Weizenanbau in Zeiten politischen und meteorologischen Klimawandels

Henning Kage,

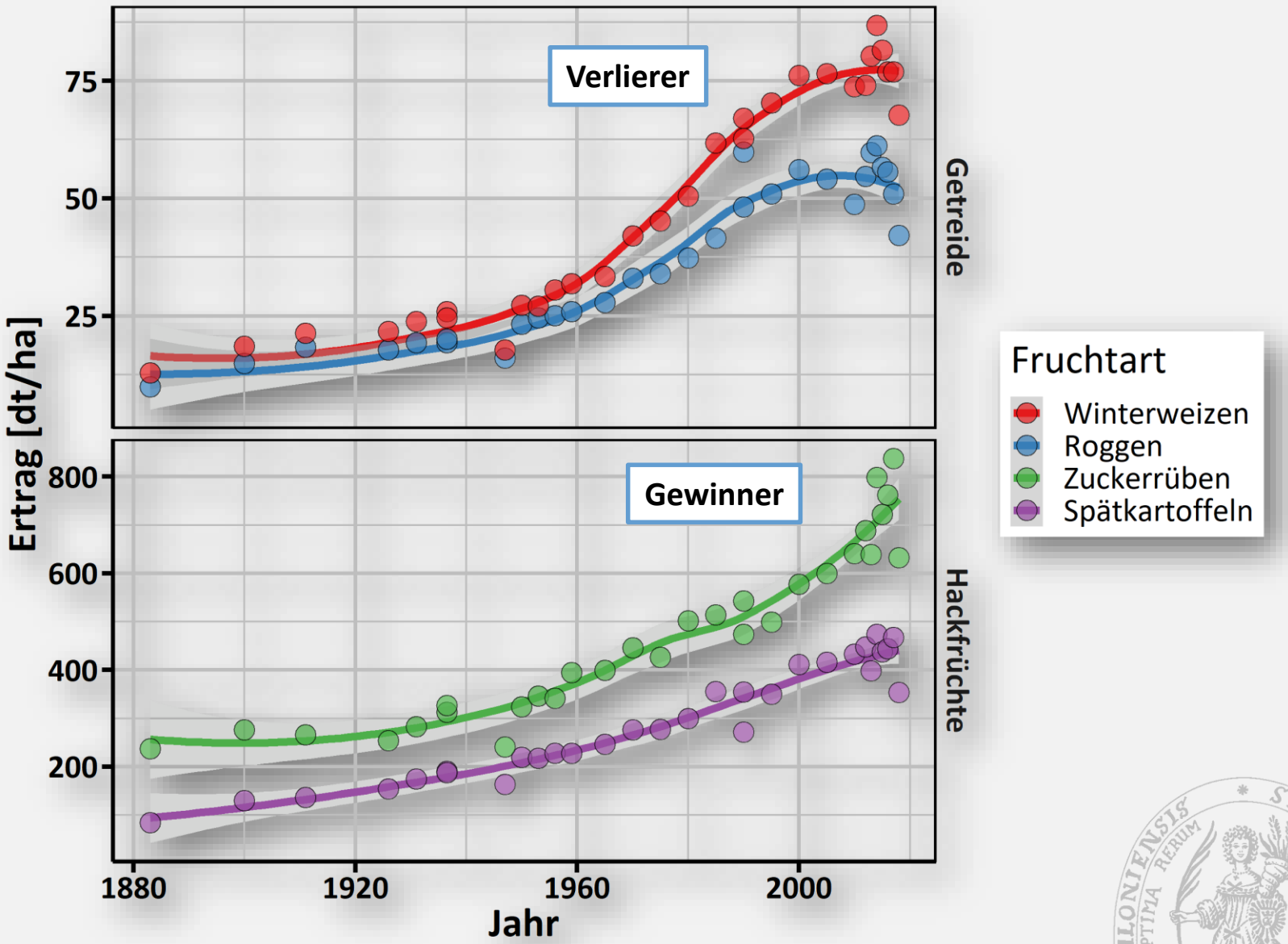
Ingo Pahlmann, Till Rose, Josephine Bukowiecki & Klaus Sieling

Institut für Pflanzenbau & Pflanzenzüchtung
Christian-Albrechts Universität Kiel

Gliederung

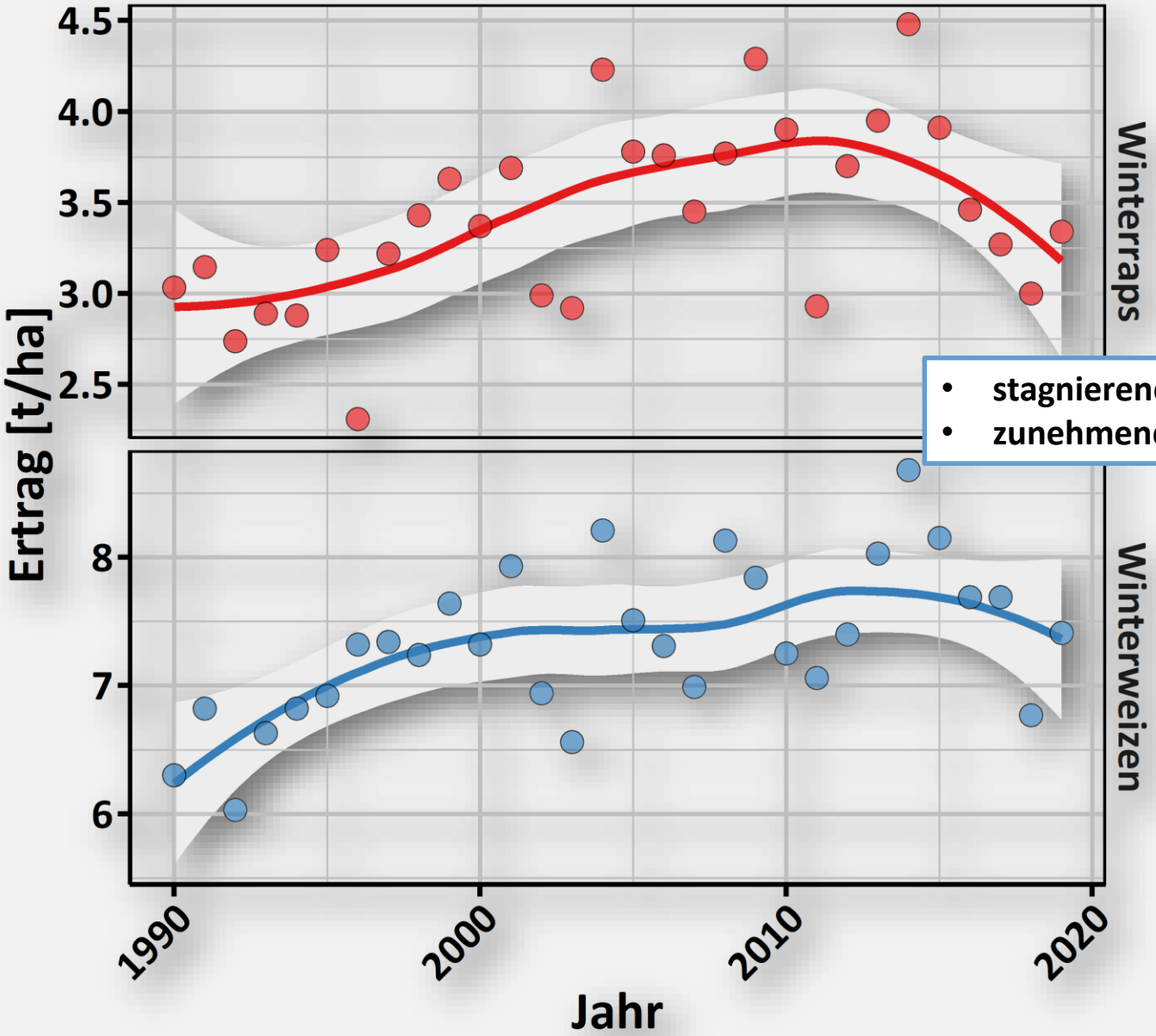
- Ertragstrends & Klimawandel
- Stickstoffüberschüsse in der Landwirtschaft
- Nitratkonzentrationen im Grundwasser
- Evaluierung DüV und DüV-20%
- Bewertung von Maßnahmen
- Schlussfolgerungen

Ertragsentwicklungen Deutschland 1883-2018



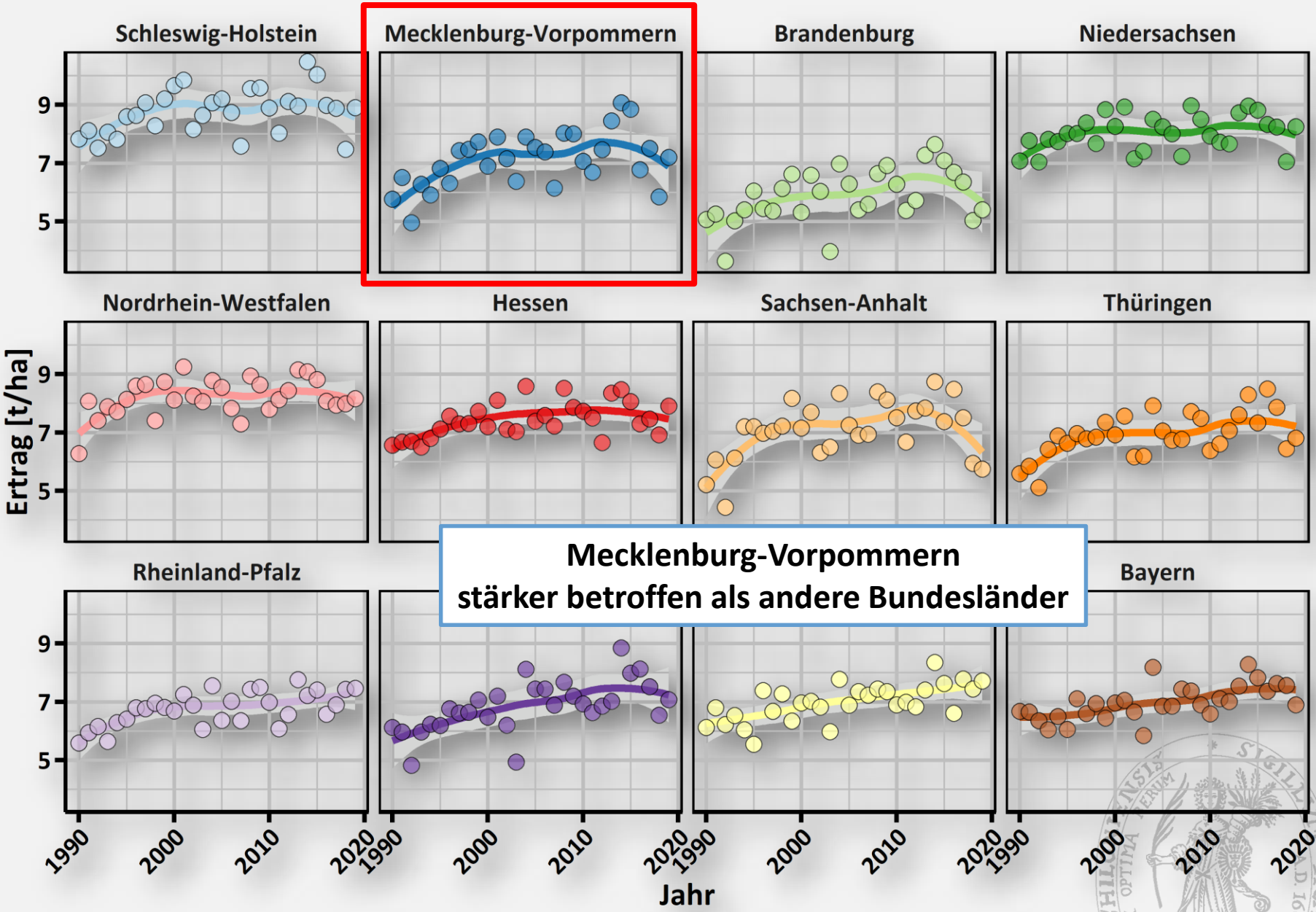
Daten: BMEL, https://www.bmel-statistik.de/fileadmin/daten/SJT-3072300-0000.xlsx

Ertragsentwicklung Winterraps und Winterweizen Deutschland 1990-2019



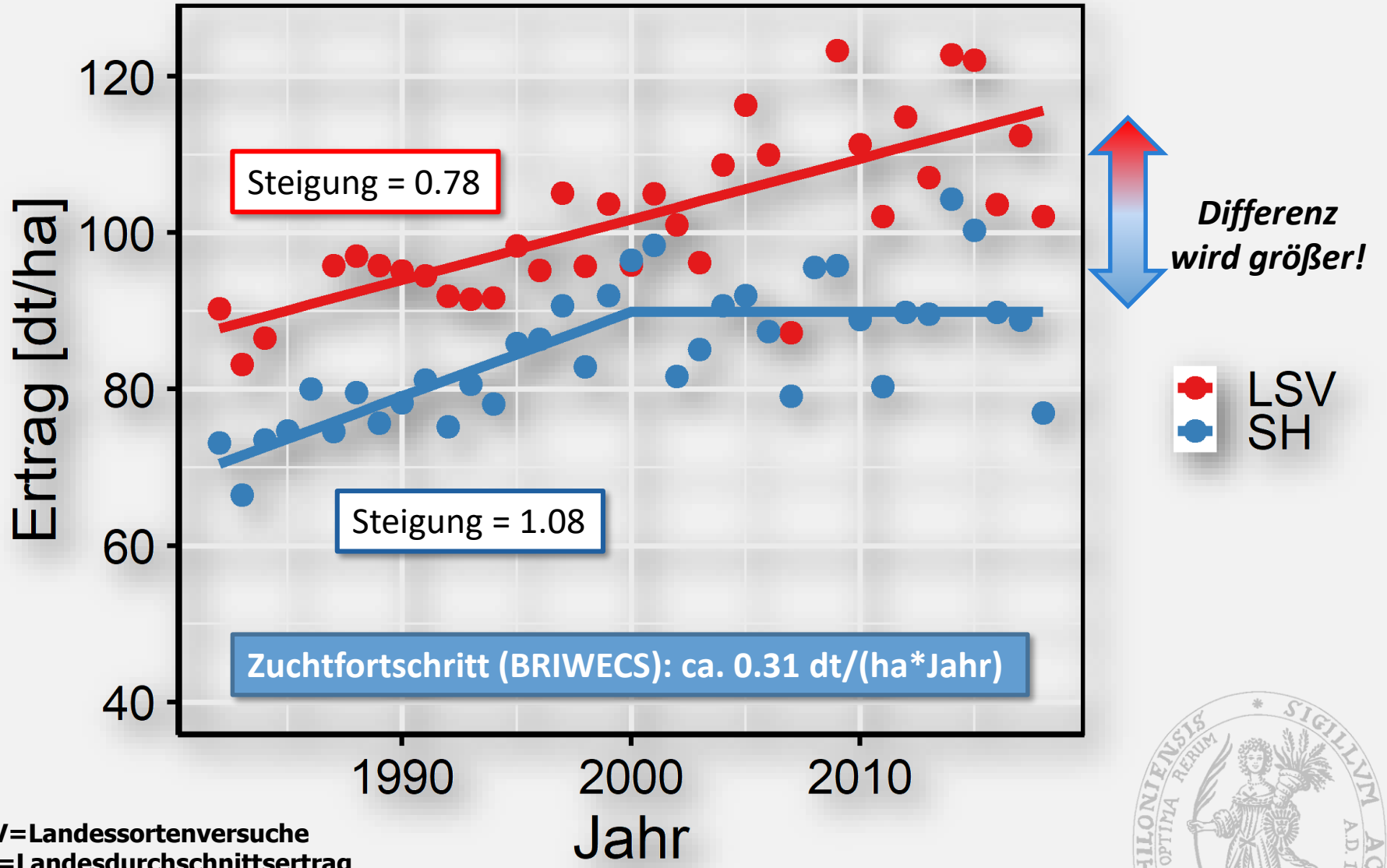
- stagnierende bis sinkende Erträge
- zunehmende Ertragsschwankungen

Winterweizenerträge von 1990-2019



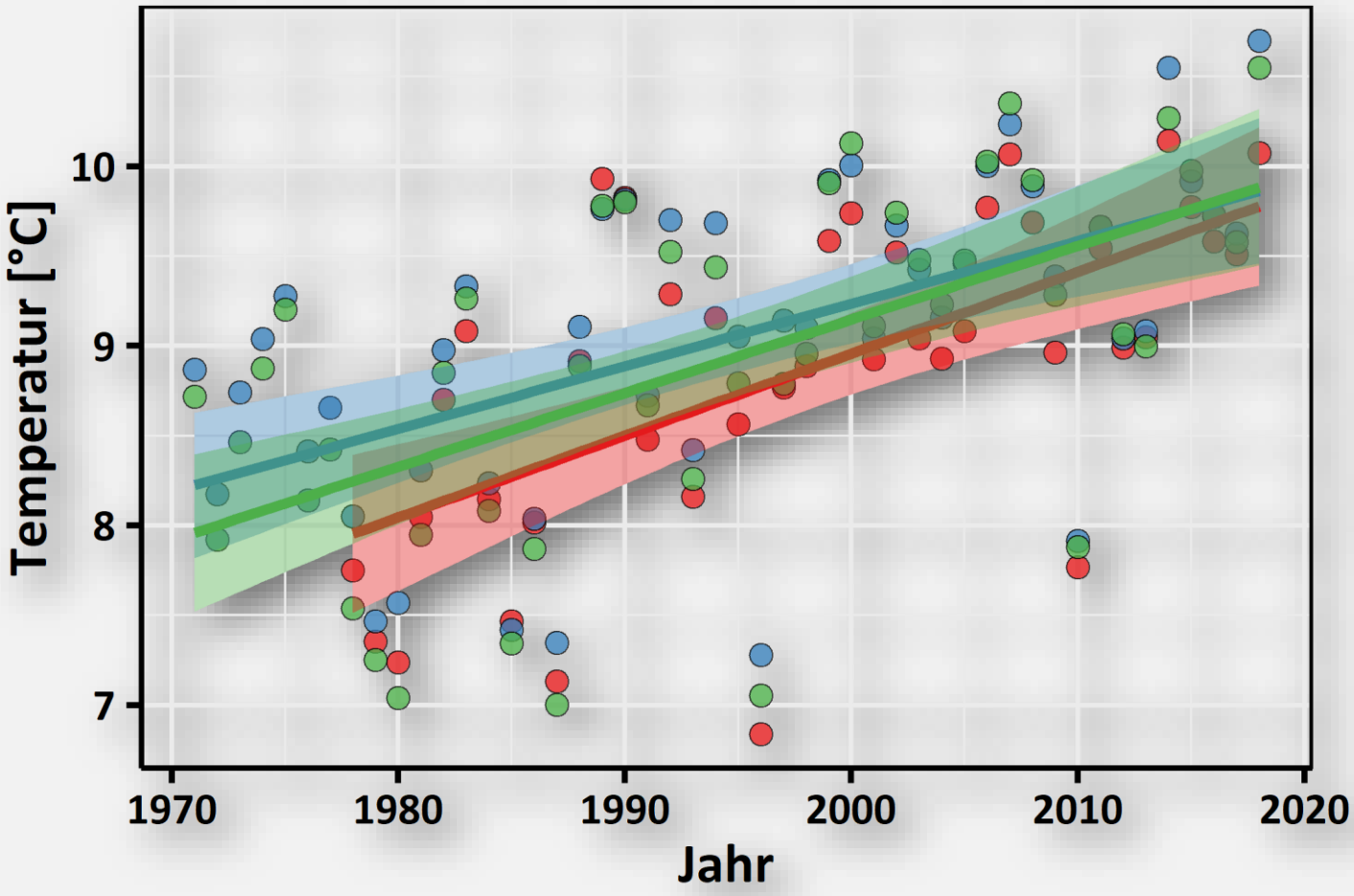
Mecklenburg-Vorpommern stärker betroffen als andere Bundesländer

Winterweizenertrag LSV Hügelland vs. Land SH



LSV=Landessortenversuche
SH=Landesdurchschnittsertrag

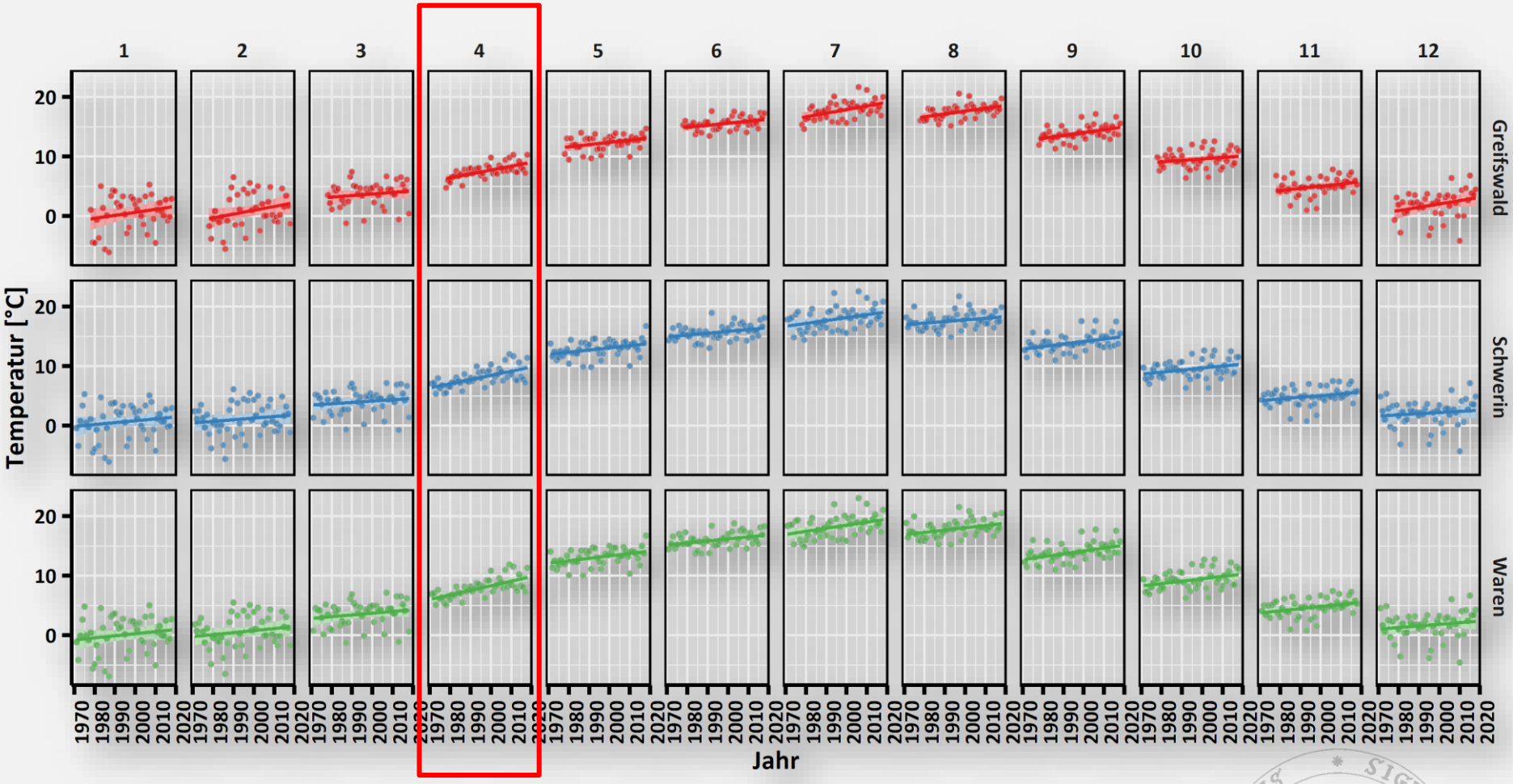
Jahrestemperaturtrends MV



Daten: DWD

1,5-2°C Temperaturanstieg seit 1970!

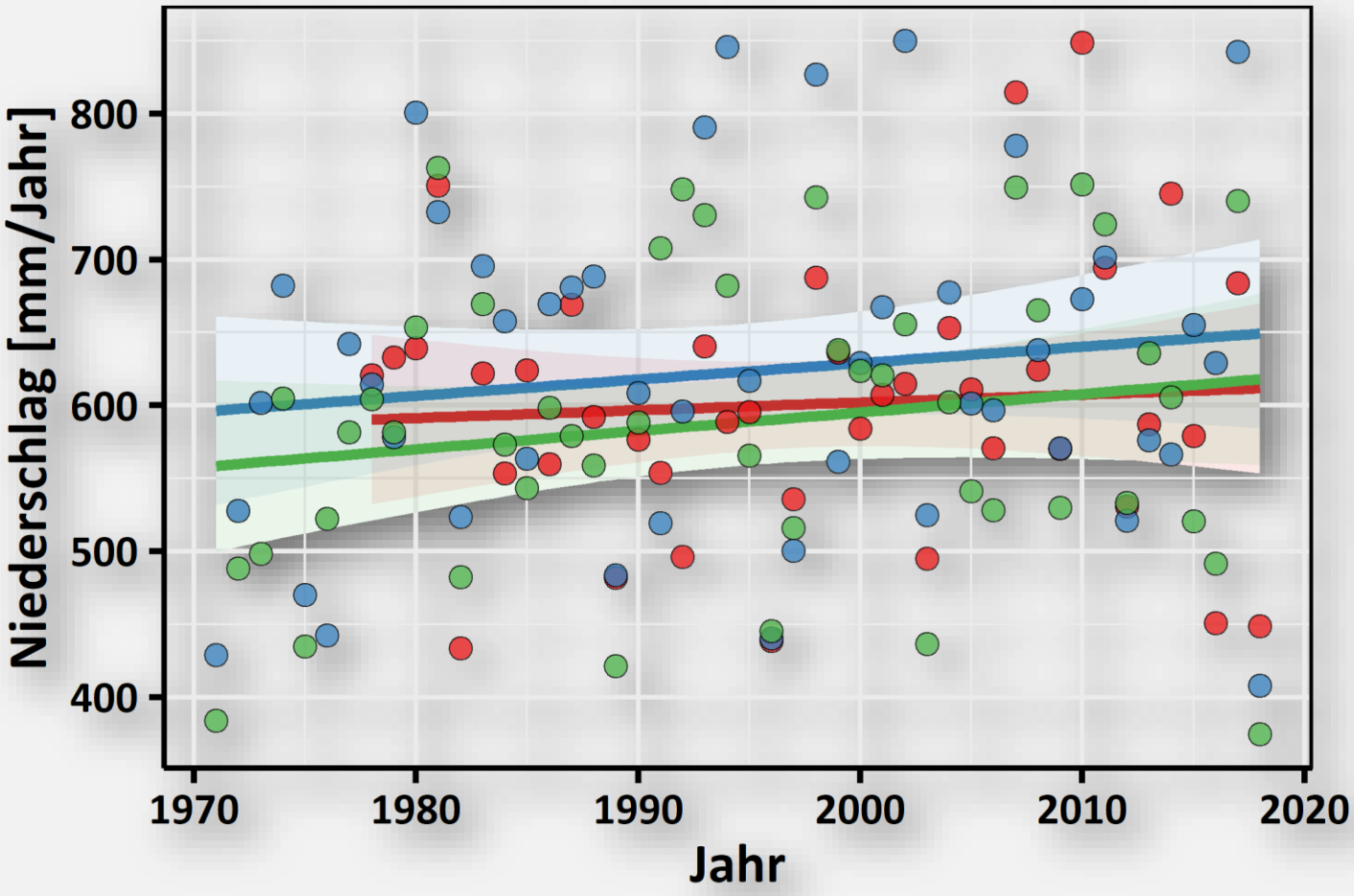
Temperaturtrends/Monat MV



Verfrühung der Vegetationszeit!

