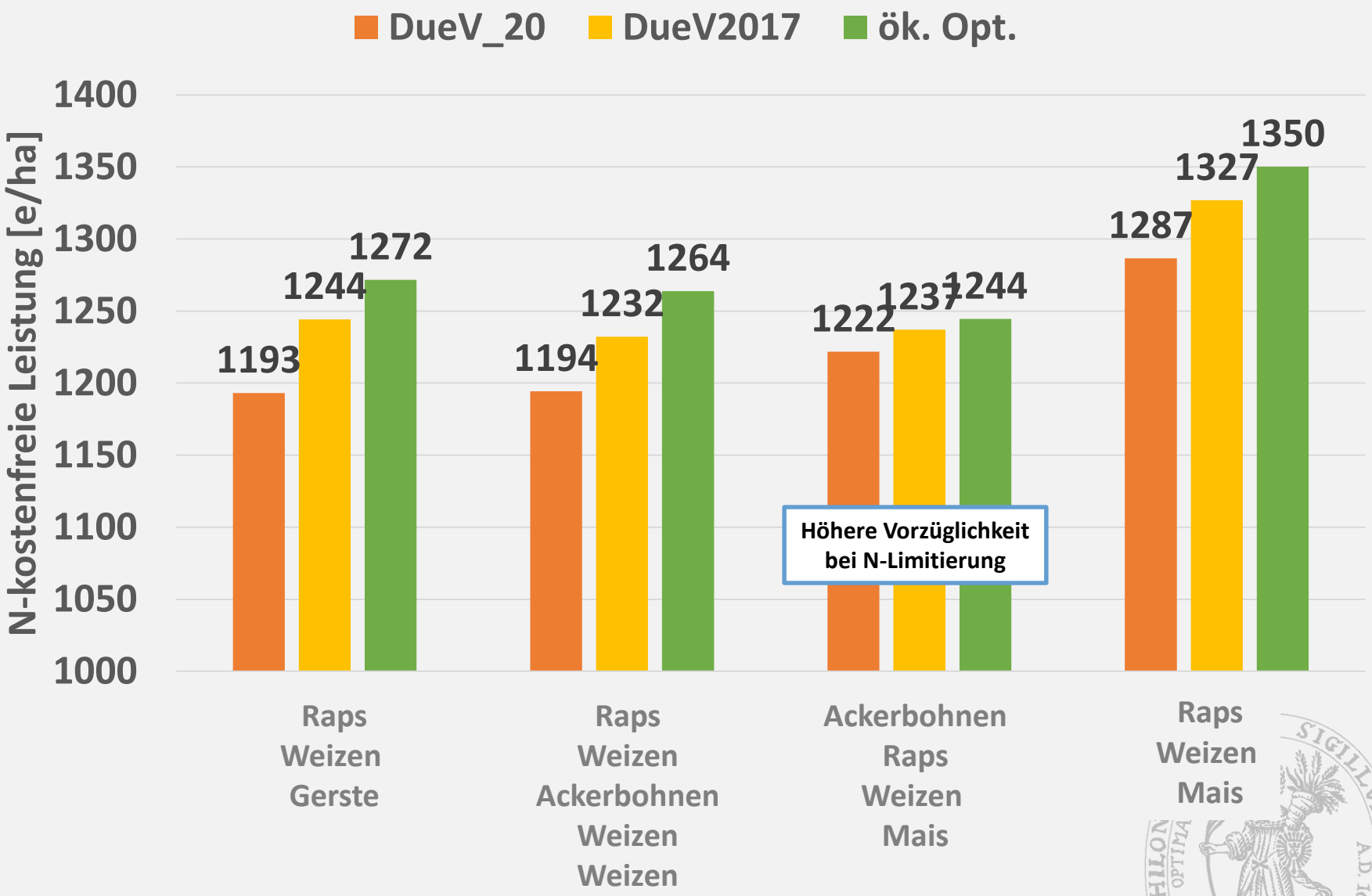
Winterraps | Mais | Winterweizen

Zwischenfrucht

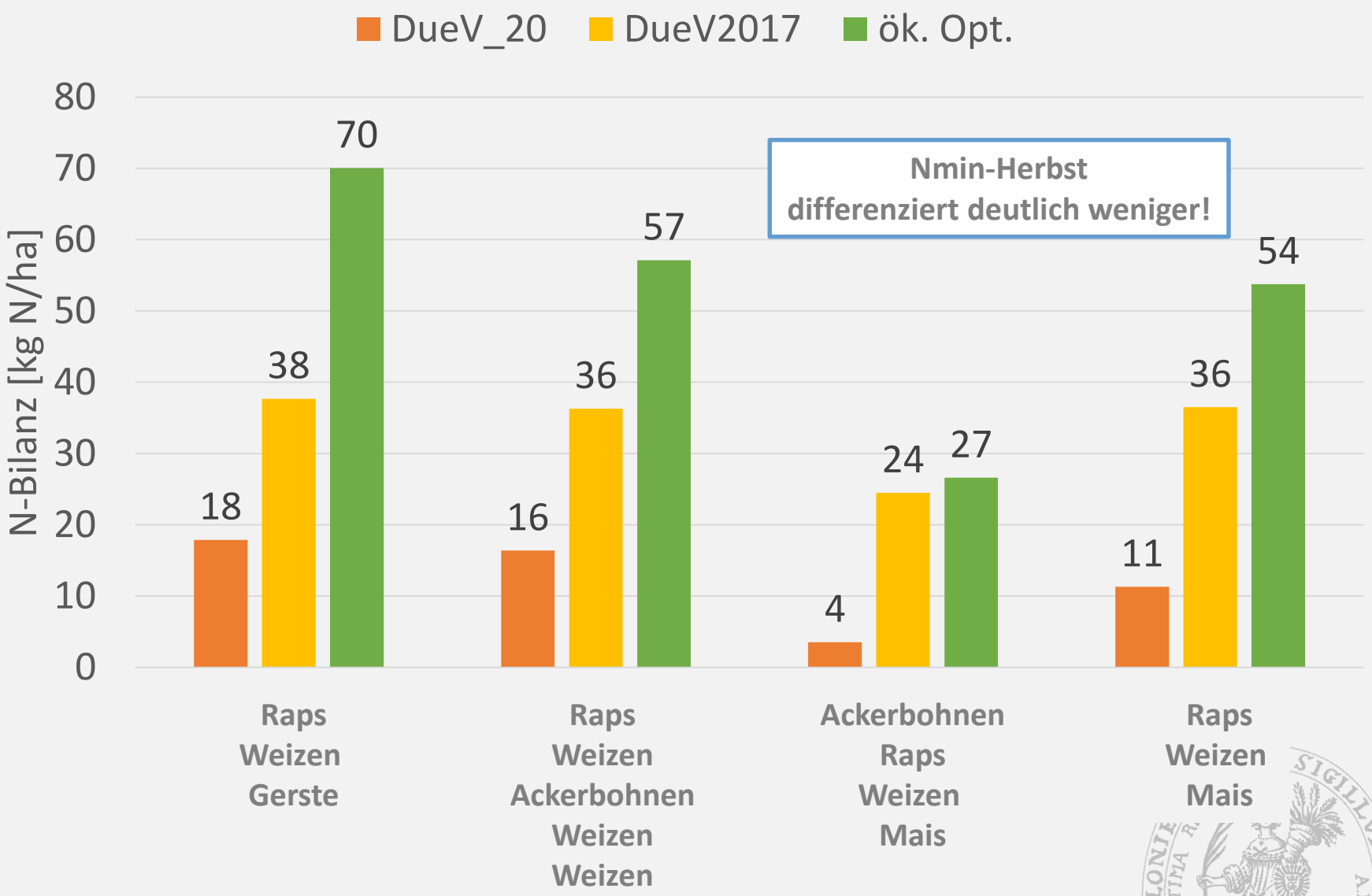
N-kostenfreie Leistung der Früchte



N-kostenfreie Leistung der Fruchtfolgen



N-Bilanz der Fruchtfolgen



Erweiterte Fruchtfolgen

- **Integration von Körnerleguminosen**
  - **Ertragsleistung Körnerleguminosen gering und *variabel***
  - ***Preislich unterbewertet!***
  - **Potentiell 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)**

Interaktionen Düngung und Fruchtfolge

- Optimierung/Maximierung Stickstofftransfer
  - Verlustvermeidung
    - Dauer der N-Aufnahme
    - Zwischenfrüchte
  - N-Fixierung
- Ertragshöhe/Ertragssicherheit/Stressminderung
  - Biotischer Stress (Fruchtfolgeschaderreger)
  - Abiotischer Stress (z.B. Wasser)

Ausblick

- **Vorfruchteffekte auf optimale N-Düngung**
  - Boden- und Witterungsspezifisch
  - Faustzahlen wenig präzise
  - ➢ **Bessere Prognosen notwendig!**
  - ➢ **Jahres- und schlag-/teilschlagspezifische Düngung!**
- **Umfassende Bewertung der gesamten Wirkungen**
  - Ertrag
  - Grundwasserschutz (Menge/Qualität)
  - THG-Emissionen
  - Bewertung der Trade-offs
- **Akzeptanz in der Praxis?**

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

© Rose, Juli 2017