Daten: DWD

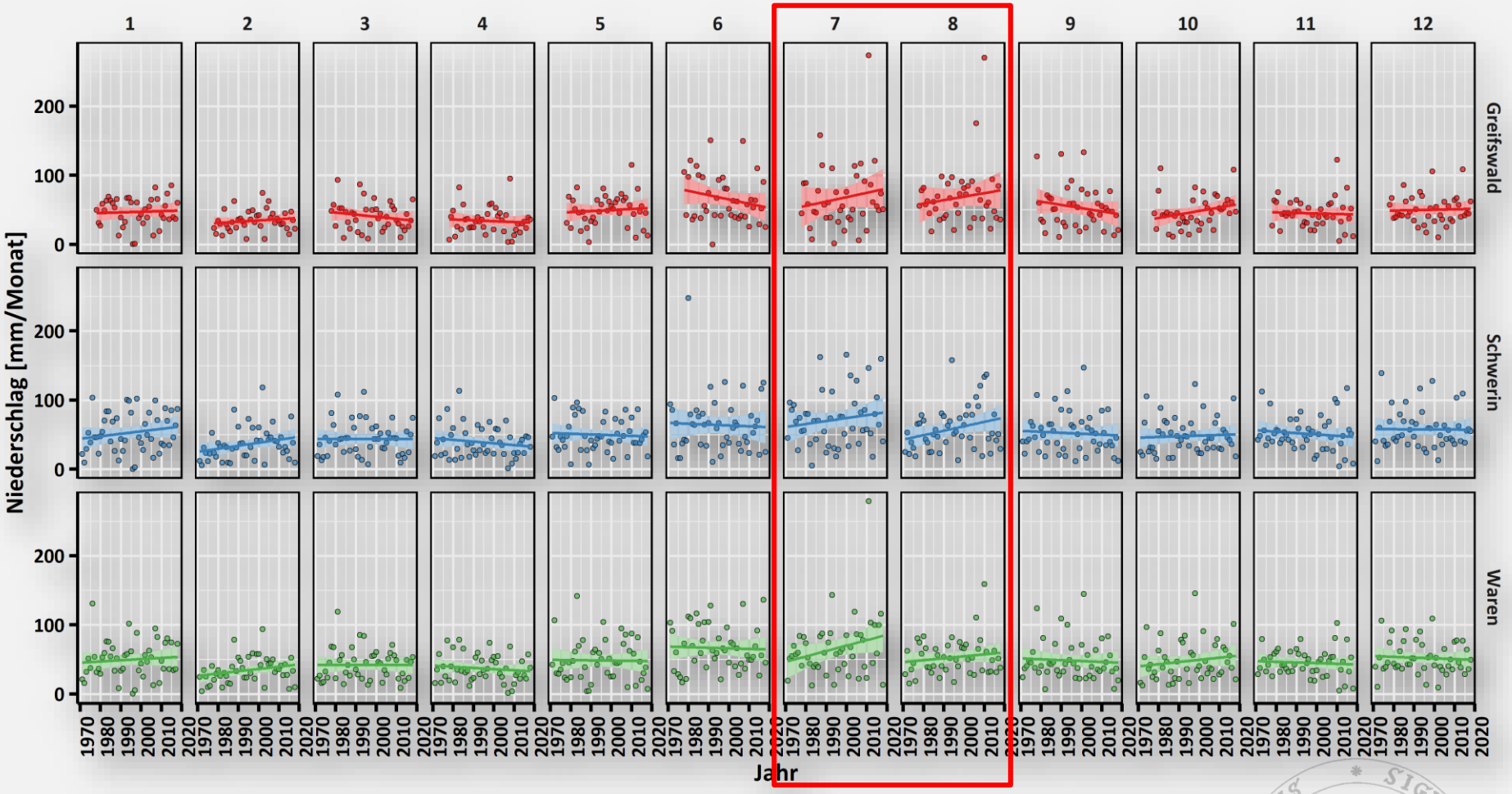
Trend Jahresniederschlag MV



Keine signifikante Änderung, ggf. leichter Anstieg

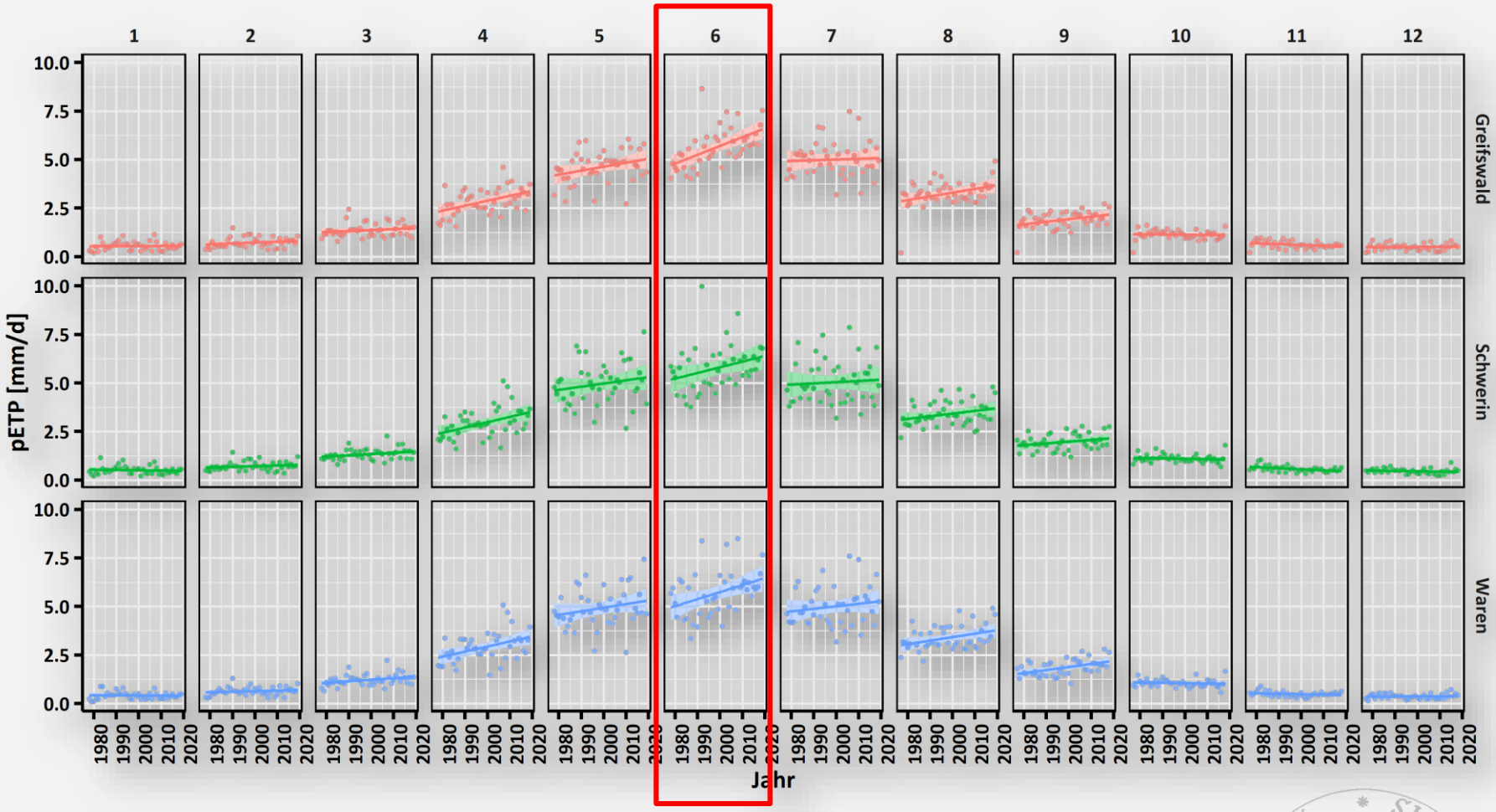
Daten: DWD

Niederschlagstrends/Monat MV



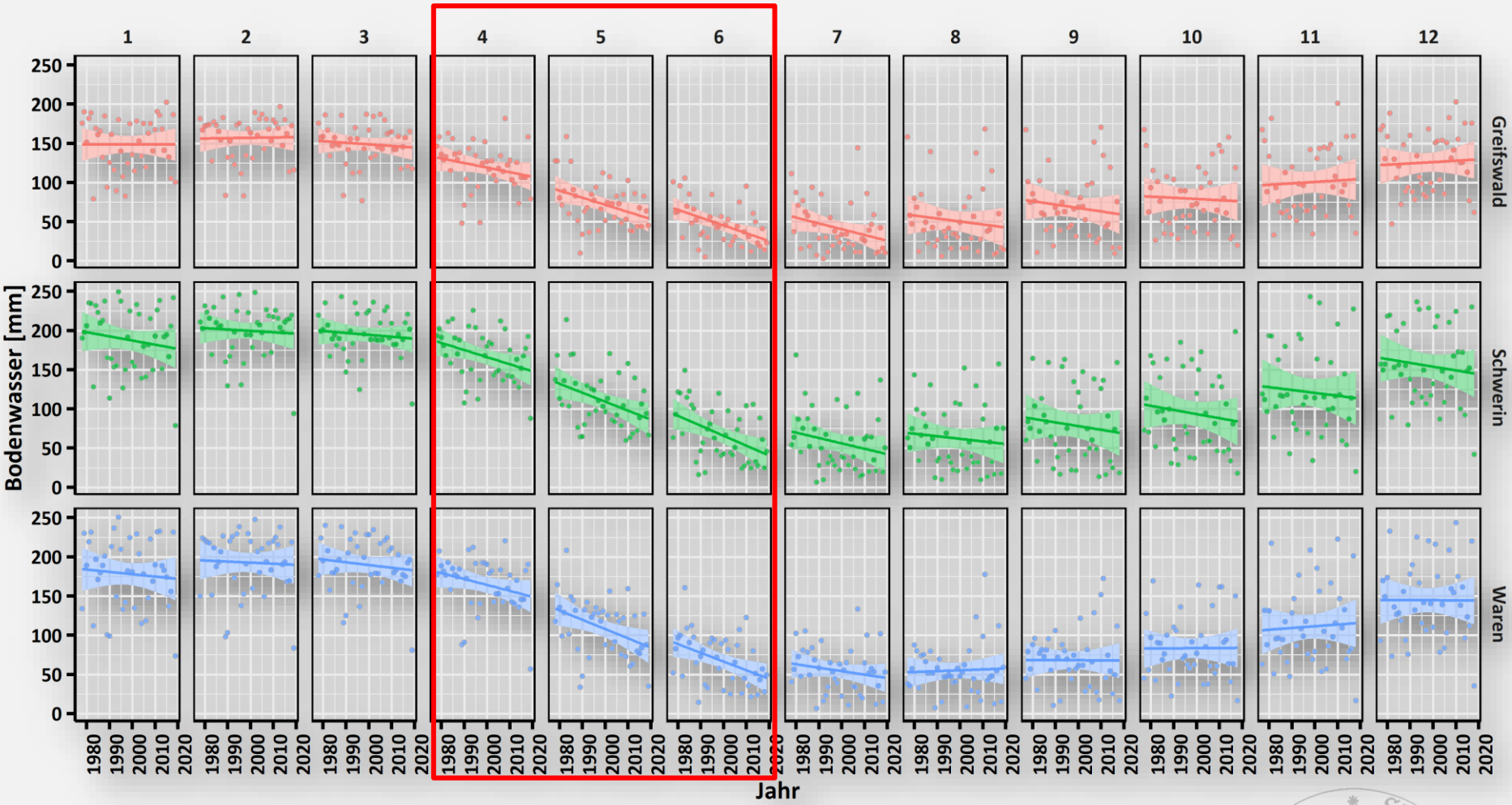
Spätsommerniederschläge steigen

Trends potentieller Evapotranspiration MV



Steigender Verdunstungsanspruch!
40-50 mm mehr Verdunstungsanspruch im Frühling/Frühsommer
Berechnet für Winterrapsbestände

Trends simulierter Bodenwassergehalte MV

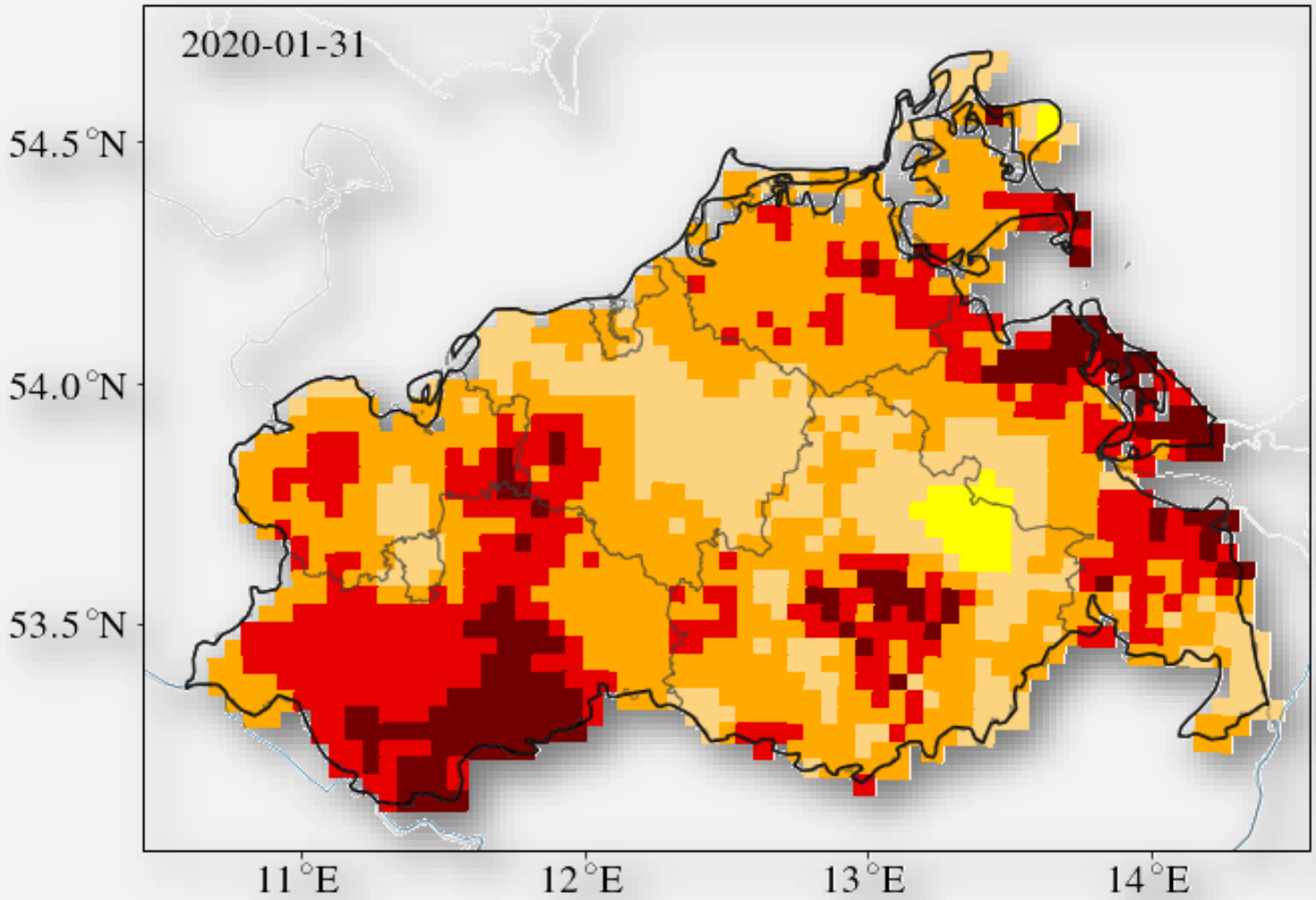


Sinkende Bodenfeuchten im Mai/Juni
Ca. 50 mm Rückgang

- **Trockenstress!**

Eigene Berechnungen für Winterraps

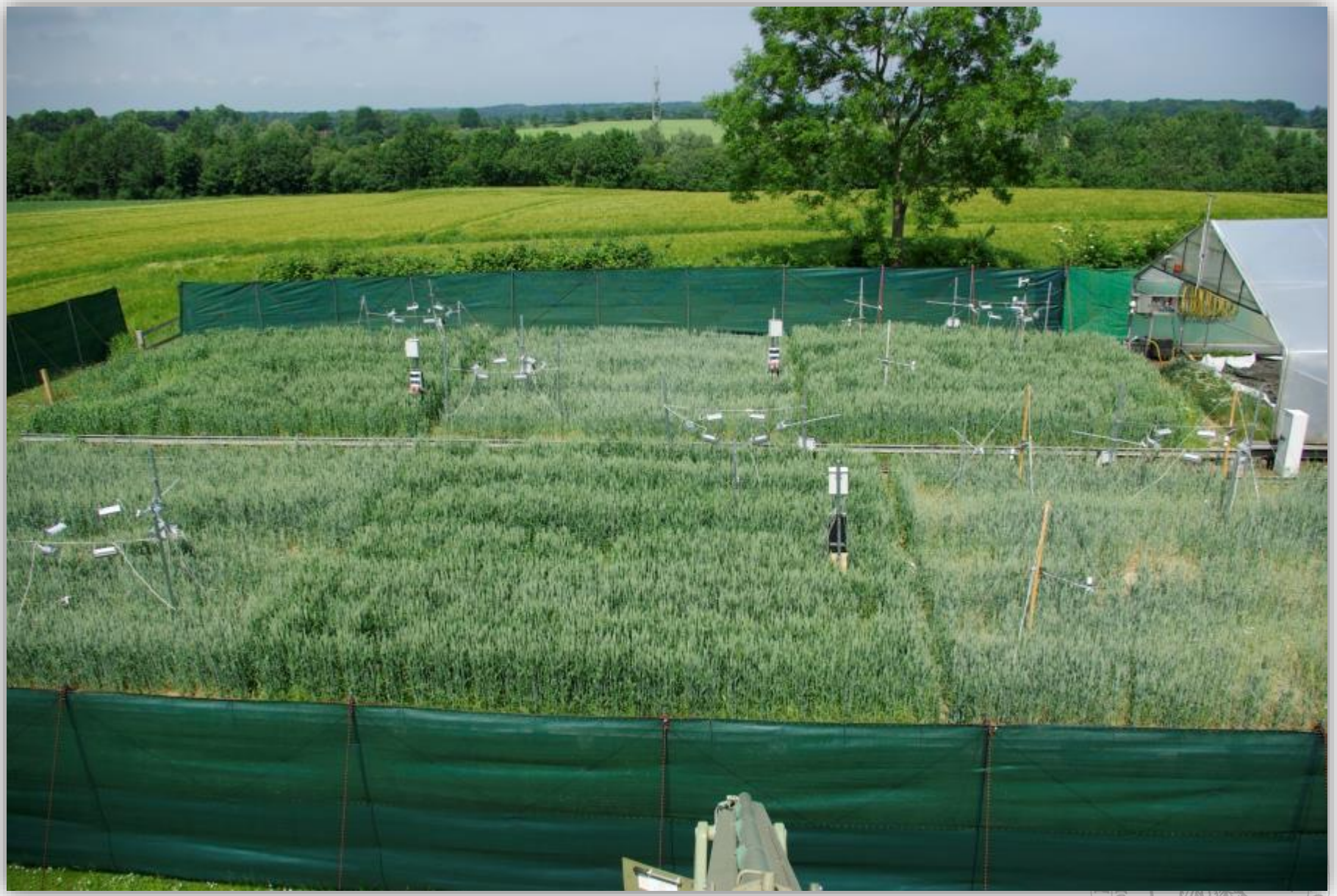
Dürremonitor aktuell



- außergewöhnliche Dürre
- extreme Dürre
- schwere Dürre
- moderate Dürre
- ungewöhnlich trocken

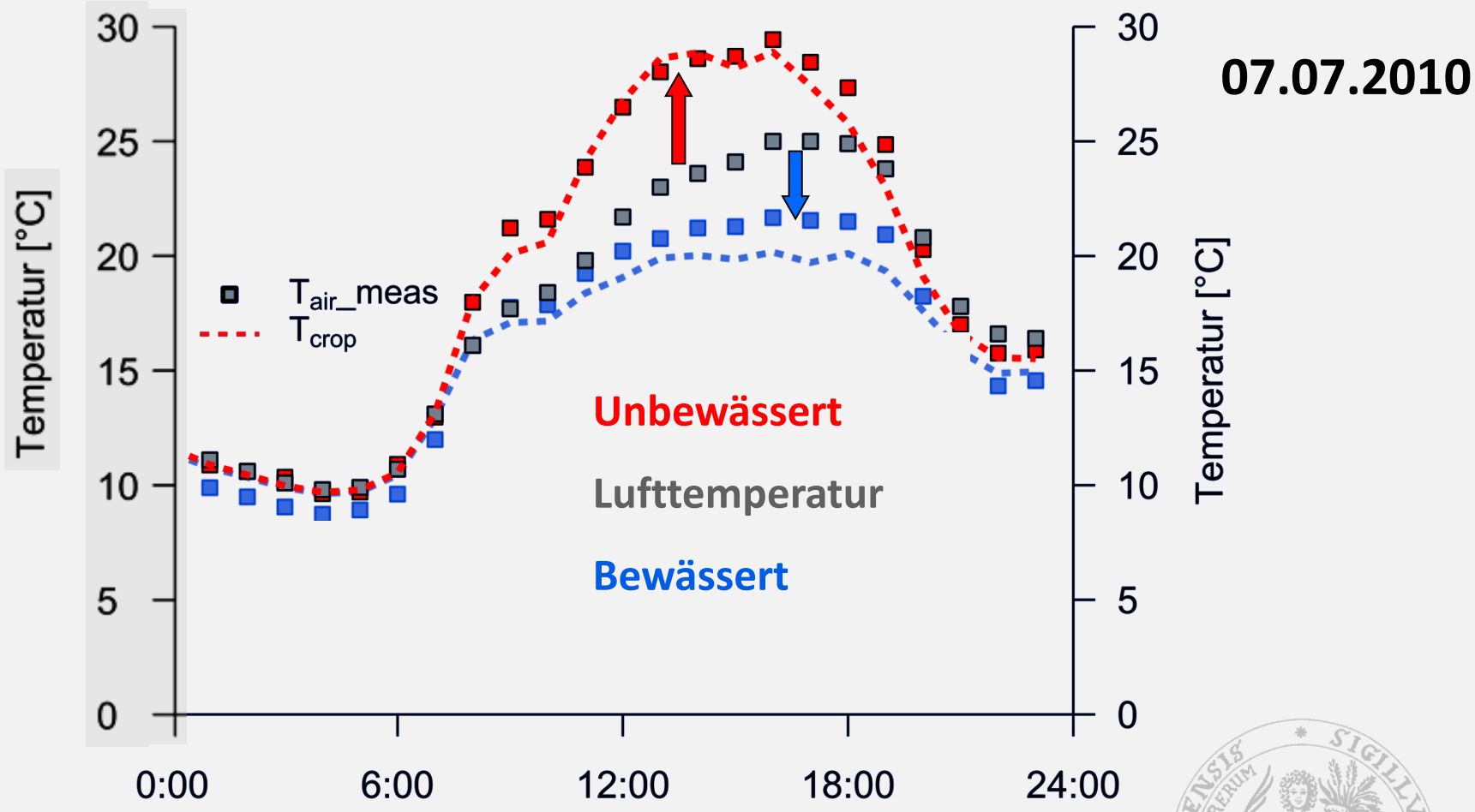
UFZ-Dürremonitor/ Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung

Trocken/Hitzestressversuch 2013



Trockenstressversuch 2010

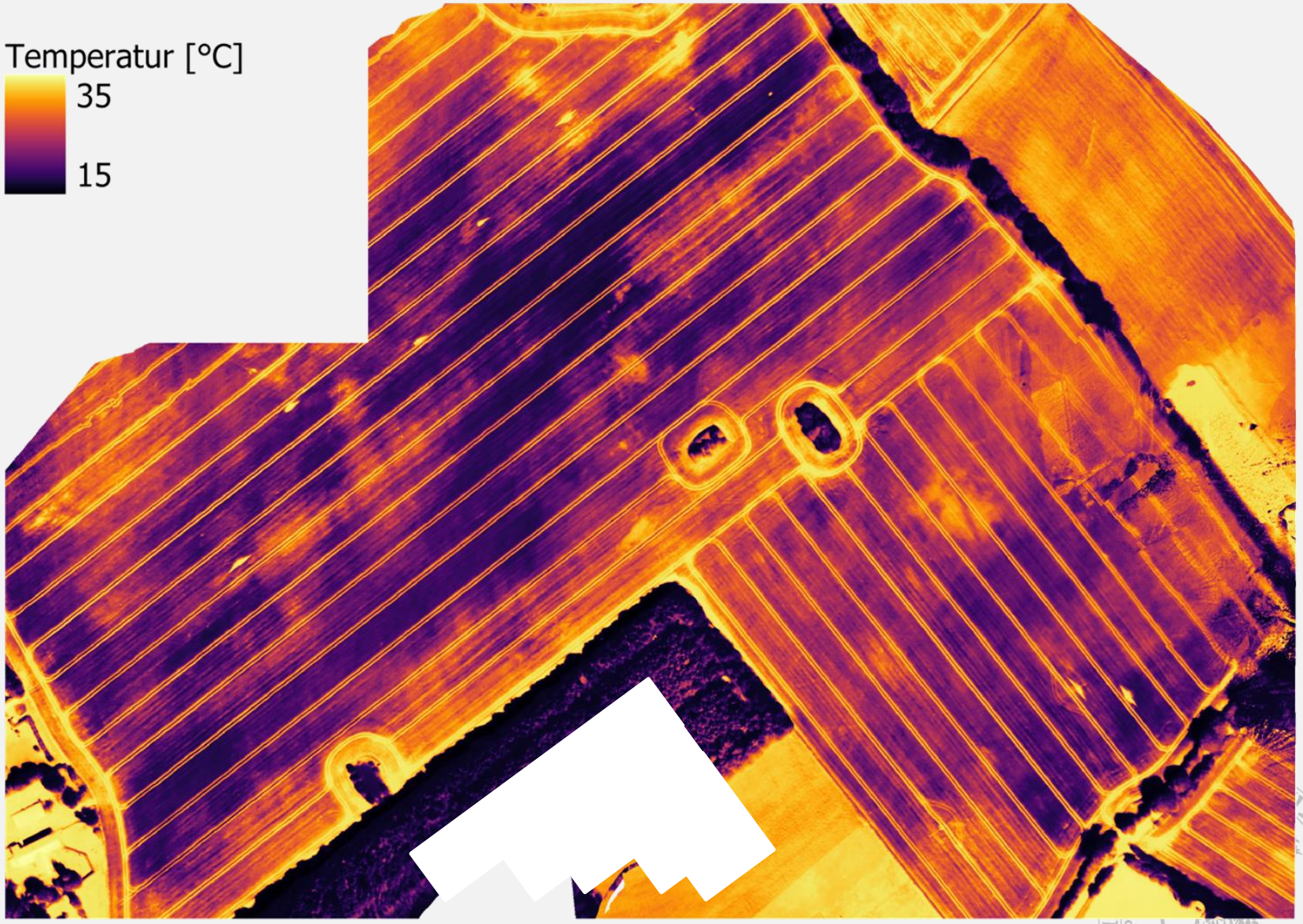
Simulierter und gemessener Tagesgang der Bestandestemperatur



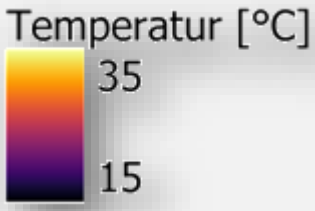
Trockenstress führt zu Hitzestress!

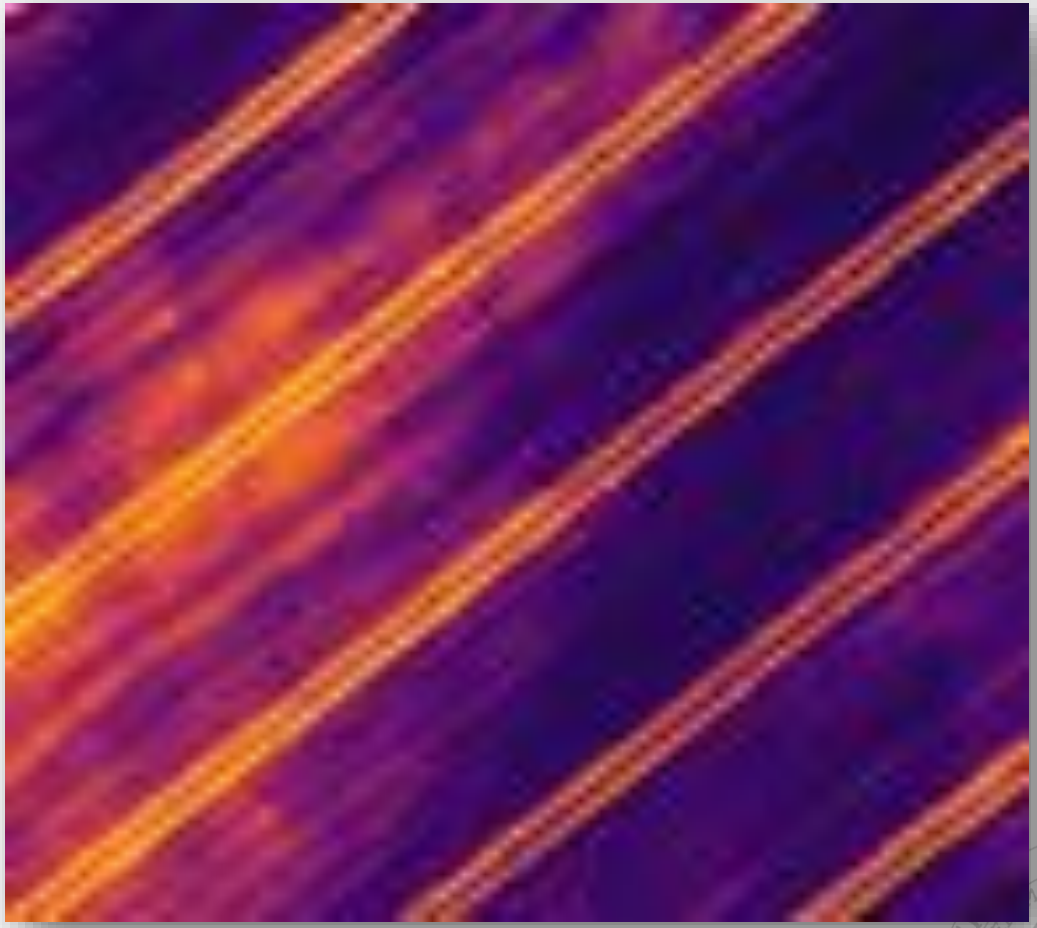
Bestandestemperaturen Winterweizen 2018
Praxisschlag Schleswig-Holstein

C | A | U
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel



Bestandestemperaturen Winterweizen 2018
Fahrspureffekte

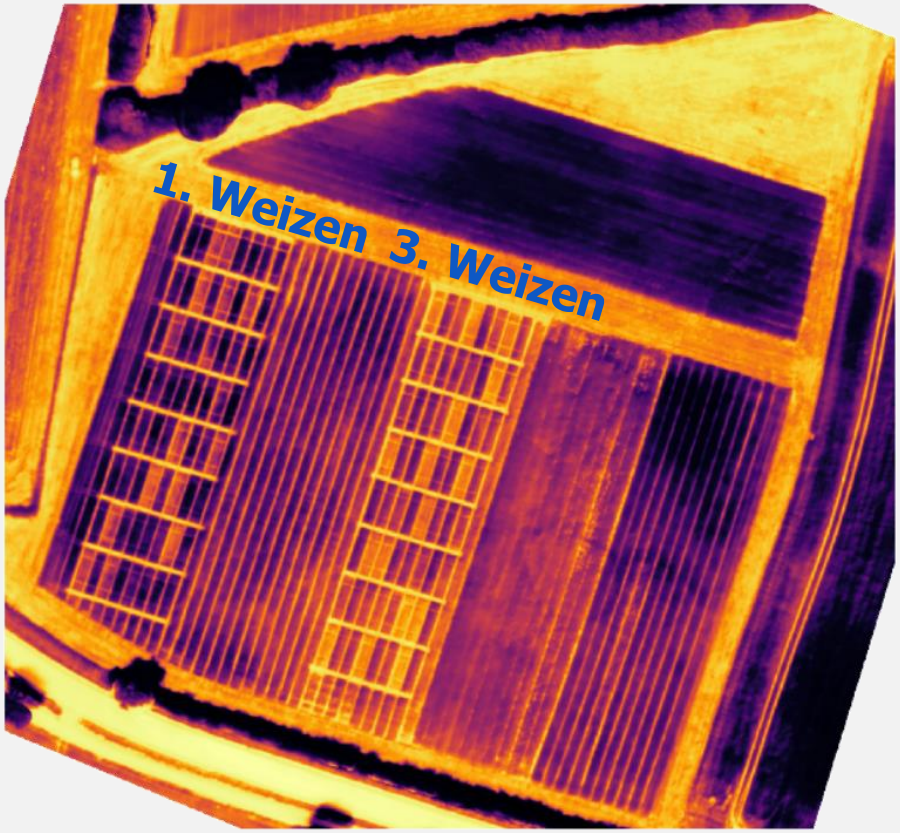




Bodenstruktur/ Durchwurzelungstiefe!

Thermalaufnahmen eines Fruchtfolgeversuchs, Hohenschulen

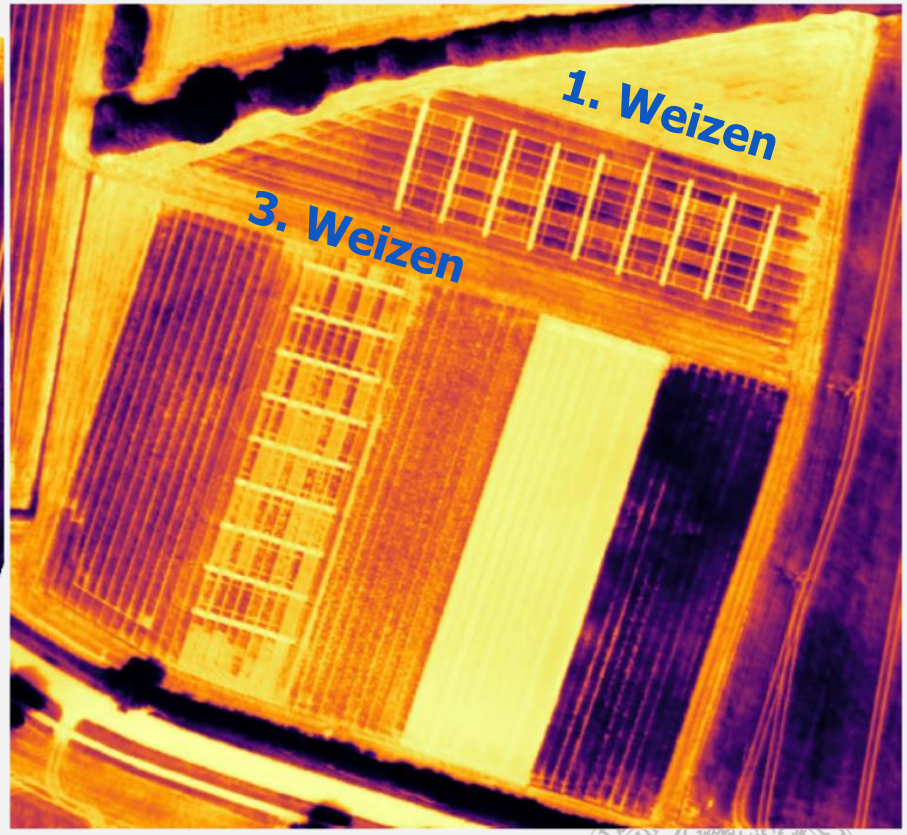
20.06.20017



49.8 °C

18.2 °C

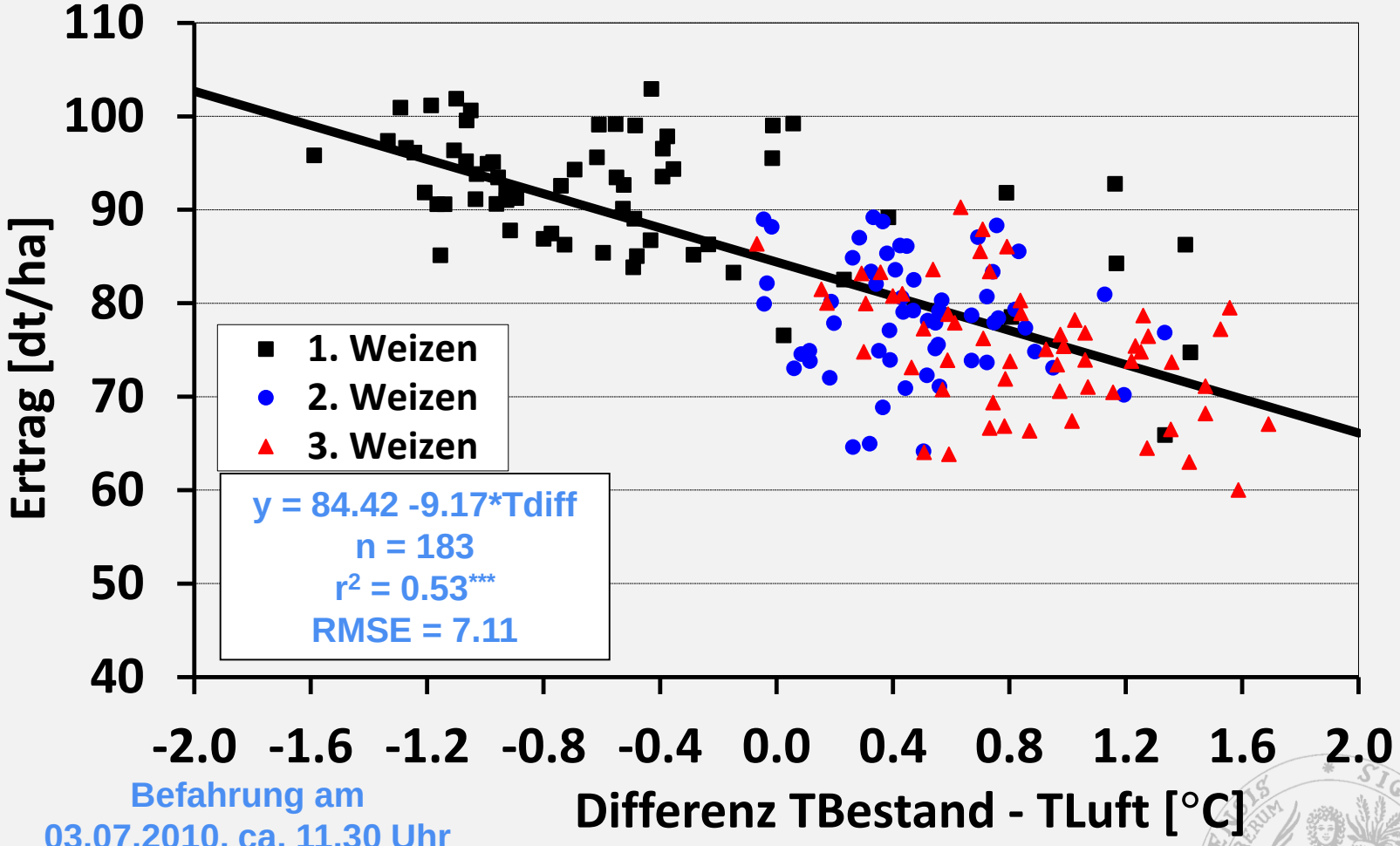
01.06.2018



47.9 °C

21.5 °C

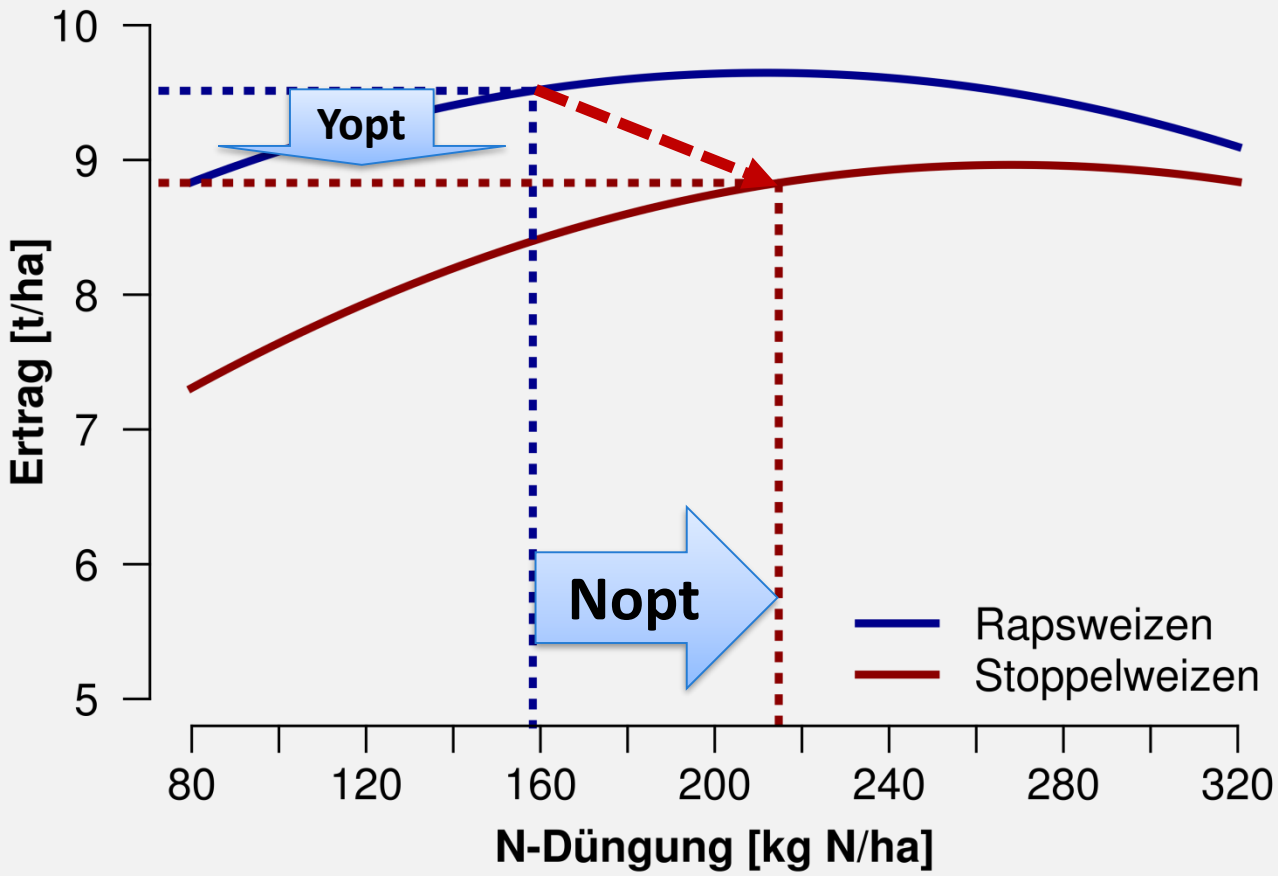
Differenz zwischen Bestandes- und Lufttemperatur und Ertrag (2010)



Befahrung am
03.07.2010, ca. 11.30 Uhr

(Böttcher 2010)

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



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

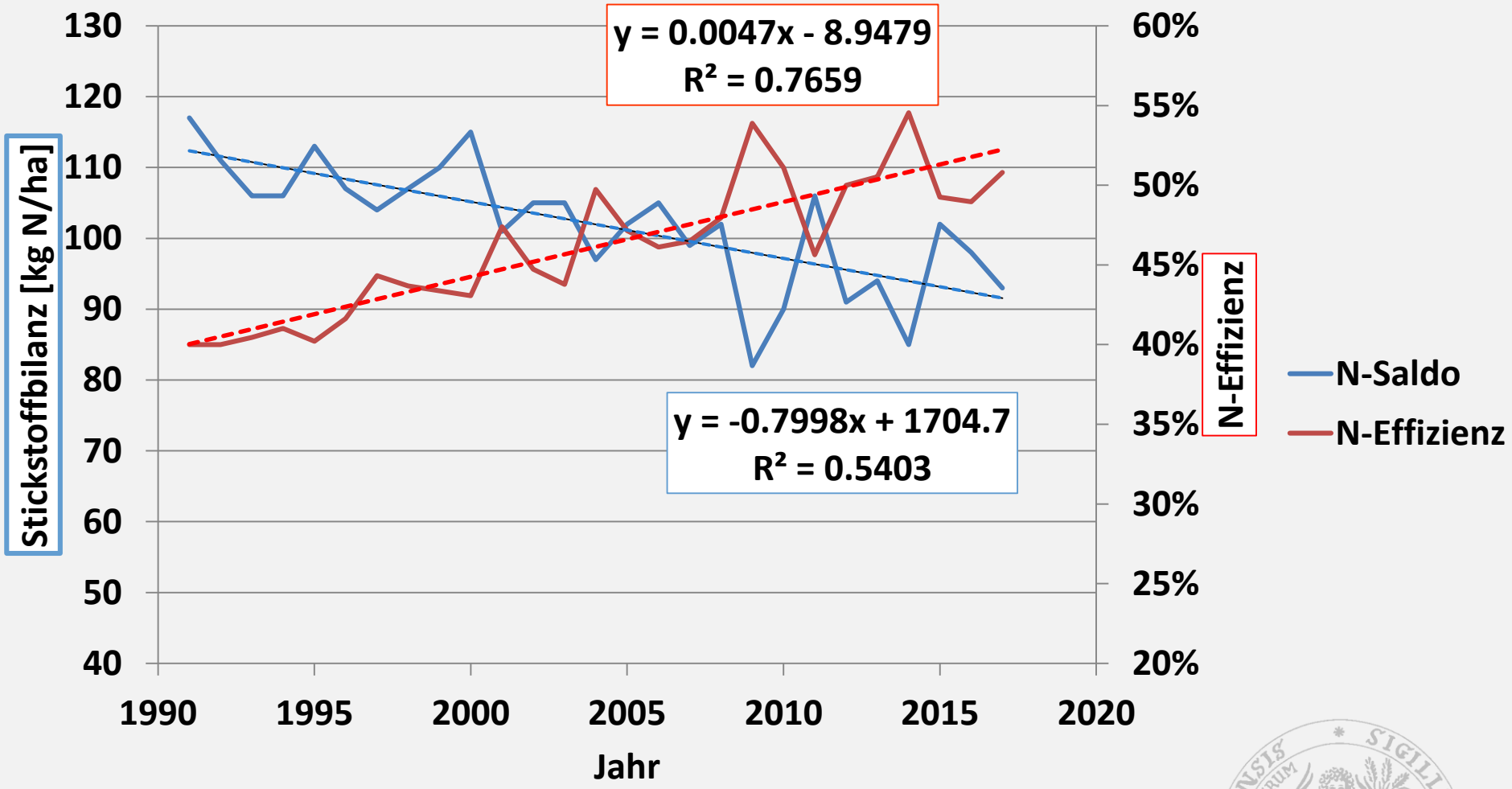
Klimawandel

- Ertragsvariabilität nimmt zu
  - Jährlich
  - Regional
- Temperaturanstieg MV seit 1970 bei ca. 1,5 °C
- Niederschläge konstant
- Verdunstung ansteigend
- Trockenstress nimmt deutlich zu
  - Extremjahre -> Normaljahren
- Interaktion Trocken*Hitzestress
- Bodenstruktur/Unterbodendurchwurzelung kritisch
- Fruchtfolge wird wichtiger!

Gliederung

- Ertragstrends & Klimawandel
- **Stickstoffüberschüsse in der Landwirtschaft**
- Nitratkonzentrationen im Grundwasser
- Evaluierung DüV und DüV-20%
- Bewertung von Maßnahmen
- Schlussfolgerungen

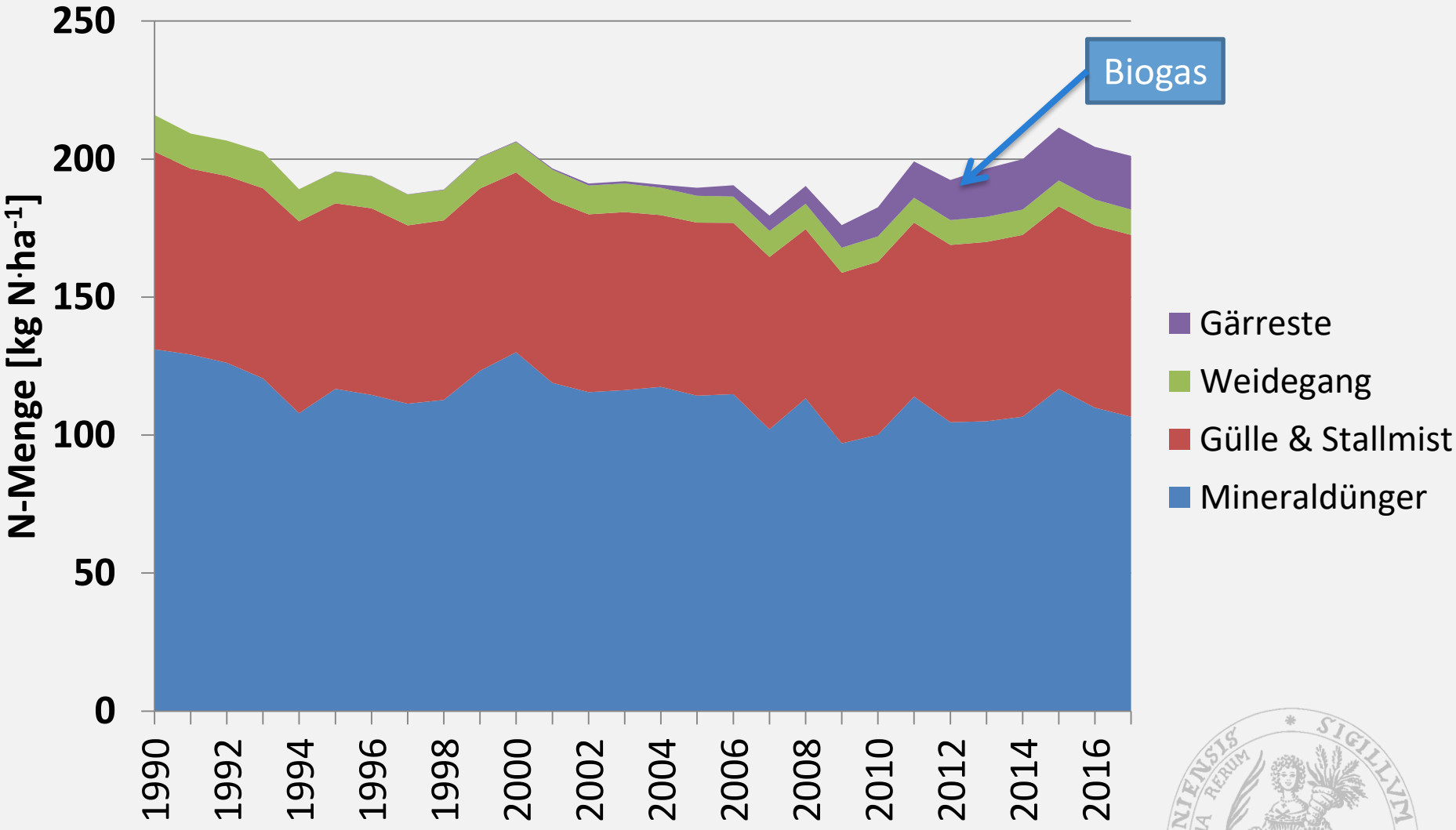
N-Saldo (Brutto) und N-Effizienz (Brutto) Deutschland 1990-2017



Langfristig sinkender Trend!
Jedes 2. Kg N geht immer noch verloren!

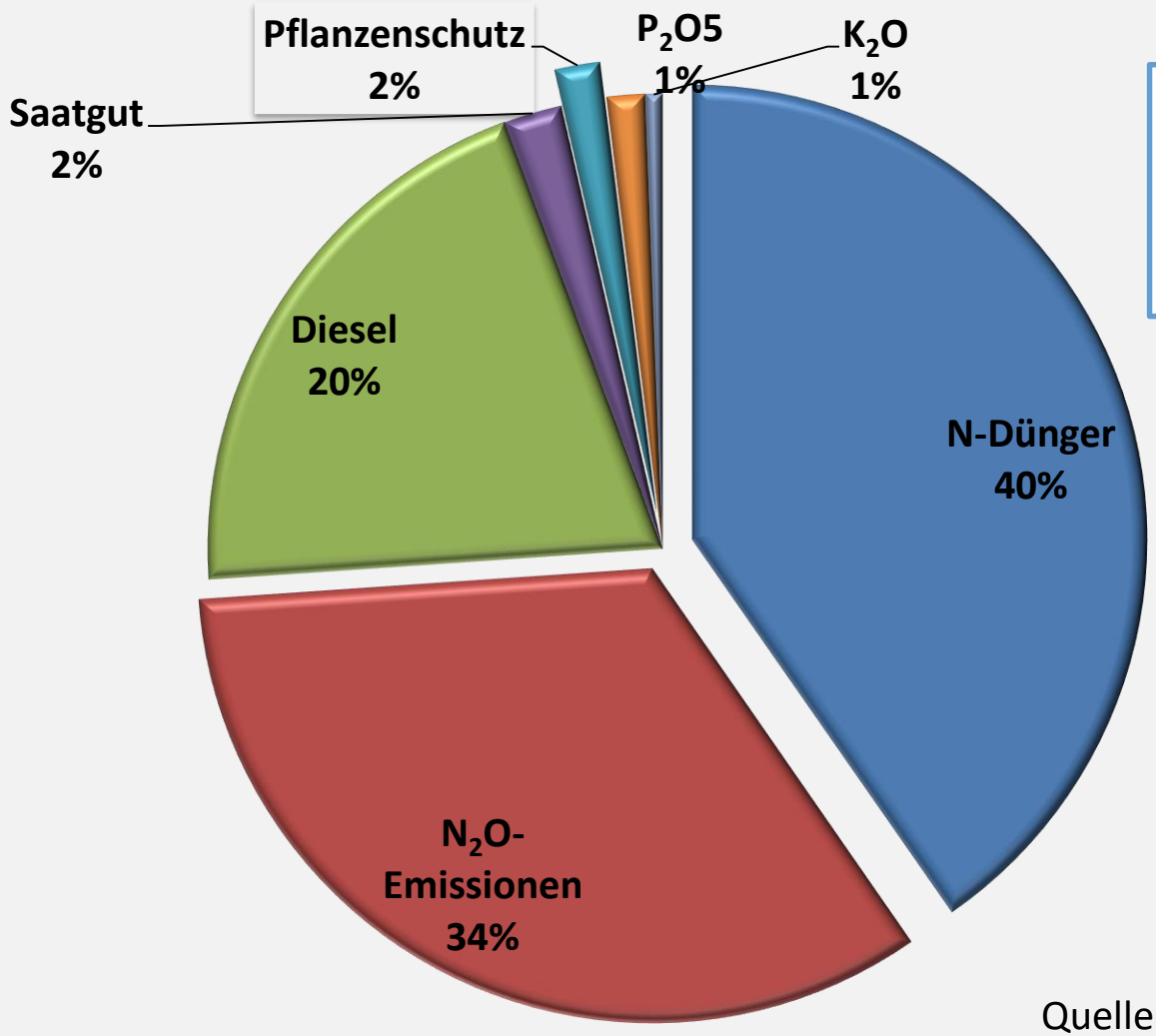
Daten: BMEL

Stickstoffinput auf landwirtschaftlich genutzte Fläche in Deutschland im Zeitverlauf



Source: Fuß et al. 2019, Thünen Institut

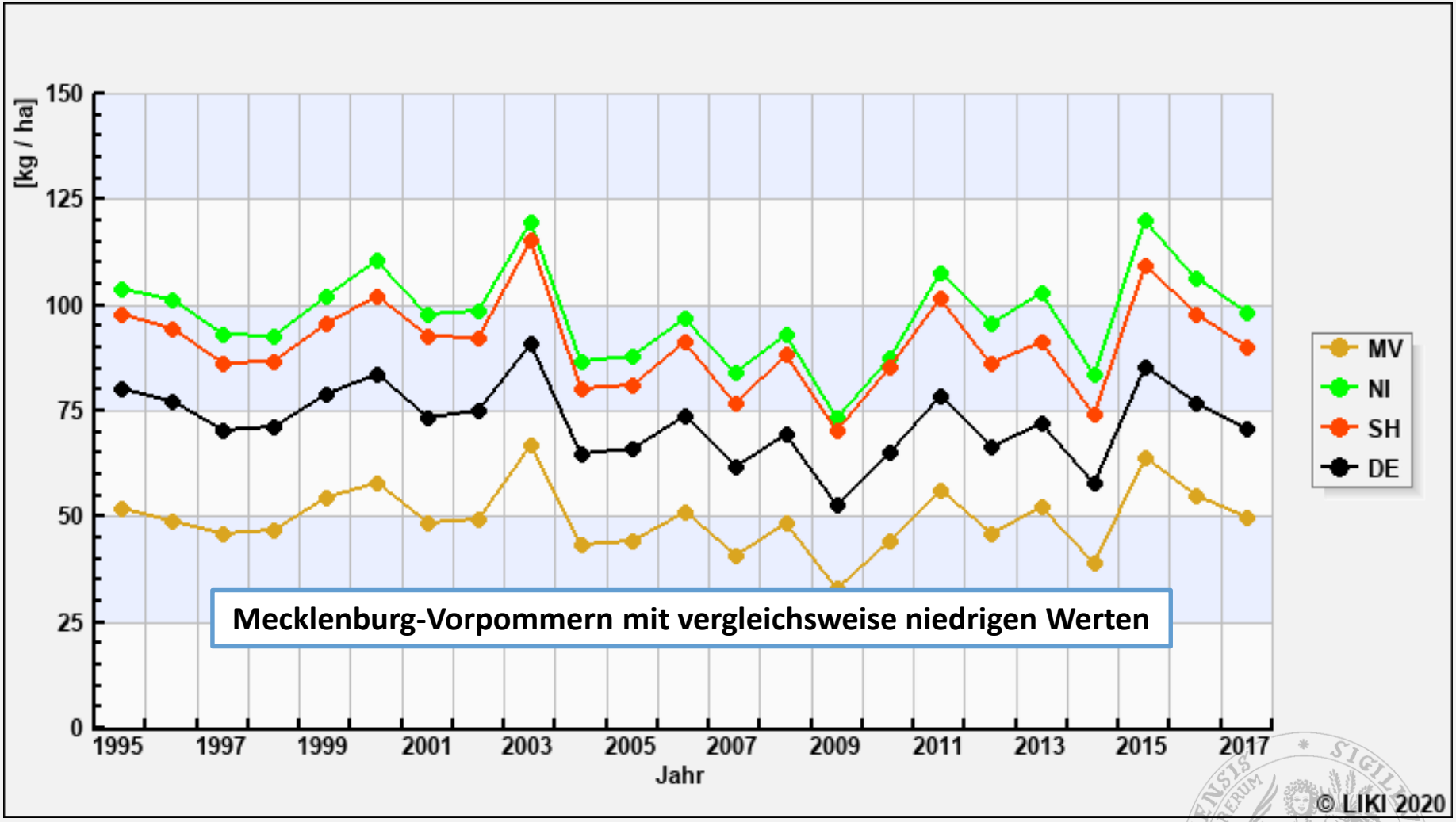
Anteil der Inputs bei den Anbauemissionen



Realistischere Bewertung der Stickstoffbedingten Emissionen wichtig! N-Effekte z.T. überschätzt

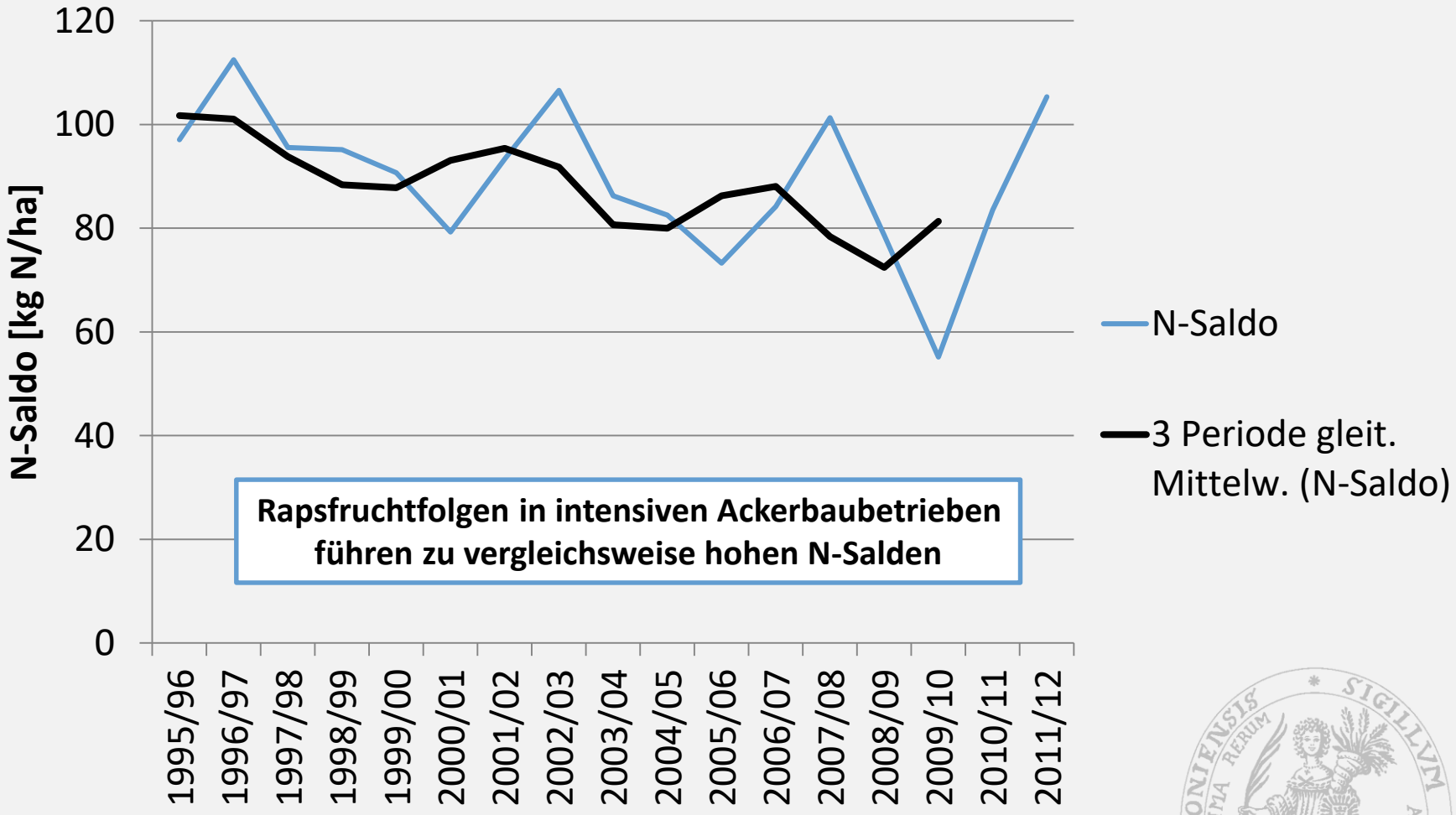
Quelle: Biograce Version 4d, Produktionsverfahren Ethanol aus Weizen

Stickstoffüberschuss (Nettobilanz) in Deutschland und einigen Bundesländern



https://www.lanuv.nrw.de/liki/index.php?mode=indi&indikator=10#grafik

N-Saldo von Marktfruchtbetrieben SH/MV



Quelle: Buchführungsdaten gut geführter und strukturierter Marktfruchtbetriebe

Stickstoffüberschuss

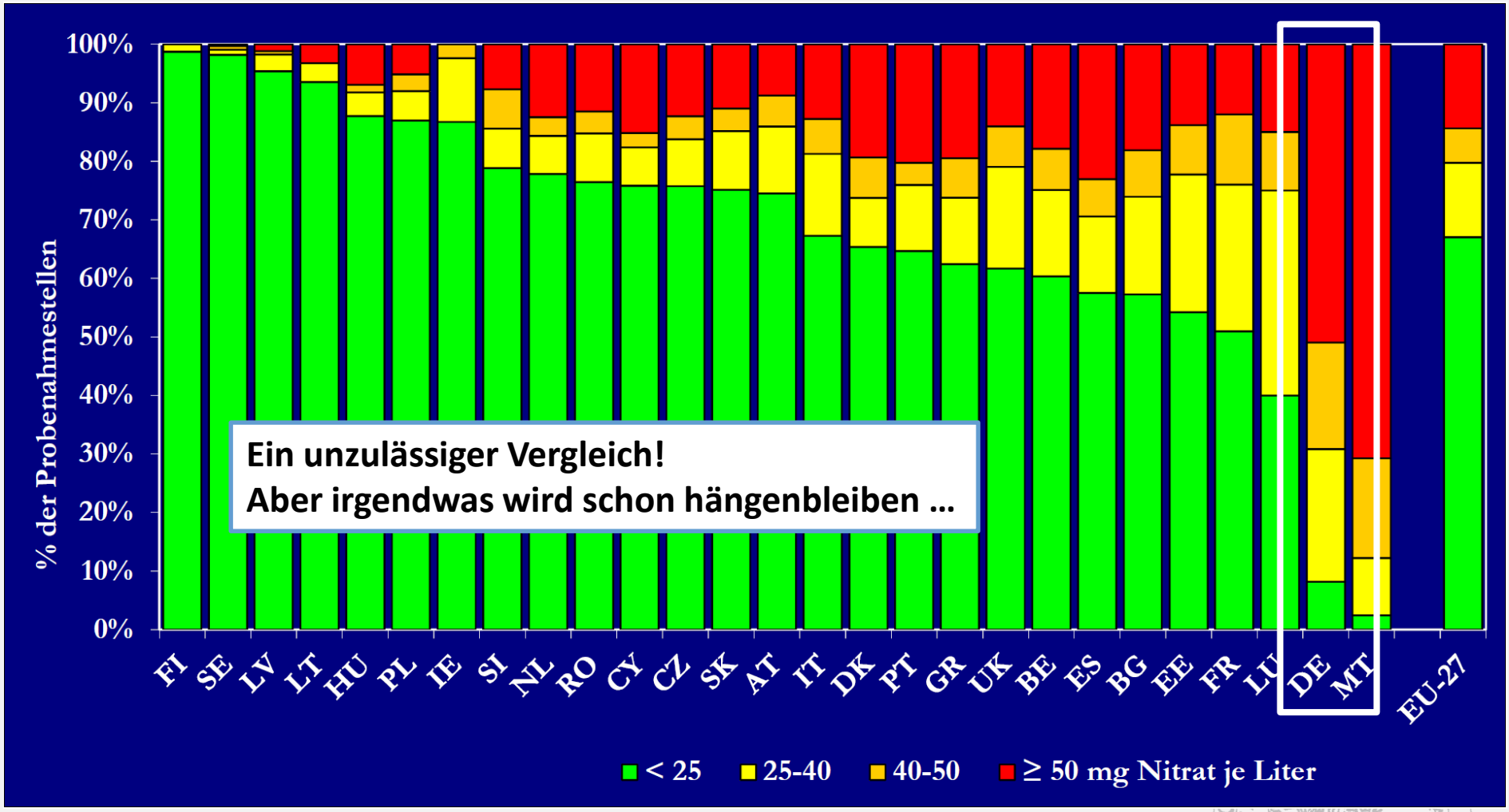
- **N-Bilanzen in Deutschland**
  - Sind nach wie vor zu hoch
  - Haben langfristig abnehmenden Trend
  - Biogasgärreste & Ertragsschwankungen schwächen Trend ab
- **Klimawirkung und N-Überschuss**
  - Ca. 60% der THG-Emissionen im Ackerbau stammen aus Stickstoffeinsatz
  - ➢ N-Effizienz = Klimaschutz

Gliederung

- Ertragstrends & Klimawandel
- Stickstoffüberschüsse in der Landwirtschaft
- **Nitratkonzentrationen im Grundwasser**
- Evaluierung DüV und DüV-20%
- Bewertung von Maßnahmen
- Schlussfolgerungen

Nitratkonzentrationen im Grundwasser verschiedener EU-Länder

Vergleich der *gemeldeten* Nitratkonzentrationen 2008-2011



Ein unzulässiger Vergleich!
Aber irgendwas wird schon hängenbleiben …

Quelle: COM (2013) 683 final

Veranlassung Novellierung Düngeverordnung

- Bericht der Kommission über die Umsetzung der Nitratrichtlinie in den Mitgliedsstaaten
- ➢ Vertragsverletzungs-verfahren gegenüber der Bundesrepublik Deutschland

EUROPÄISCHE KOMMISSION

Brüssel, den 4.10.2013
COM(2013) 683 final

BERICHT DER KOMMISSION AN DEN RAT UND DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT

über die Umsetzung der Richtlinie 91/676/EWG des Rates zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen auf der Grundlage der Berichte der Mitgliedstaaten für den Zeitraum 2008–2011

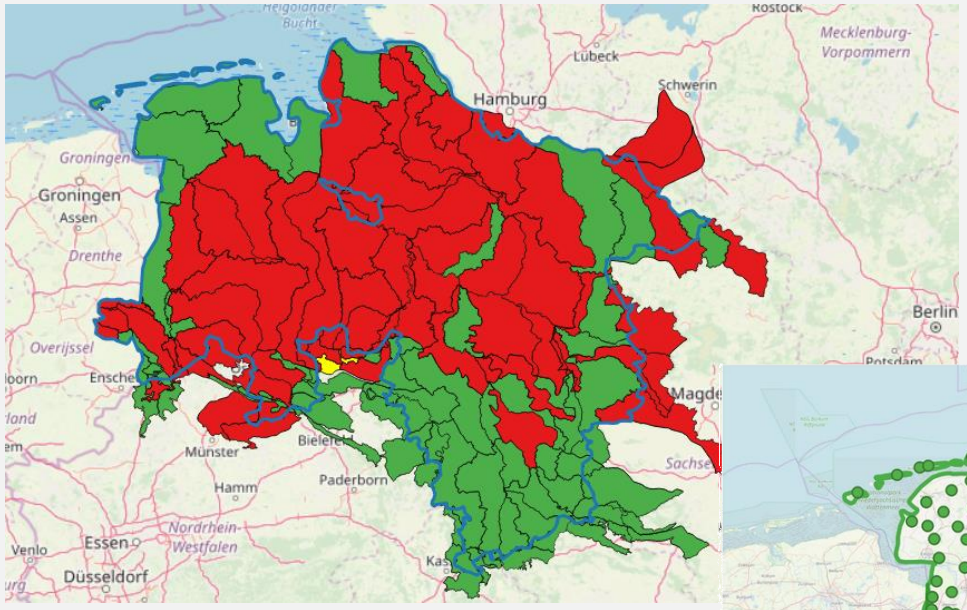
{SWD(2013) 405 final}

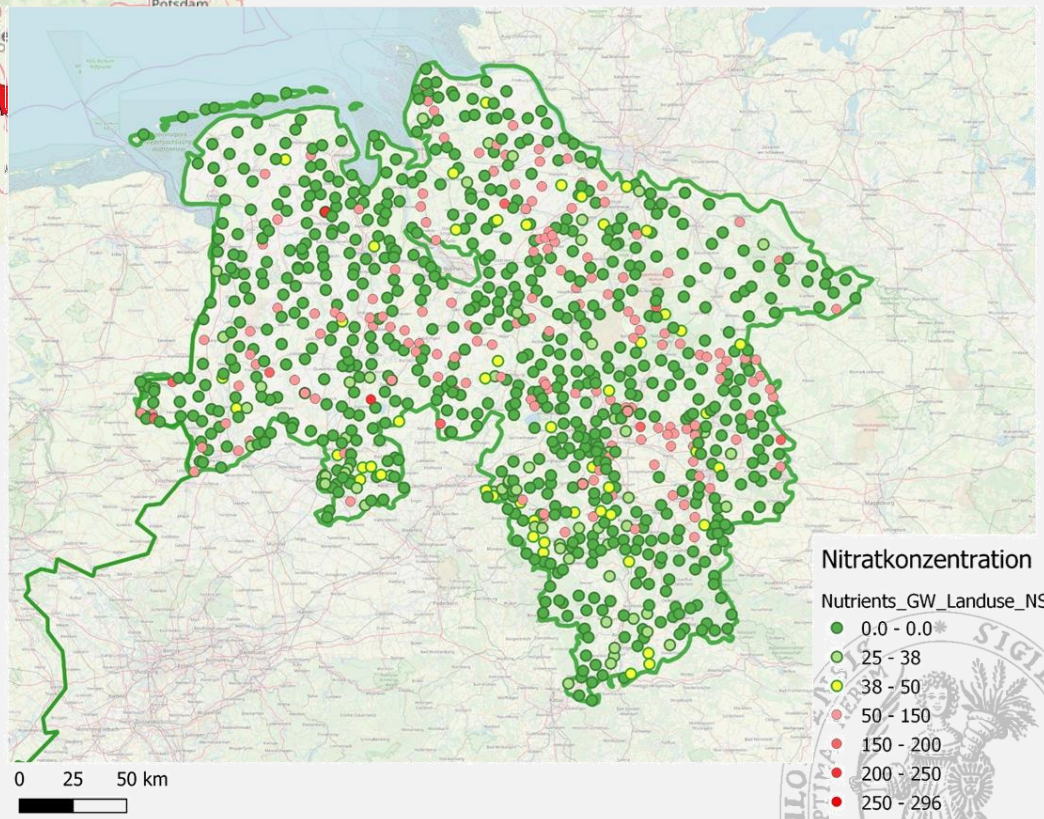
Karte Nitratkonzentrationen mit falscher Legende

https://www.tagesschau.de/multimedia/video/video-587373.html

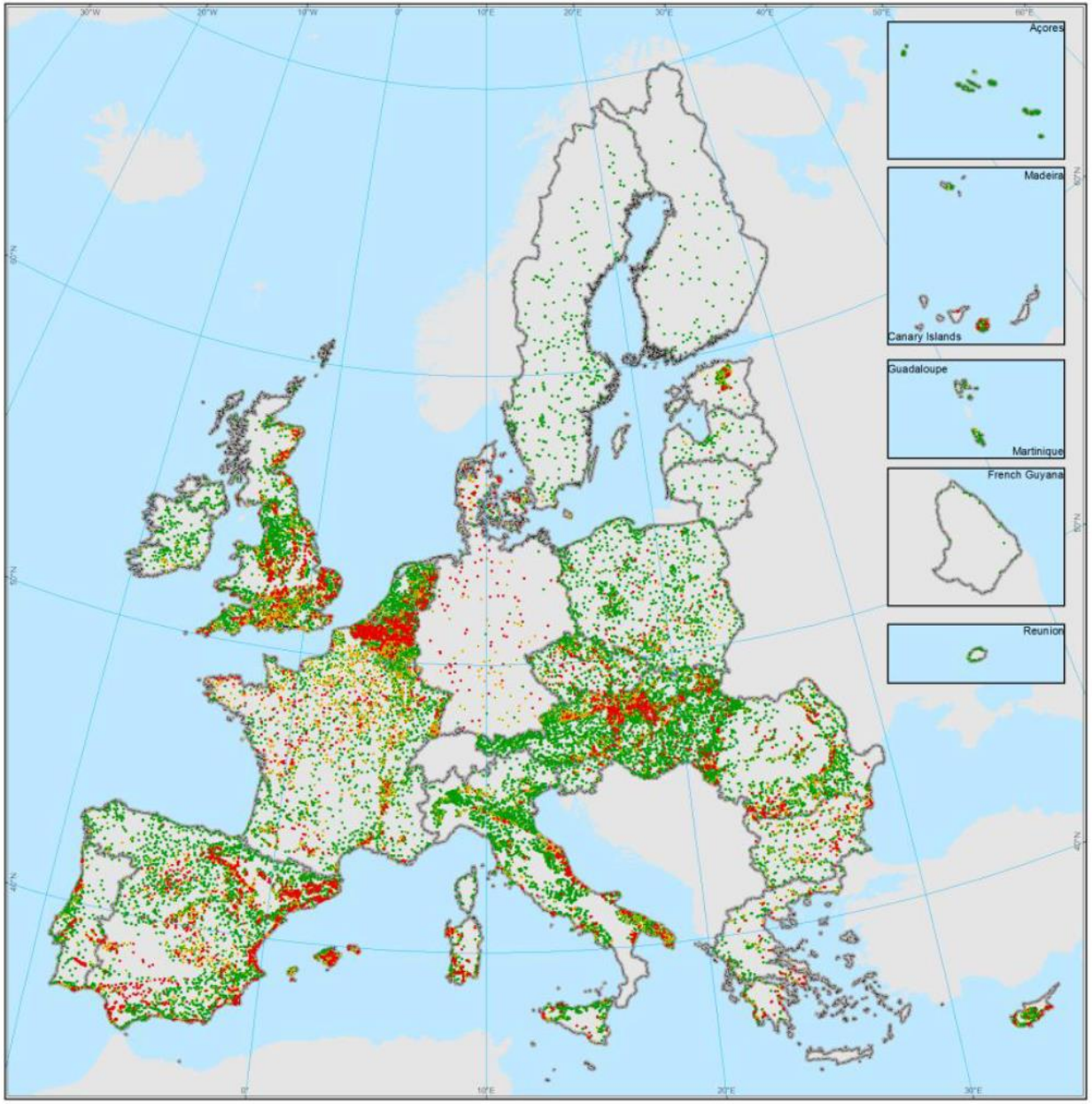
Gebietskulissen Grundwasserschutz WRRL in Niedersachsen und WRRL Messdaten

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel





Dichte der Messnetze in Europa 2008-2011



NITRATES DIRECTIVE EU-27

REPORTING PERIOD 5 (2008-2011)

GROUND WATER

ANNUAL AVERAGE NITRATE CONCENTRATION

Avg NO3 mg/l

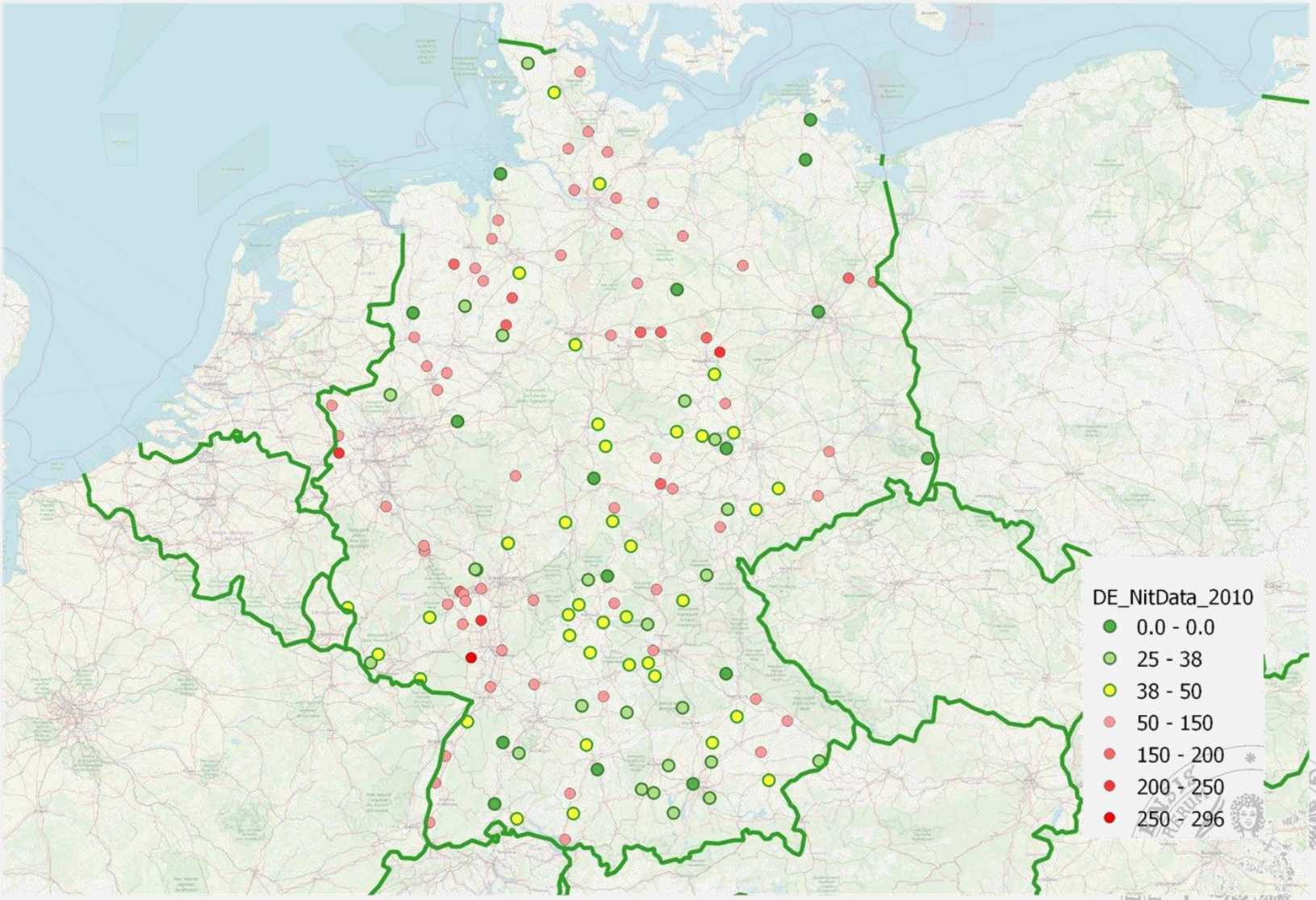
- < 25
- 25 - 40
- 40 - 50
- >= 50

ALTERRA
WAGENINGEN UR

Sources : DG ENV, Member States reports on Nitrates Directive Implementation
Coordinate Reference System : ETRS89 Lambert Azimutal Equal Area
Cartography : JRC,05/2013
Data source: GISCO - Eurostat (European Commission)
Administrative boundaries: © EuroGeographics

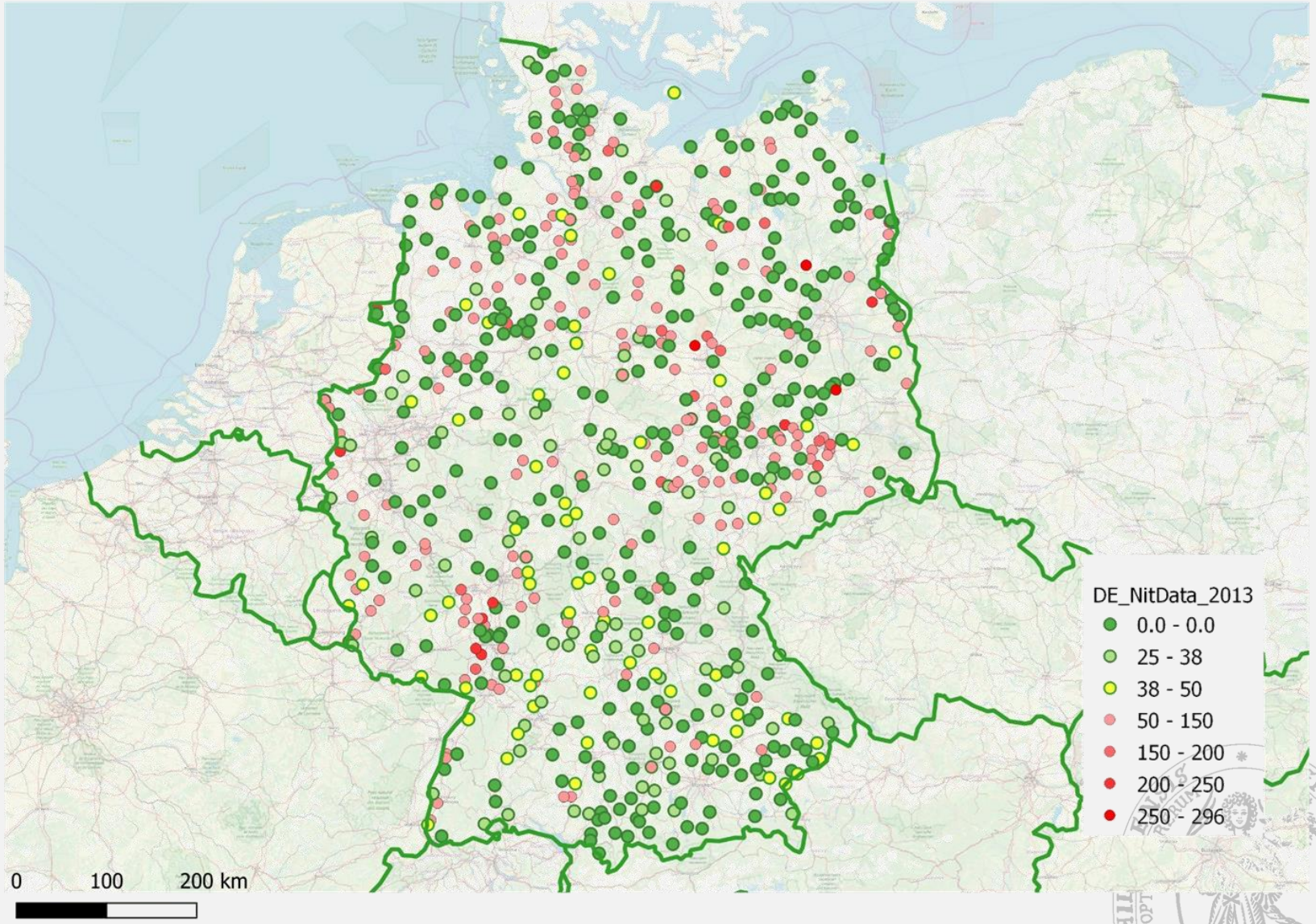
Belastungsmessnetz 2010 Deutschland

152 Messstellen



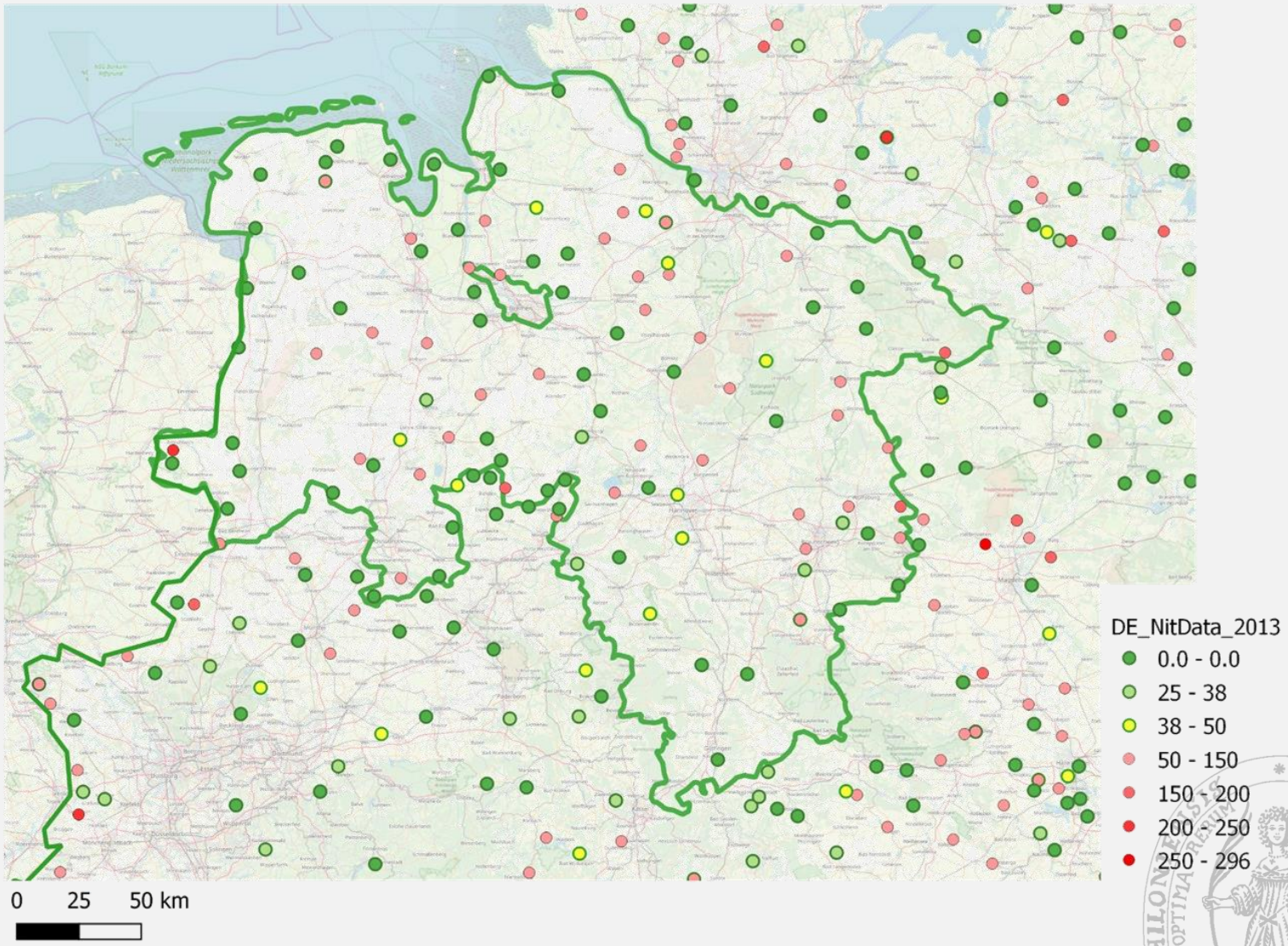
Neues EU-Messnetz 2013 Deutschland

691 Messstellen



Neues EU-Messnetz 2013
Ausschnittvergrößerung Niedersachsen

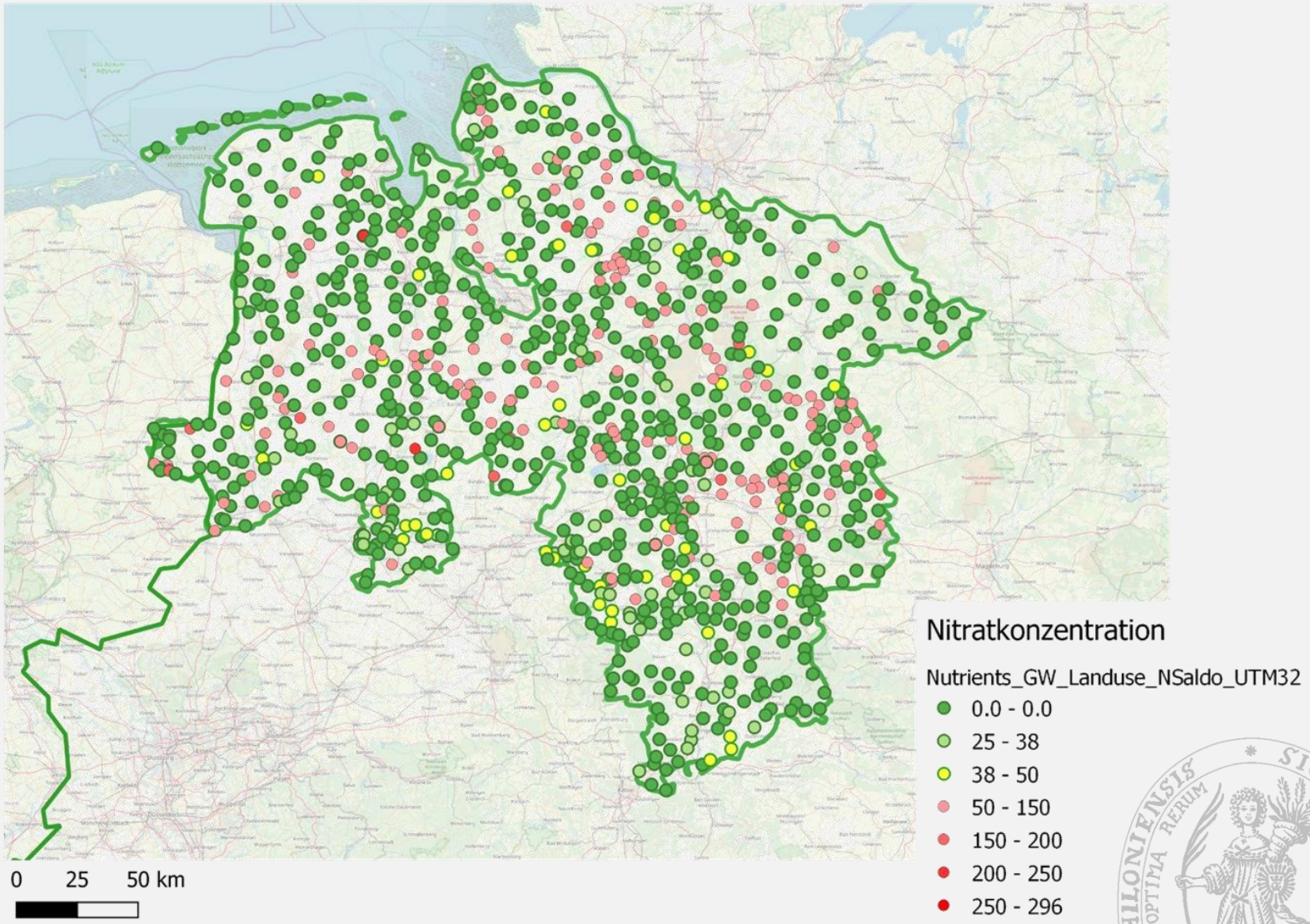
98 Messstellen



WRRL Überblicksmessnetz 2016 Niedersachsen

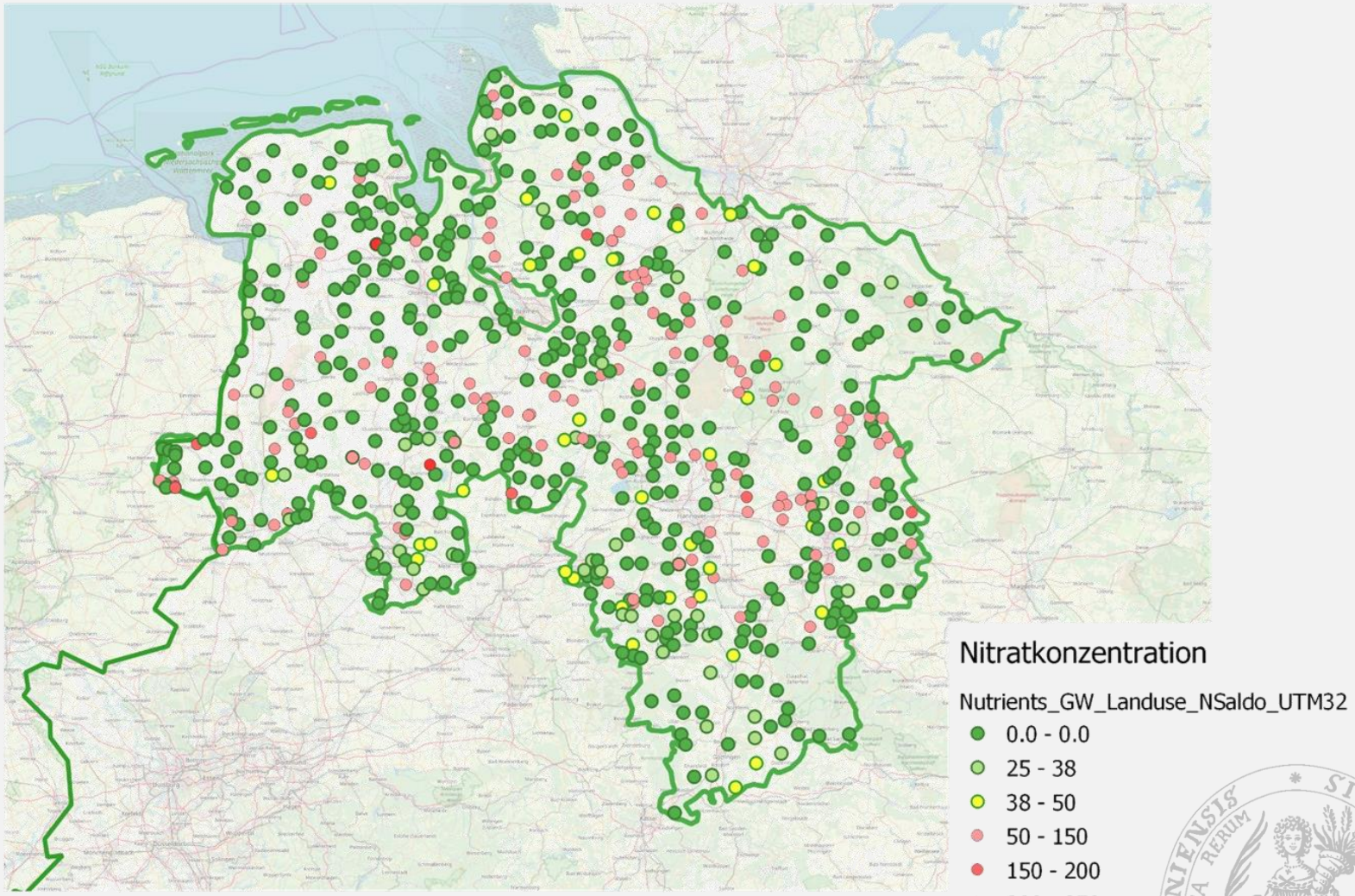
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

1065 Messstellen



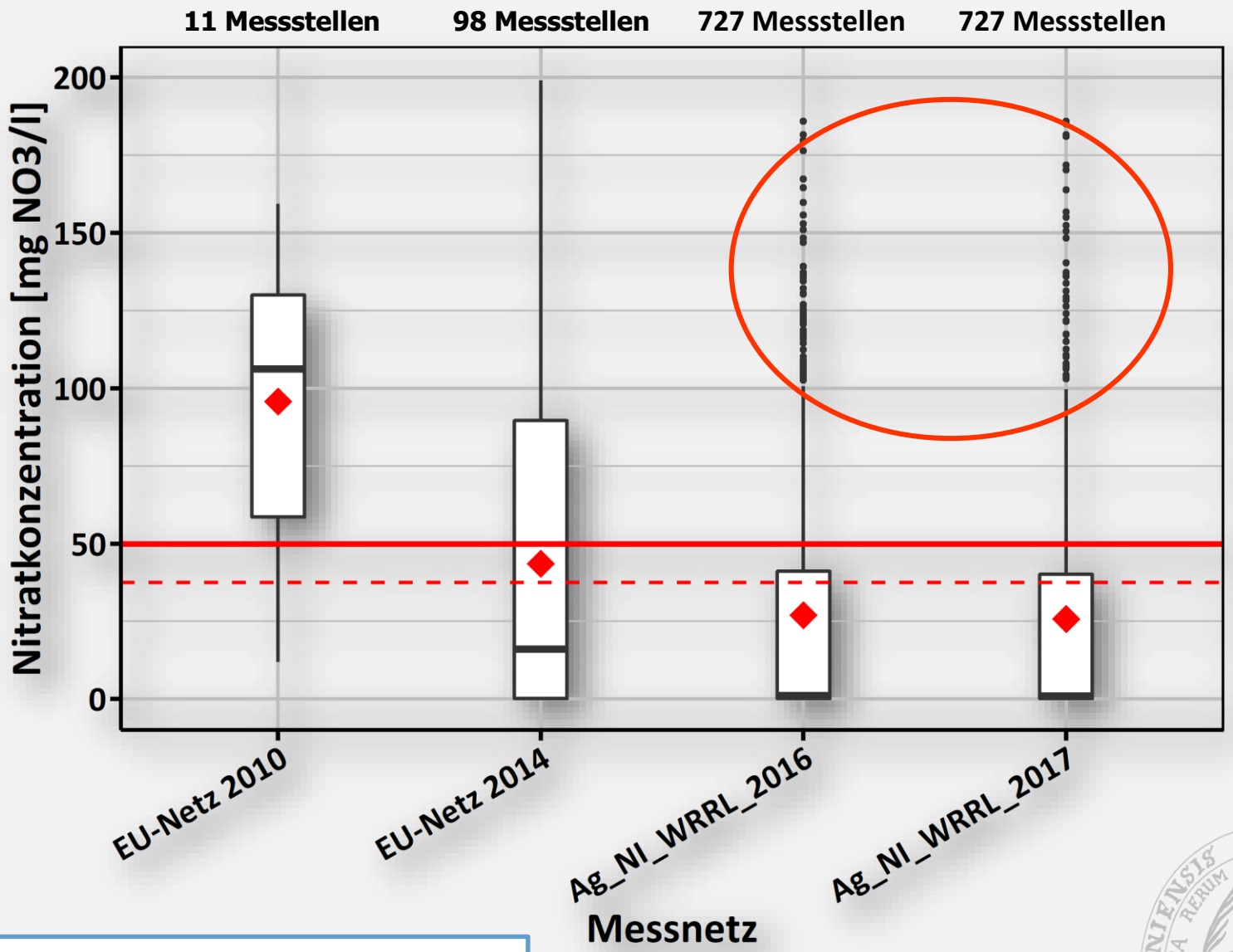
WRRL Überblicksmessnetz 2016
Niedersachsen, Acker- oder Grünlandnutzung

727 Messstellen



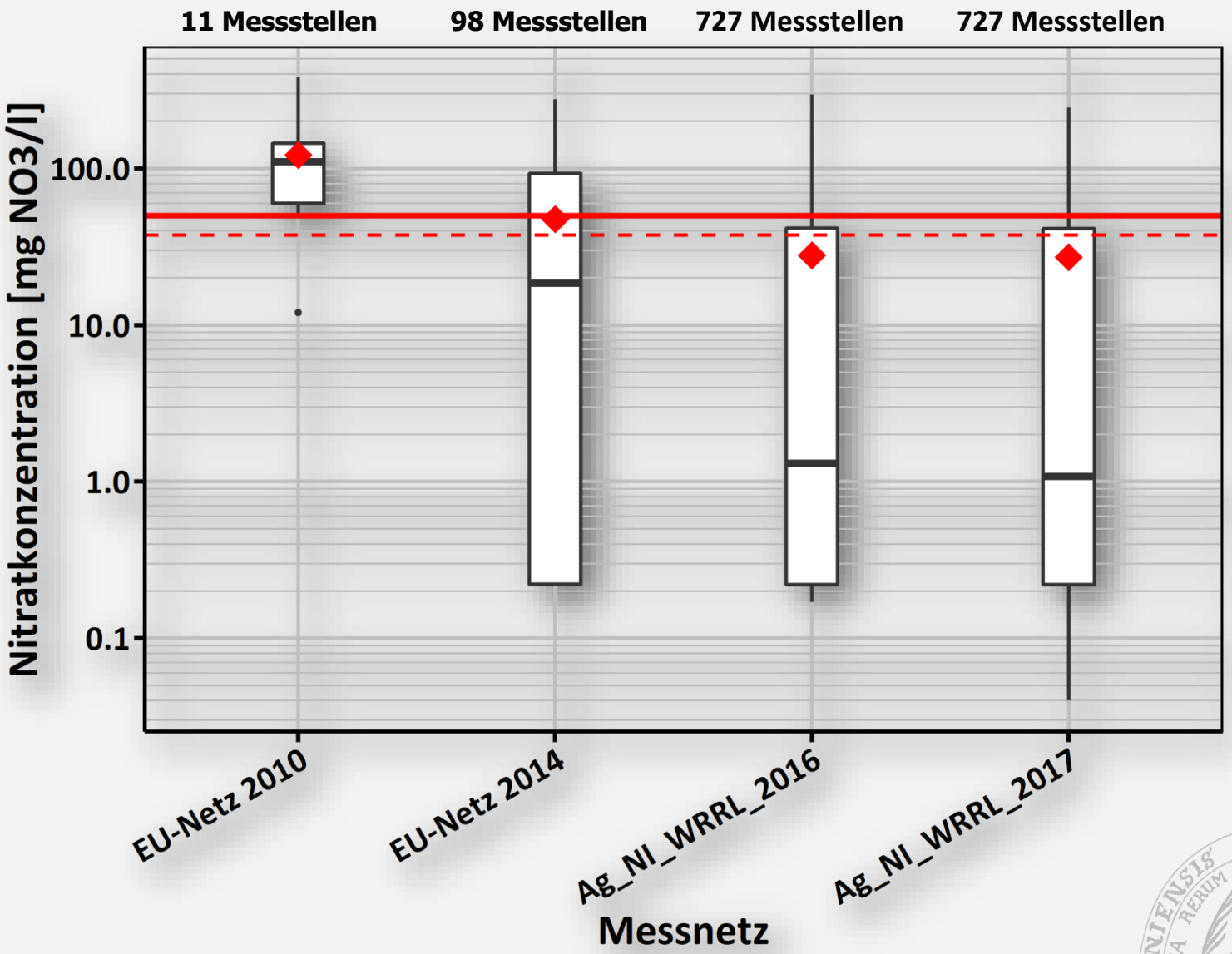
Zuordnung Landnutzung nach „corine landcover"

Vergleich der Messnetzergebnisse Niedersachsen Nitratkonzentration Grundwasser



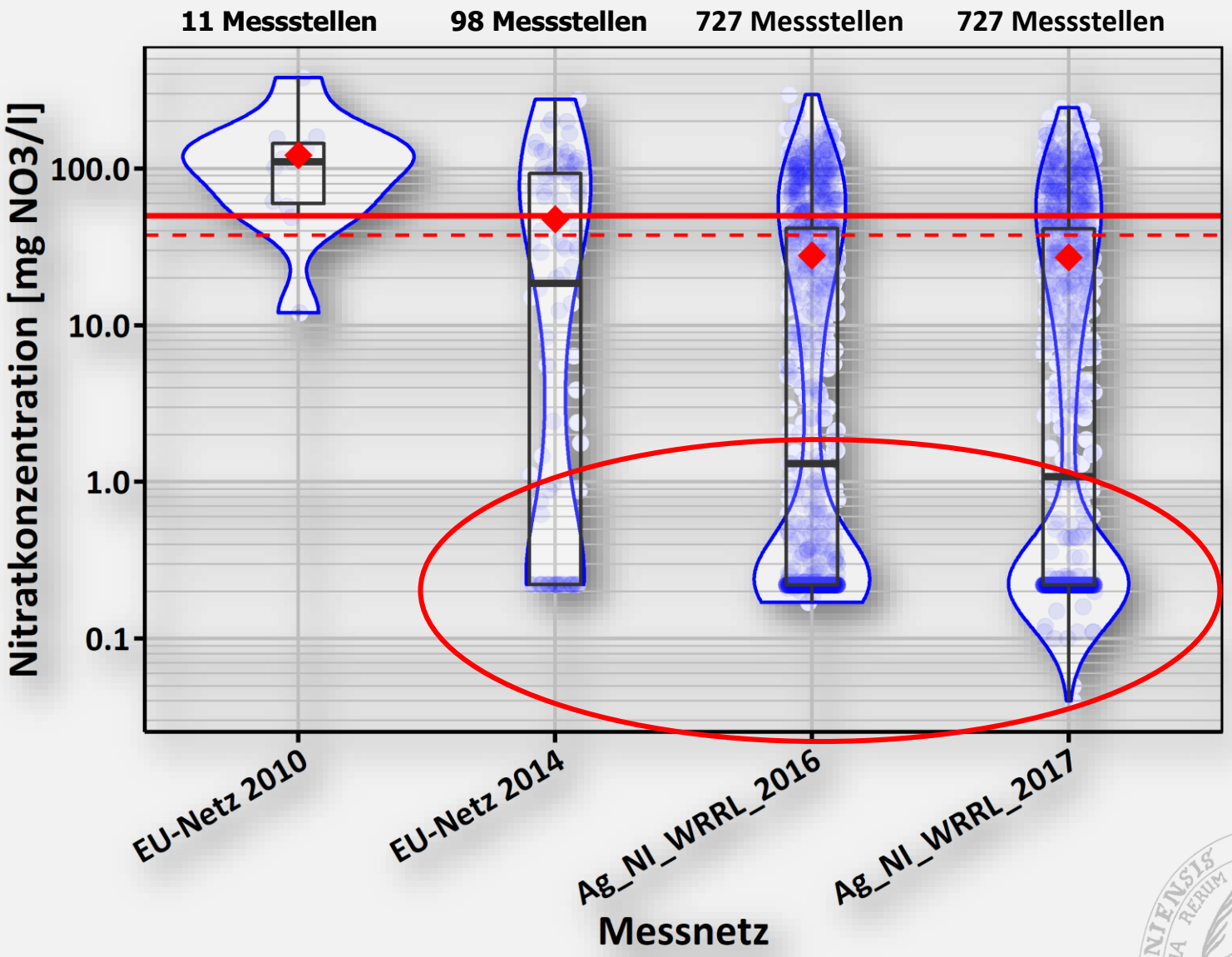
Neues EU-Messnetz repräsentativ?

Vergleich der Messnetzergebnisse Niedersachsen Nitratkonzentration Grundwasser



Logarithmische Skalierung!

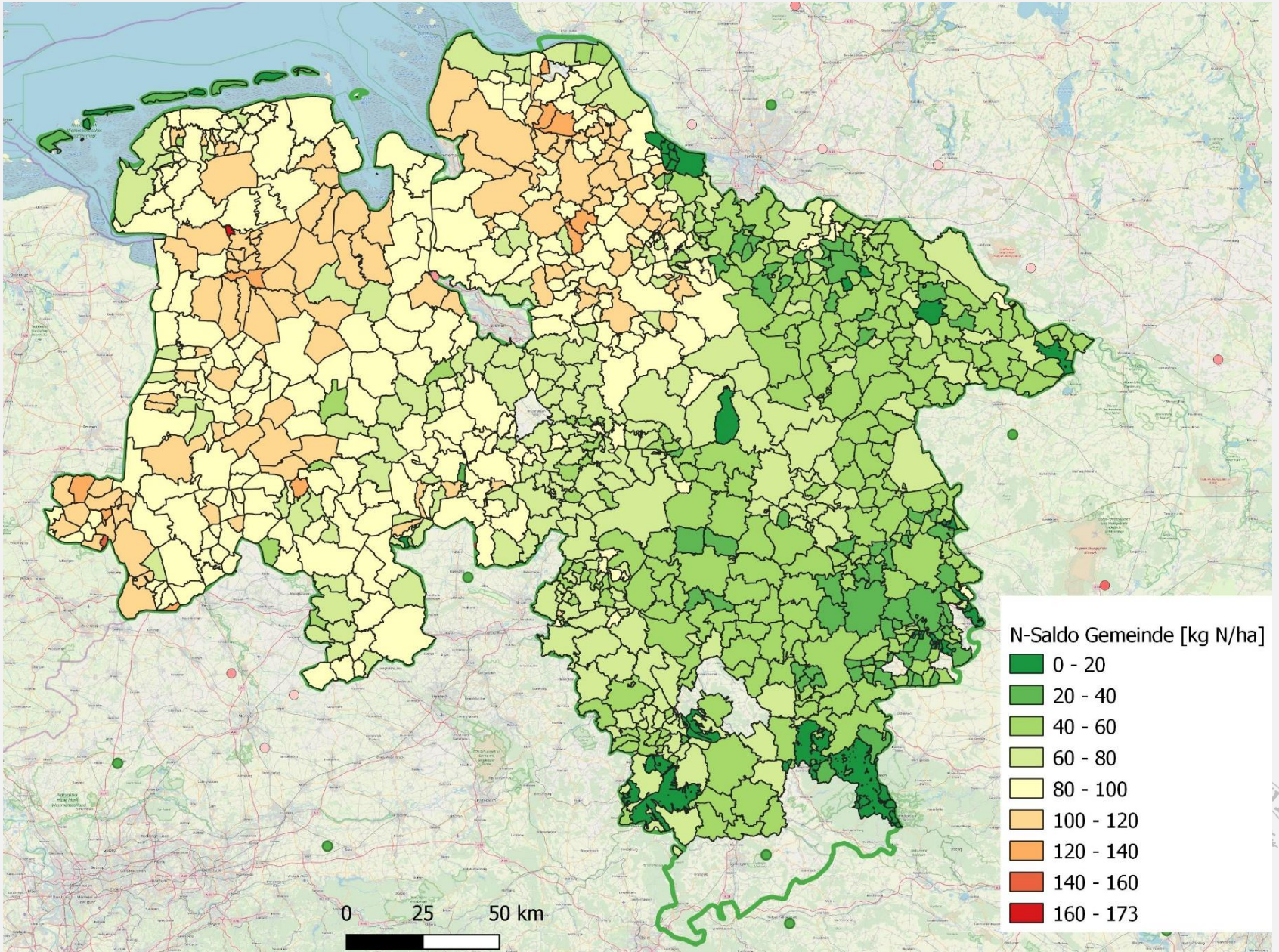
Vergleich der Messnetzergebnisse Niedersachsen Nitratkonzentration Grundwasser



Bereich niedriger Messwerte ungleich vertreten!

Stickstoffbilanzsalden (netto) auf Gemeindeebene in Niedersachsen (2017)

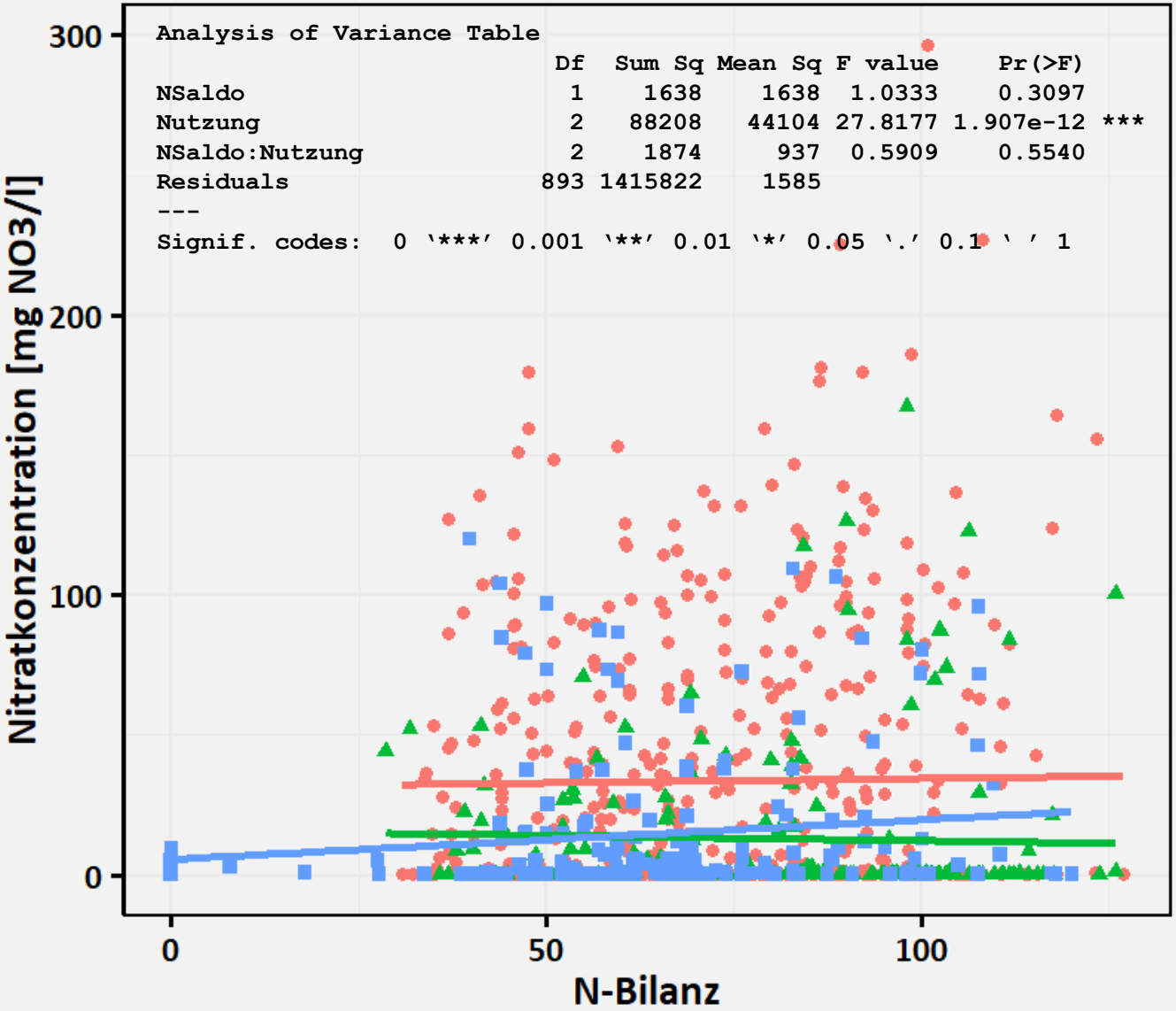
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel



Beziehung N-Bilanz Gemeinde und Nitratkonzentration Überblicksmessnetz Nds.

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

```
Analysis of Variance Table
                 Df  Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
NSaldo            1    1638    1638  1.0333    0.3097
Nutzung           2   88208   44104 27.8177 1.907e-12 ***
NSaldo:Nutzung    2    1874     937  0.5909    0.5540
Residuals       893 1415822    1585
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

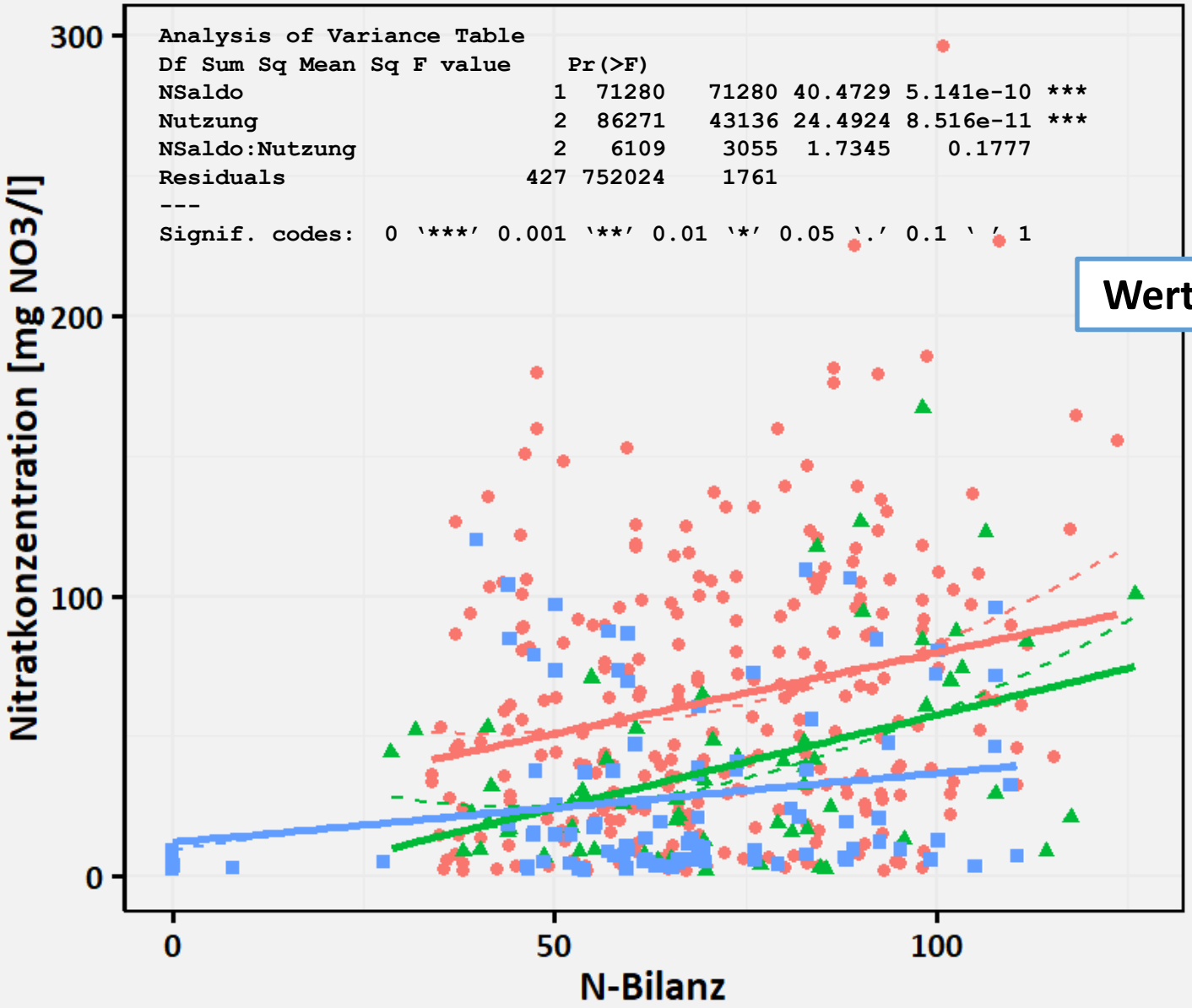


Alle Werte

Landnutzung
- Ackerland
- Grünland
- Wald

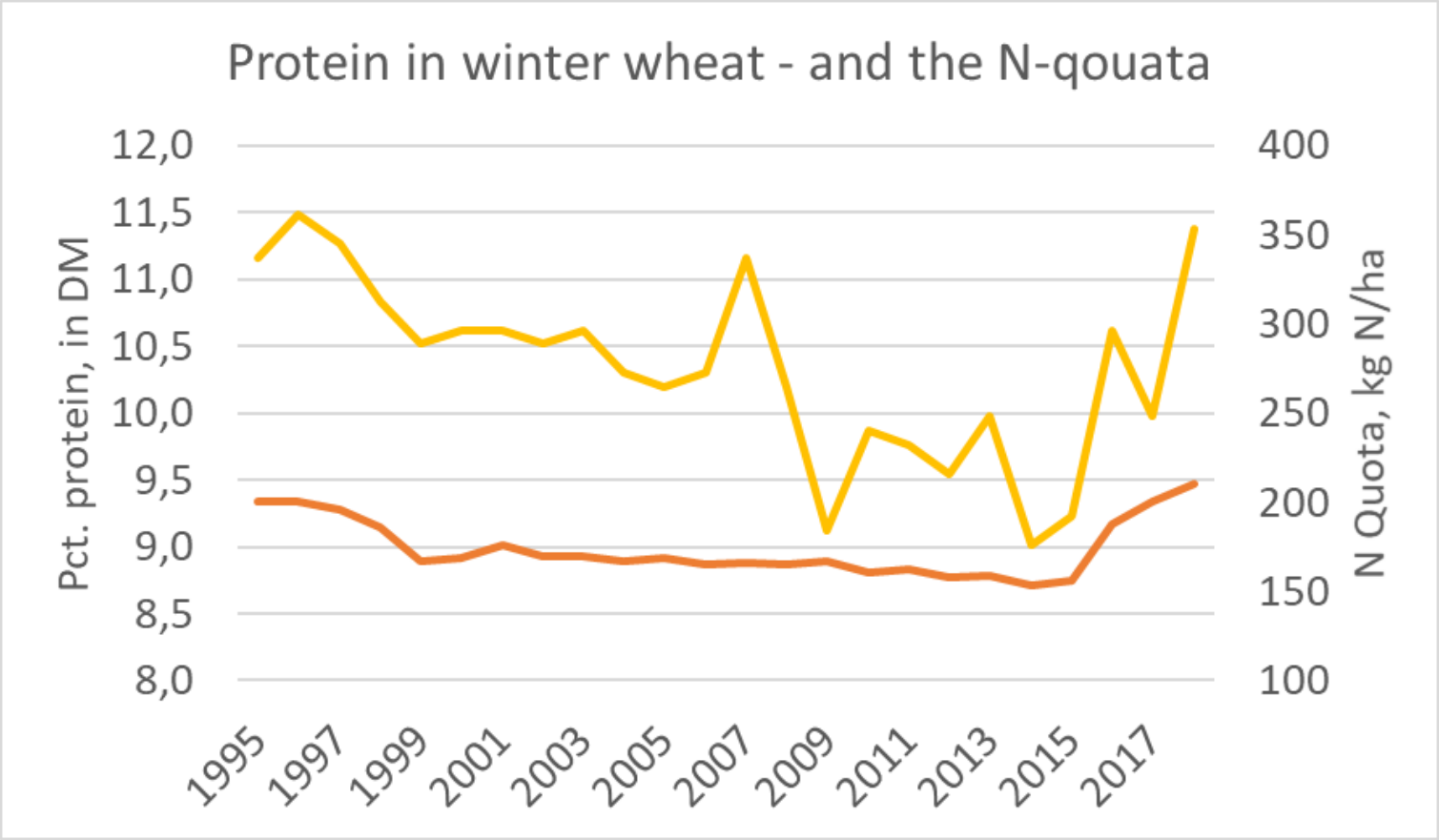
Beziehung N-Bilanz Gemeinde und Nitratkonzentration Überblicksmessnetz Nds.

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel



Werte > 2 mg NO3/l

Ein Blick nach Dänemark

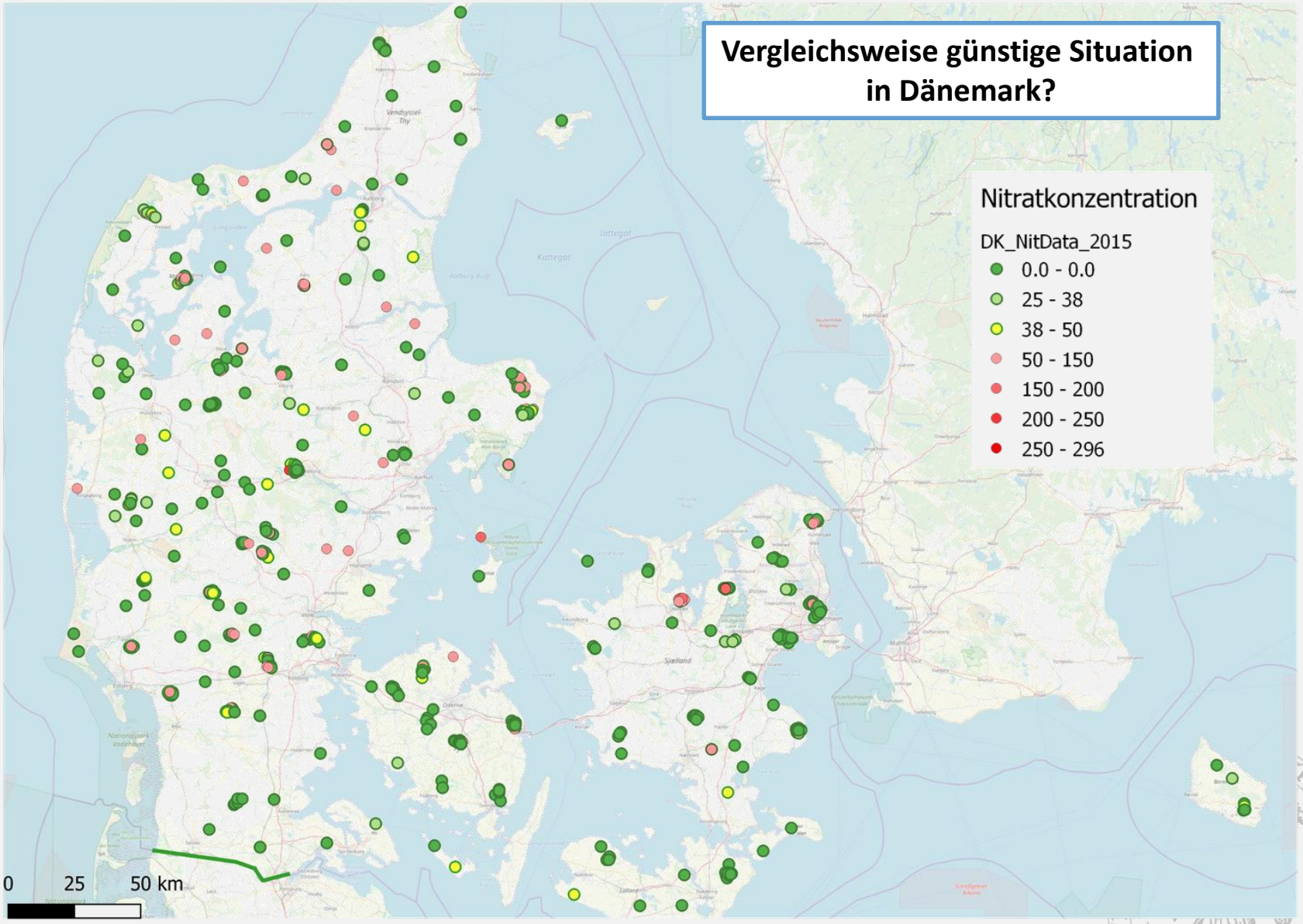


N-Quoten wieder aufgehoben
Proteinkonzentrationen steigen!

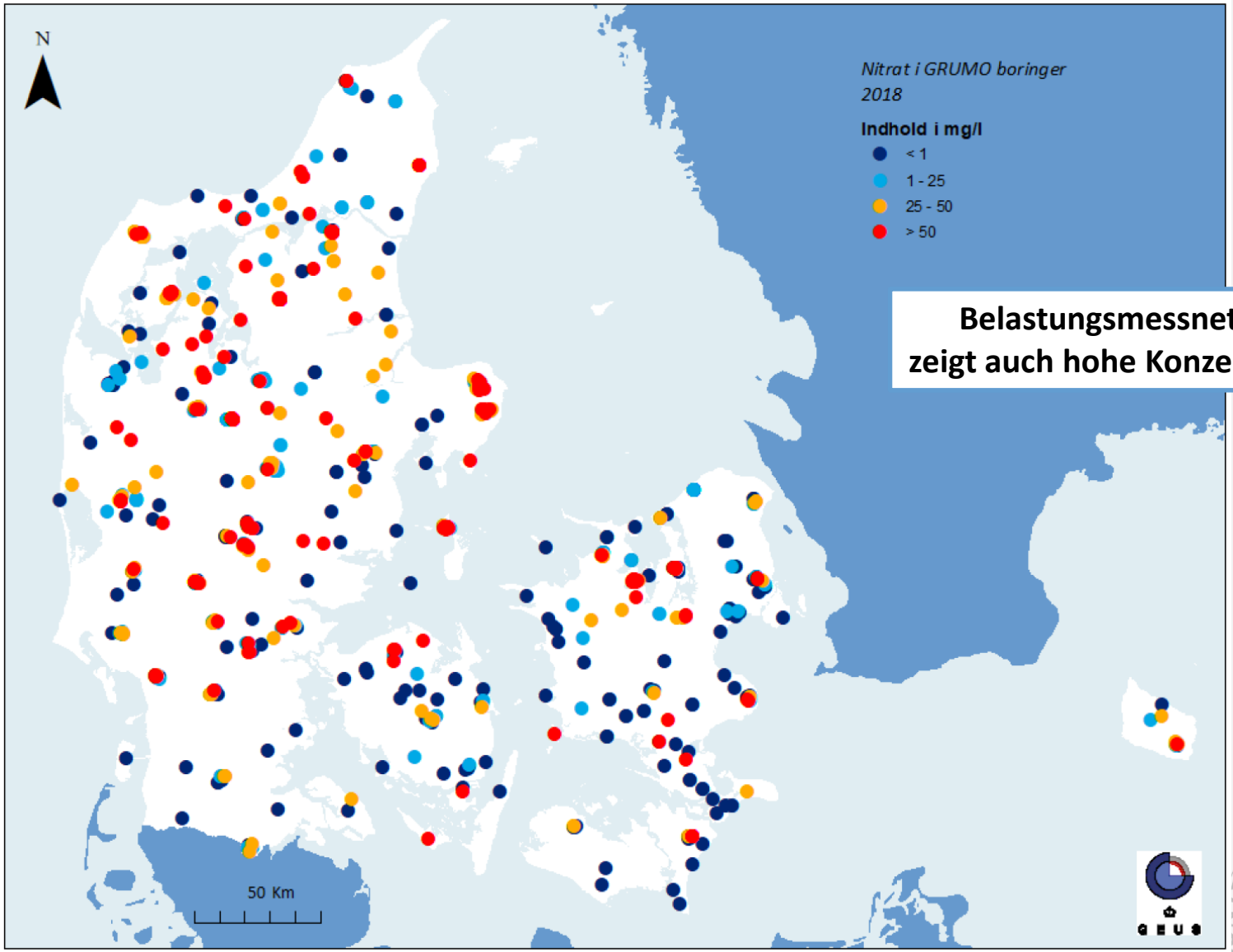
SEGES

Quelle: Leif Knudsen, SEGES

Dänemark EU-Messnetz 2015



Ergebnisse des GRUMO-Messnetzes 2018

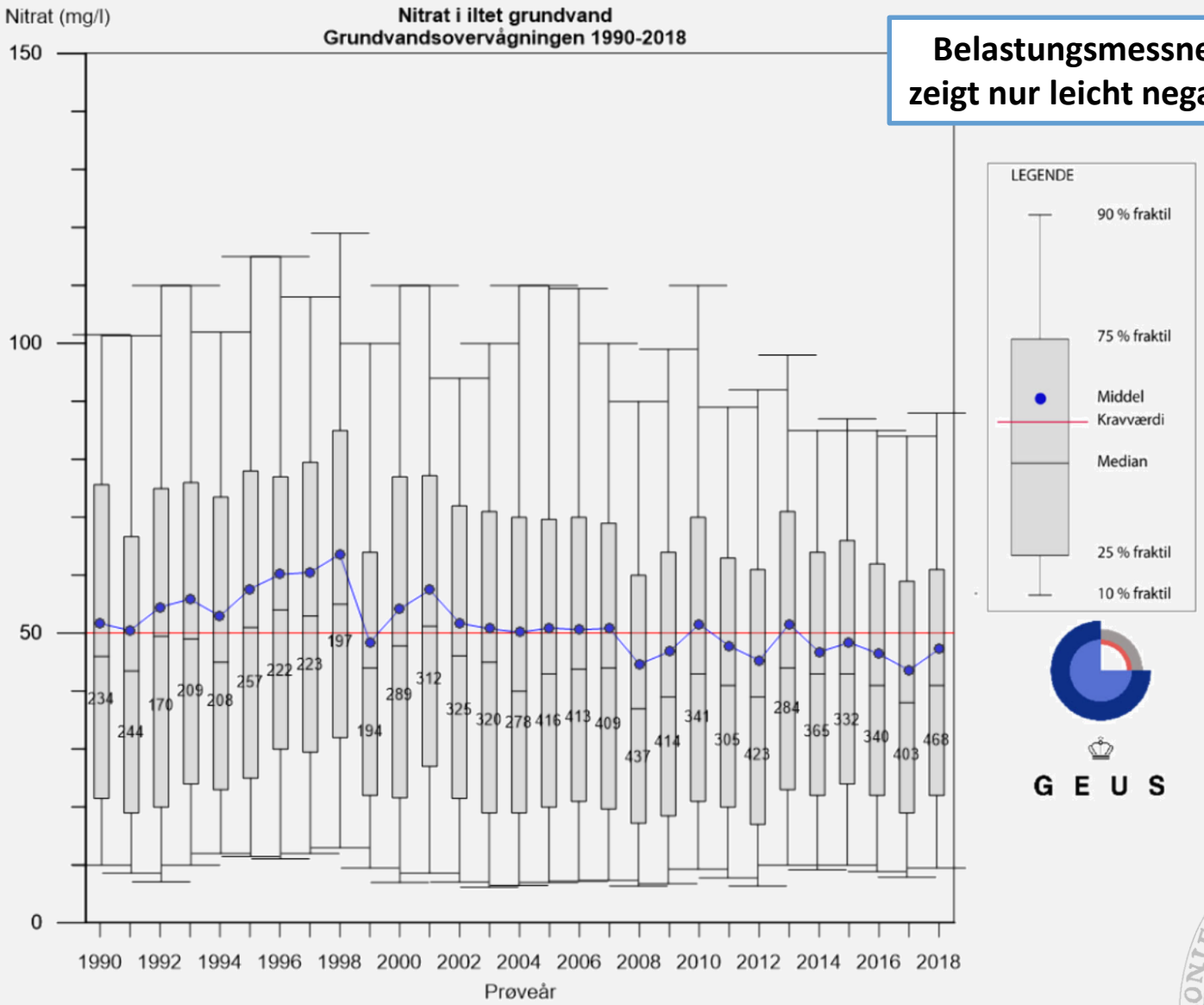


Belastungsmessnetz GRUMO zeigt auch hohe Konzentrationen an

https://www.geus.dk/media/22917/grundvand1989-2018-rettet.pdf

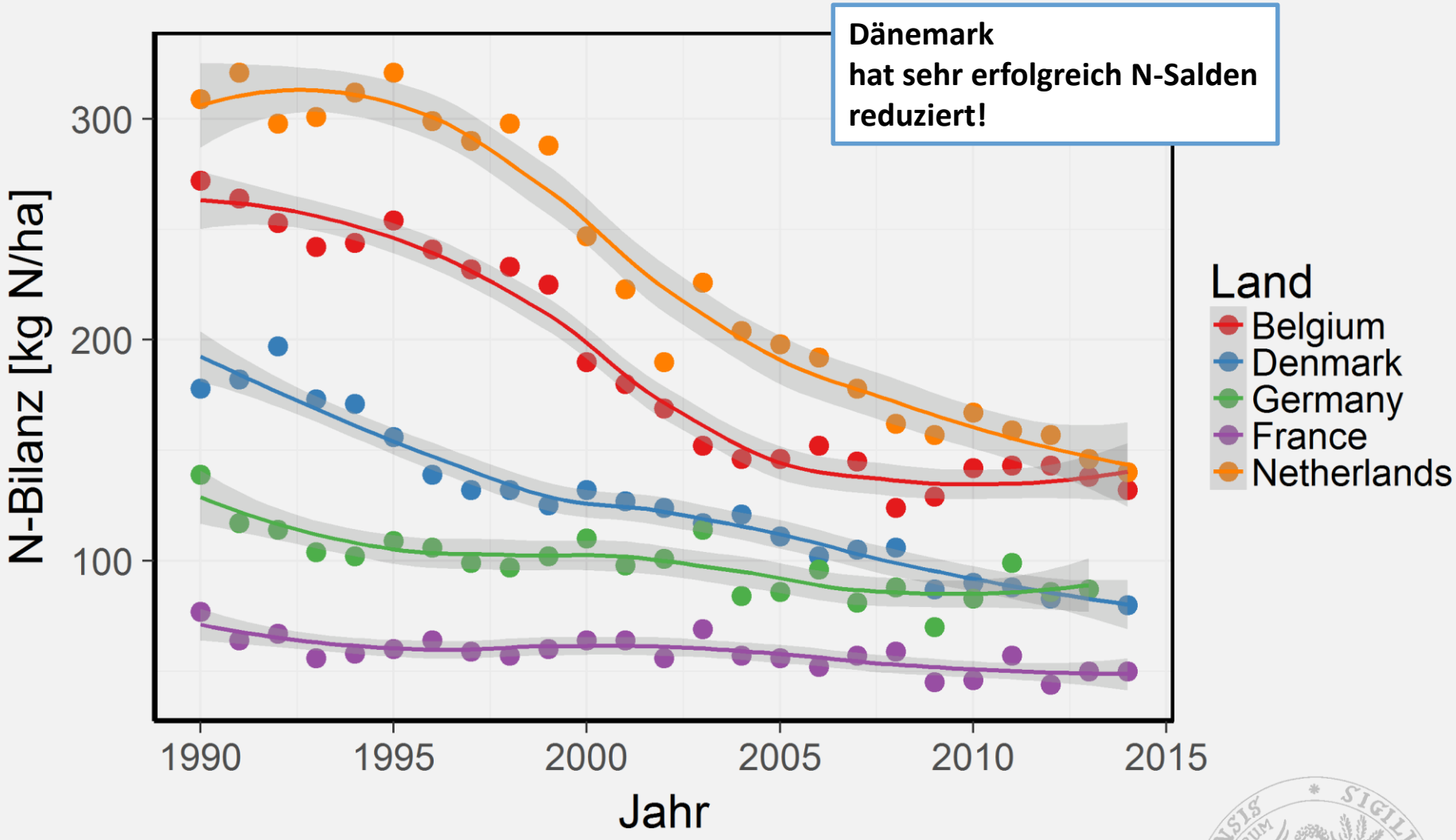
Ergebnisse des GRUMO-Messnetzes 1990-2018
Nitratkonzentrationen im oxischen Grundwasser

Belastungsmessnetz GRUMO zeigt nur leicht negativen Trend!



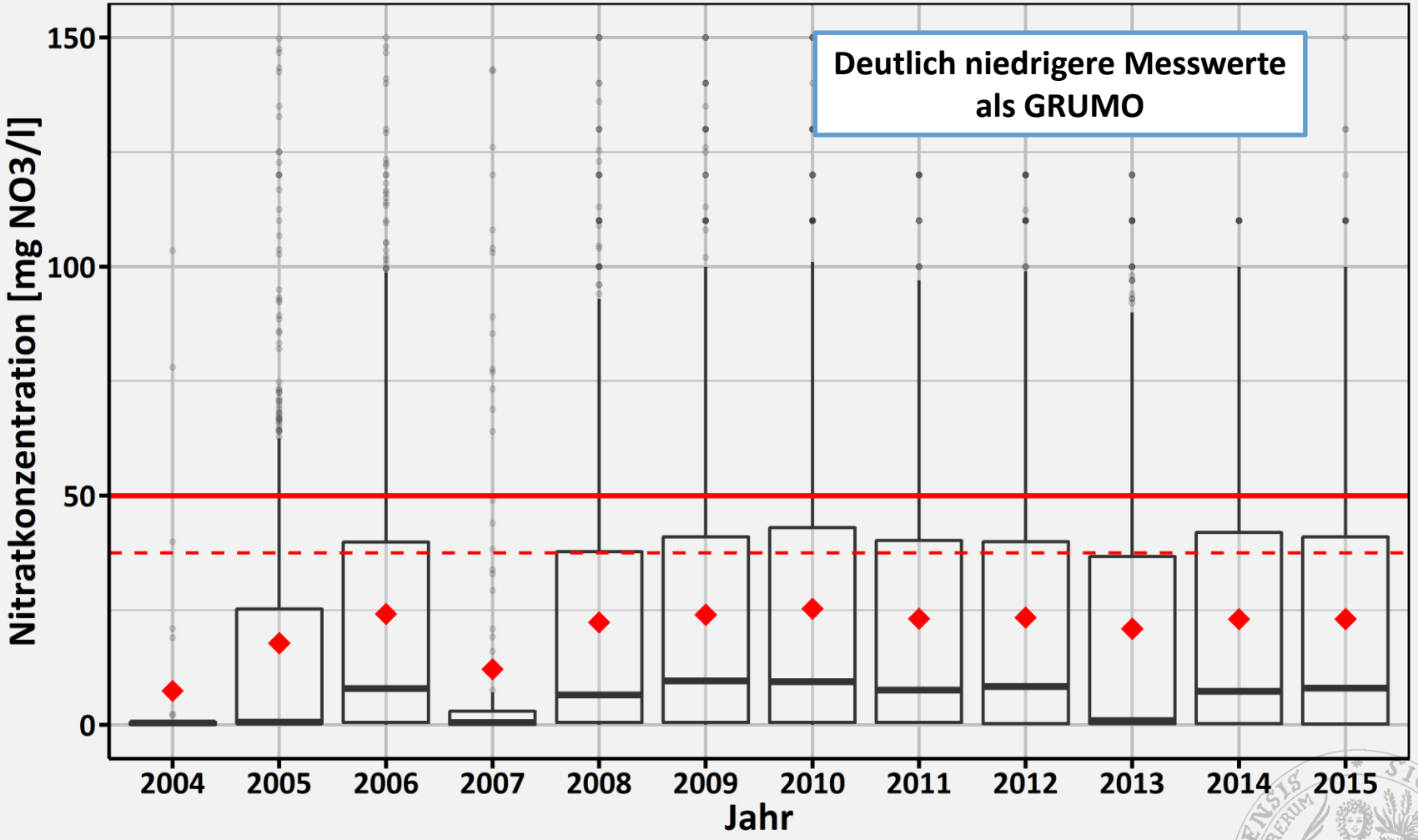
https://www.geus.dk/media/22917/grundvand1989-2018-rettet.pdf

N-Bilanzen in Europa

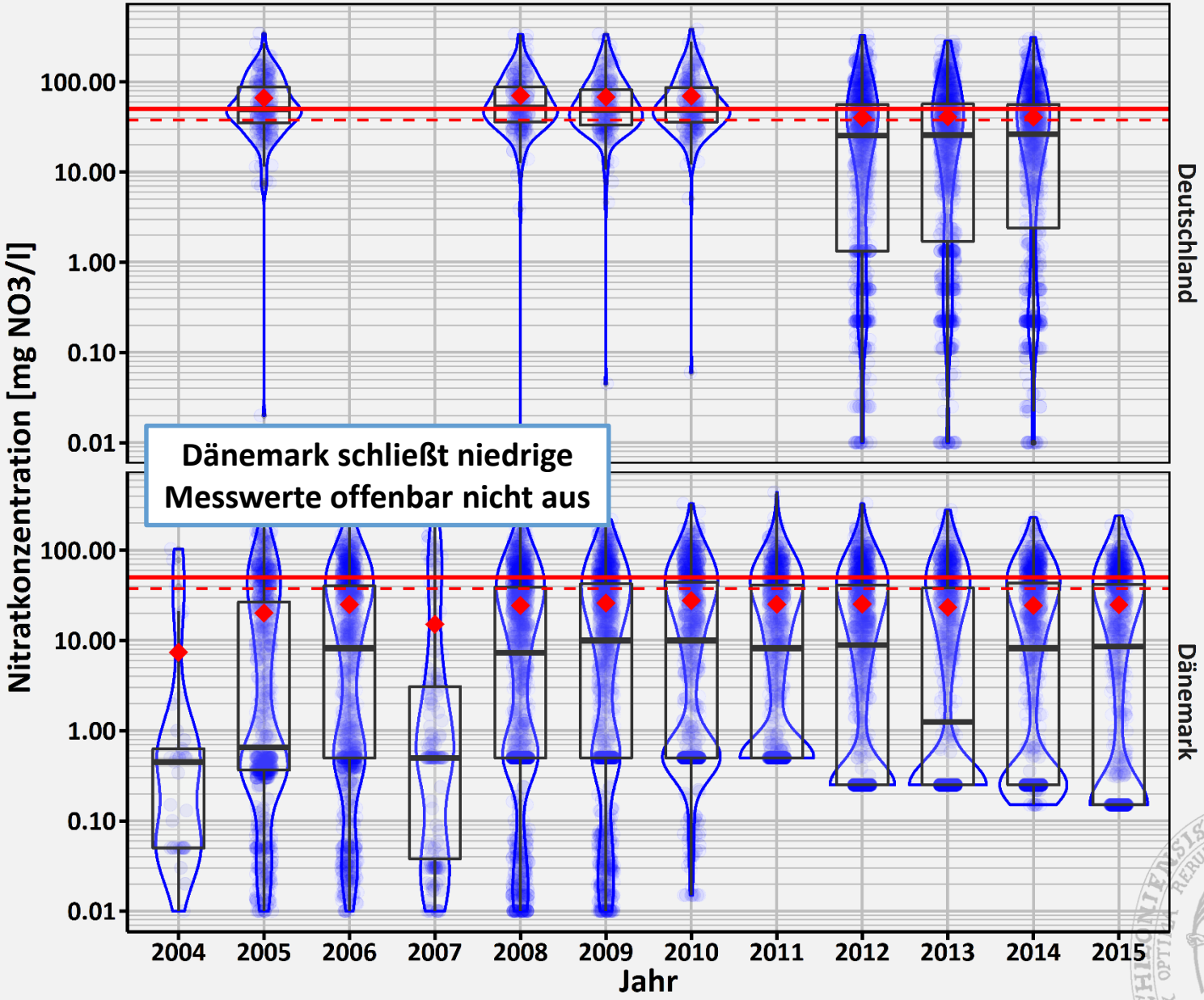


Daten: EUROSTAT

Von Dänemark an die EU gemeldete Nitratkonzentrationen

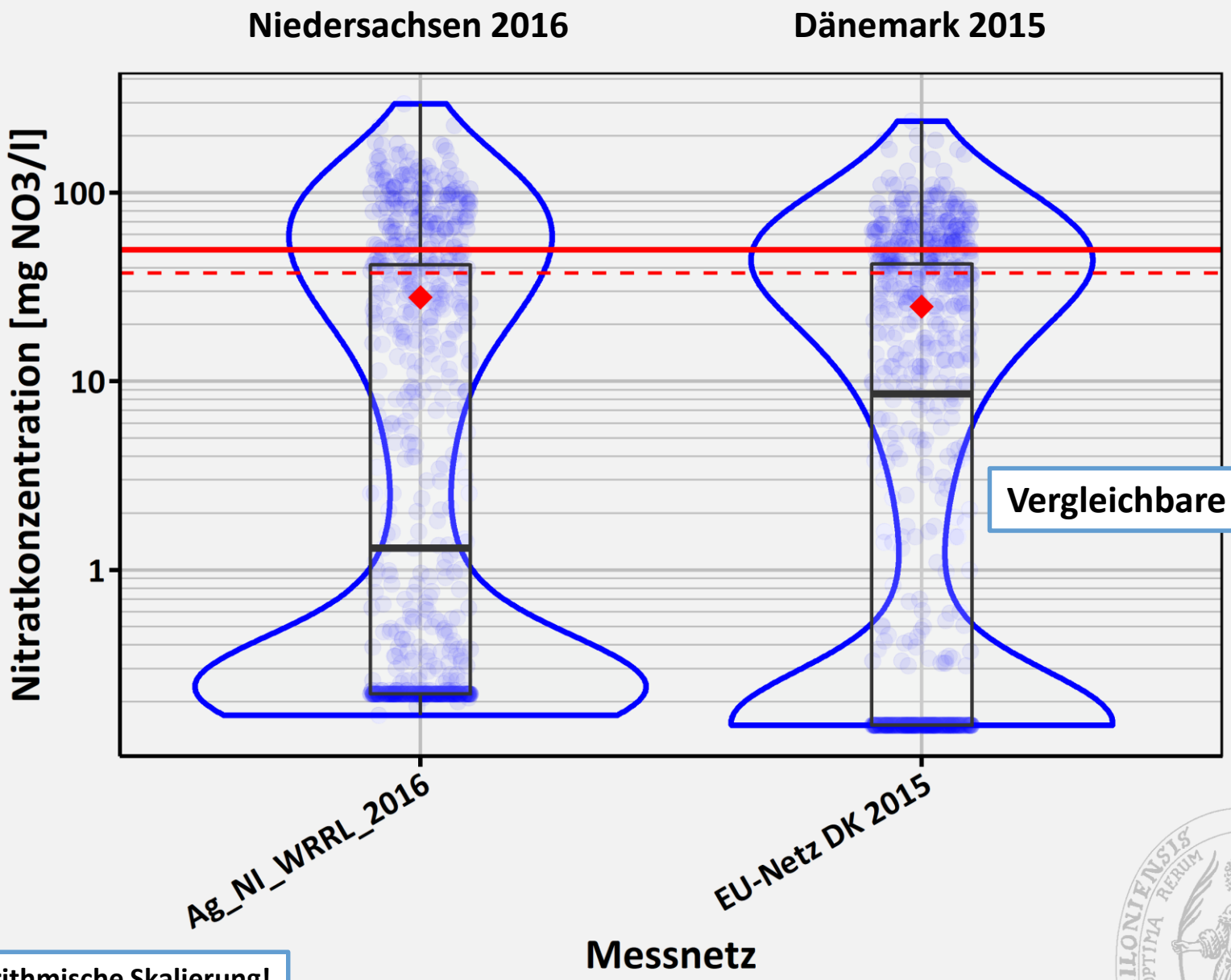


Vergleich der Meldedaten Dänemark/Deutschland



Dänemark schließt niedrige Messwerte offenbar nicht aus

Vergleich Messnetze Dänemark/Niedersachsen



Vergleichbare Situation?

Logarithmische Skalierung!

Grundwasser

- Nitratkonzentrationen lokal hoch und oft stagnierend
- Darstellung in den Medien oft irreführend
- Auch neues Berichtsmessnetz nicht repräsentativ (zumindest für Niedersachsen!)
  - Messwerte mit sehr niedrigen Nitratkonzentrationen unterrepräsentiert
  - Aus Sicht des Monitorings nachvollziehbar, aber …
- Meldet Dänemark anders?
  - Andere EU-Staaten?
- Entwicklung der Nitratkonzentrationen in Dänemark nur leicht sinkend bis stagnierend, N-Bilanzen reagieren deutlicher
- Nitratmessnetze als Evaluierungswerkzeug für N-Effizienz geeignet?
- Dänemark hat N-Quotierung mit Zwischenfruchtverpflichtung getauscht

Gliederung

- Ertragstrends & Klimawandel
- Stickstoffüberschüsse in der Landwirtschaft
- Nitratkonzentrationen im Grundwasser
- **Evaluierung DüV und DüV-20%**
- Bewertung von Maßnahmen
- Schlussfolgerungen

Evaluierung Wirkung DüV und 20%-Reduktion

- **Zwei Datensätze**
  - **„Bundesweiter“ Datensatz**
  - **Stickstoffsteigerungsversuch (N-Versuch) Hohenschulen**

2 Wirkungspfade der Düngevorordnung 2017

(Beispiel Marktfruchtbetriebe mit Rapsfruchtfolgen)

- **Vorgaben zur Düngung**

Beispiel Mecklenburg	Rapsweizen	Stoppelweizen
Düngung jetzt	220	238
Ertrag (dt/ha)	78	72
Bedarfswert bei 80 (dt/ha)	230	230
Nmin (0-90cm!)	30	30
Korrektur Ertragsniveau	0	0
Korrektur Vorfrucht	-10	0
Düngung nach DüV	190	200
Differenz	-30	-38

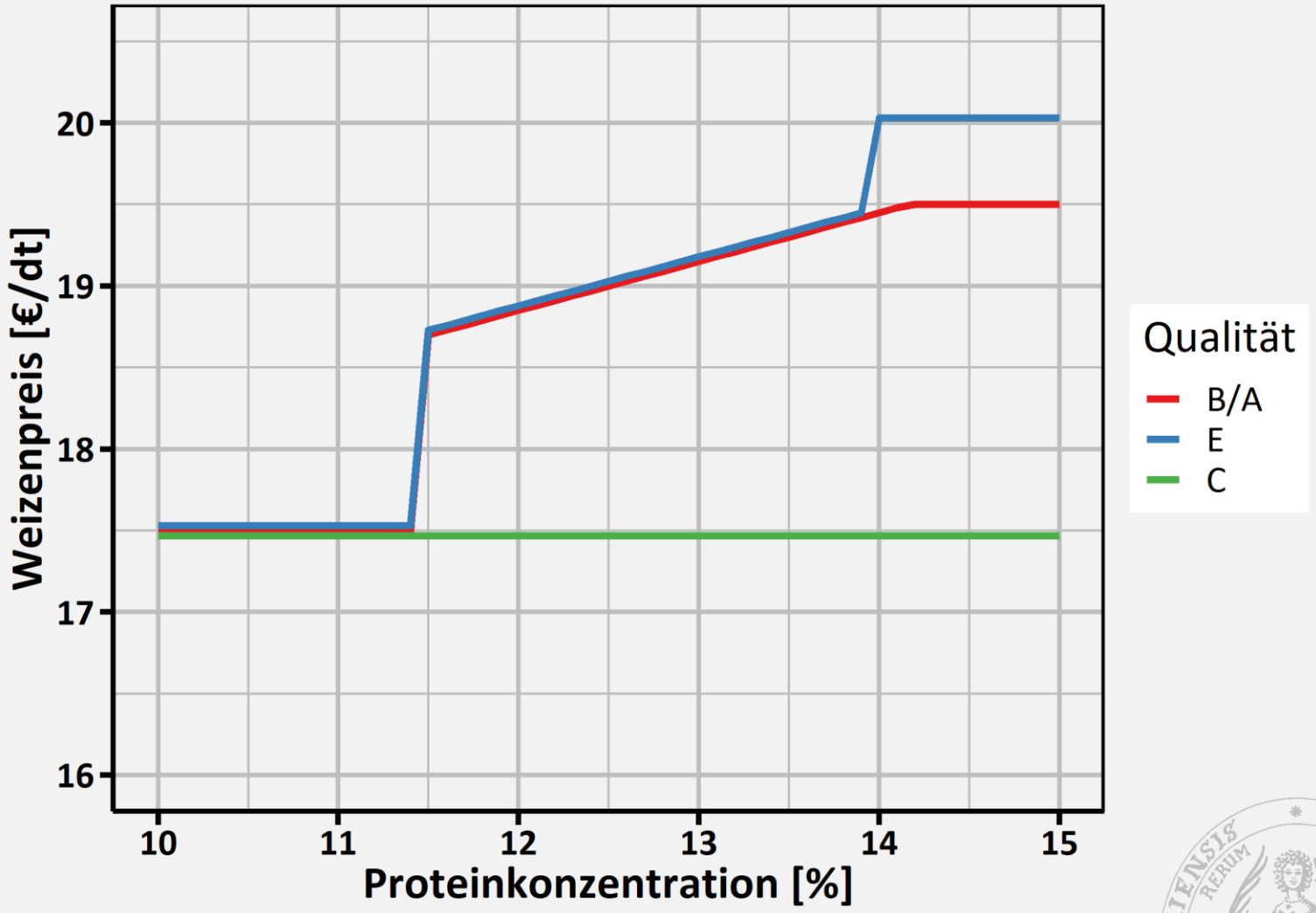
- **Einhaltung des betrieblichen N-Saldos**
  - Ist: 80 kg N/ha (Rapsfruchtfolgen)
  - Soll: 50 kg N/ha
  - ***Differenz: 30 kg N/ha***

„Bundesweiter“ Datensatz

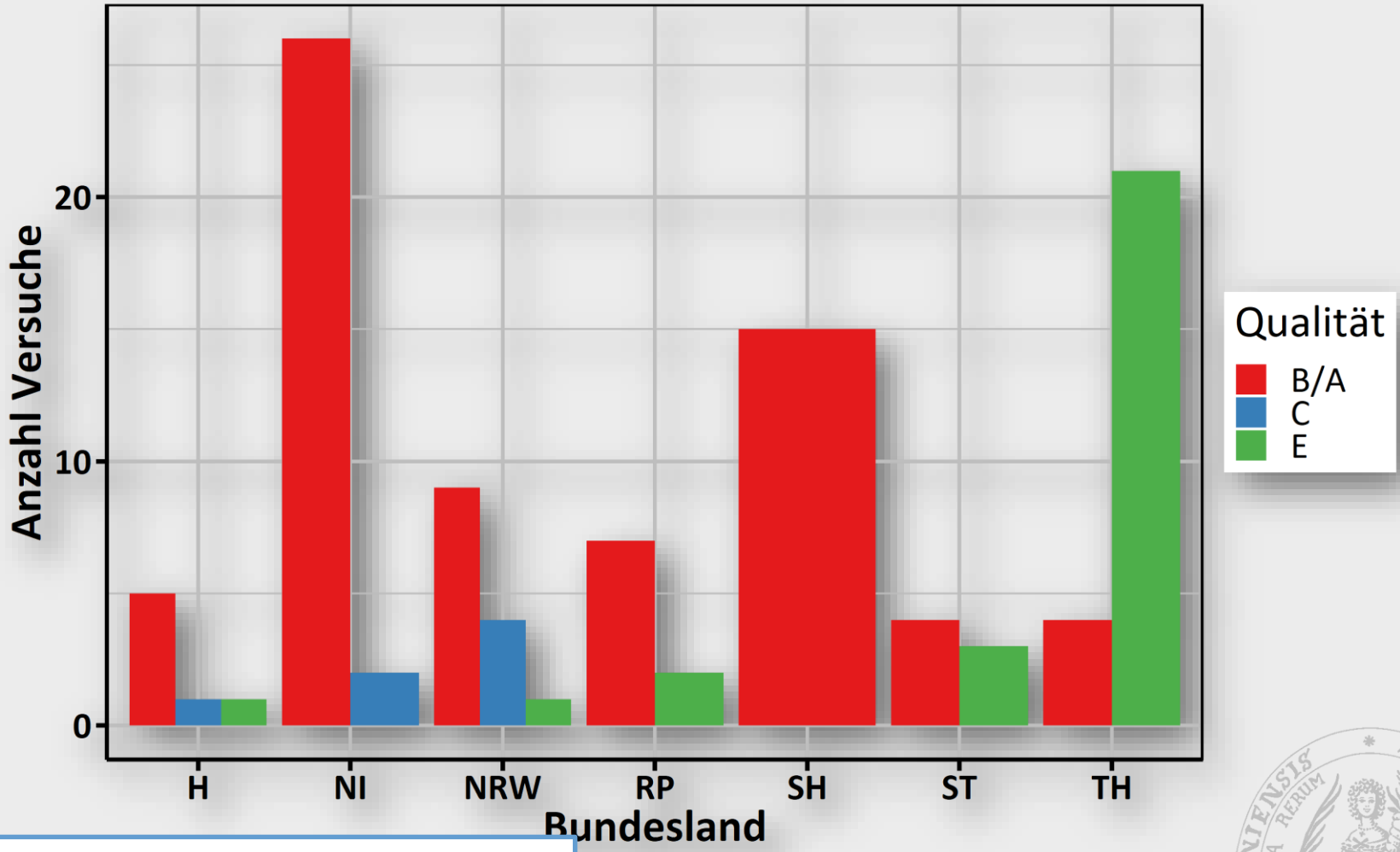
- **Datensatz**
  - **„DBU-Projekt“**
  - **105 N-Steigerungsversuche**
- **3 Düngungsszenarien**
  - ***ex post* bestimmtes Nopt (Yopt)**
    (im Nachhinein das ökonomische Optimum bestimmt)
    - **maximale N-Kosten freie Leistung (NKFL) (Nopt), für jeden Versuch einzeln**
  - **DüV**
    - **Düngung nach DüV 2017**
  - **DüV_20**
    - **Düngung nach Düv 2017 minus 20%**
- **Preis-/Qualitätsklassen**
  - **Abstufung E, B/A und C**

gefördert durch DBU Deutsche Bundesstiftung Umwelt

Preisannahmen

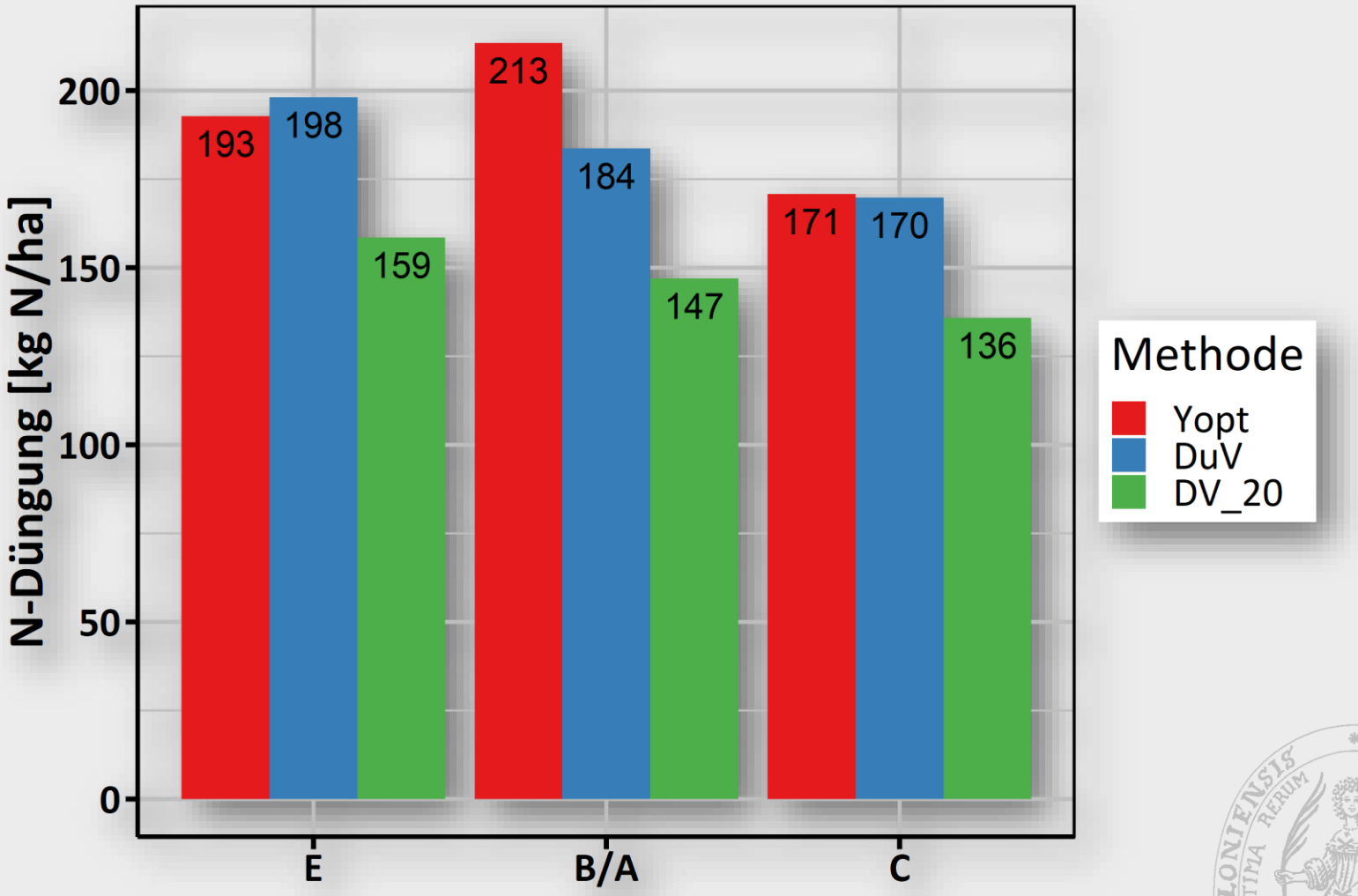


Regionale Verteilung und Qualitäten

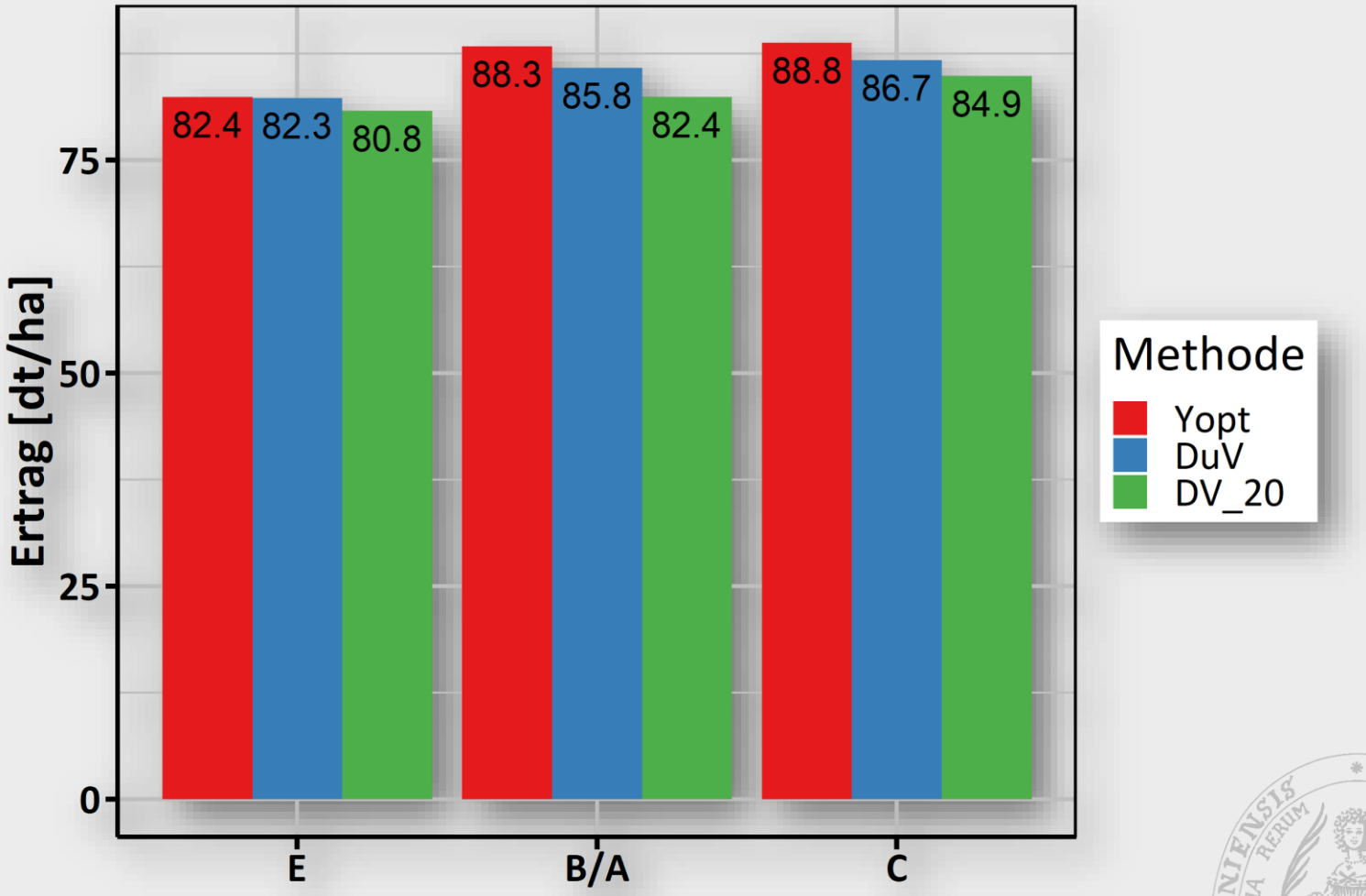


B/A Backweizen überrepräsentiert!
Keine Versuche aus MV, Sachsen, Bayern, ..

Düngungshöhe



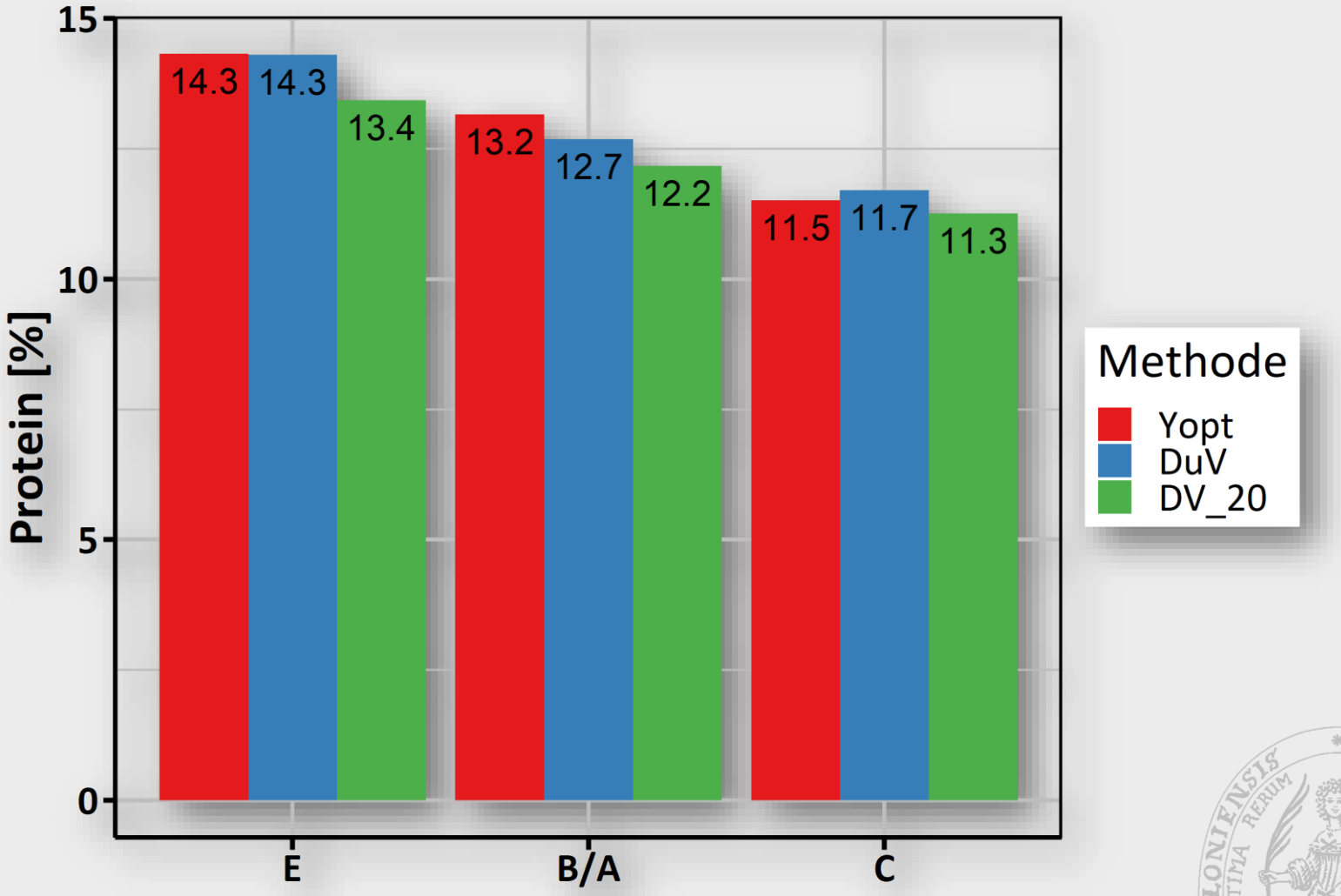
Ertrag



ex post

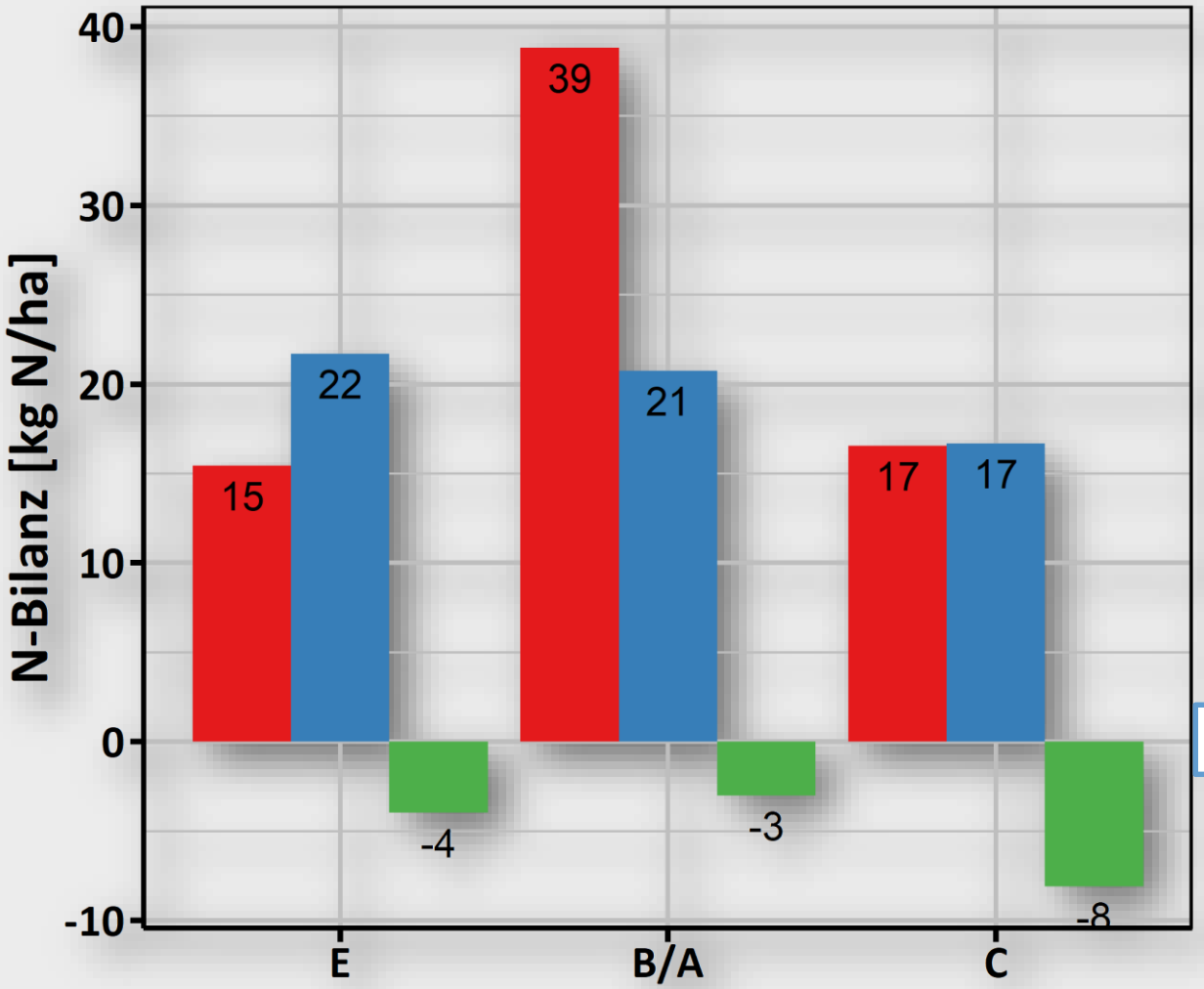
10% Abschlag von Parzellenerträgen!

Rohprotein



ex post

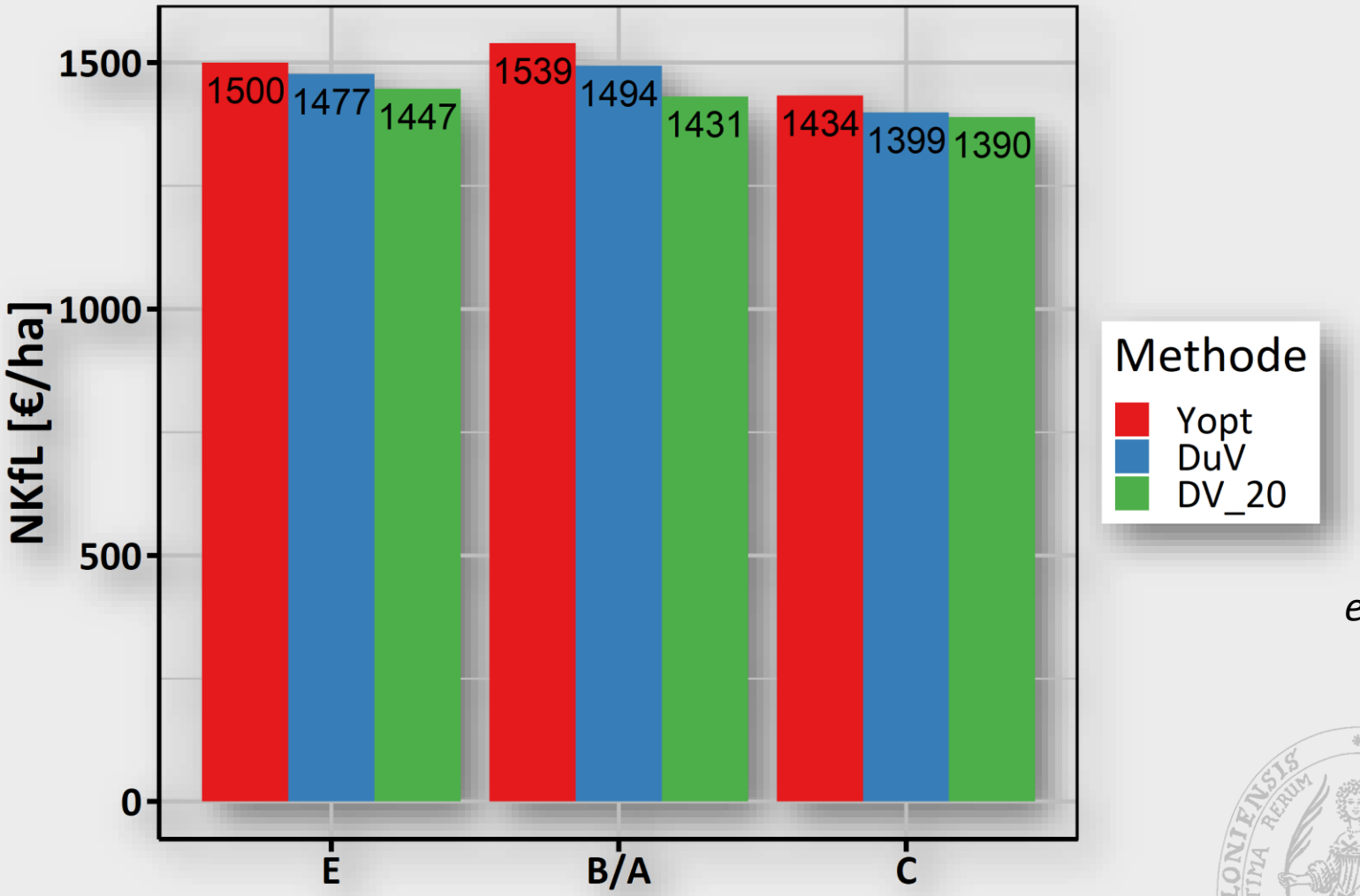
N-Bilanz



ex post

10% Abschlag bei Erträgen!

N-kostenfrei Leistung (NKfL)



ex post

Evaluierung DüV “bundesweiter” Datensatz

- **Vorgaben DüV**
  - **Bedarfswerte incl. Ertragsfaktor**
    - **B/A Weizen: Unter ökonomischem Optimum**
    - **E Weizen: Über ökonomischem Optimum**
    - **C Weizen: Geringe Abweichungen**

➢ **A/B-Weizen: Leichter Ertrags- und Proteinrückgang**

- **Bei DüV-20 % (Rote Gebiete)**
    - **B/A Weizen: Deutliche Effekte auf Ertrag und Rohprotein**
    - **E Weizen: Geringe Effekte weil Bedarfswert überhöht**
    - **C Weizen: Deutliche Ertragseffekte**
  - **Monetärer Effekt ca. 100 €/ha**
  - **Negative N-Bilanzen bei -20%!**
- **Einjährige Versuche!**

N-Versuch Hohenschulen

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

- **Versuchsanlage**
  - **Prüffrüchte**
    - **Winterweizen, (Wintergerste)**
  - **Vorfrucht**
    - **Raps, reduziert gedüngt bis 2015**
    - **Ackerbohnen seit 2016**
  - **3 N-Gaben**
    - **Jeweils 0, 40, 80, 120 kg N/ha**
    - **Gesamt-N 0-360 kg N/ha**
  - **Mit diesem N-Muster seit 2003**

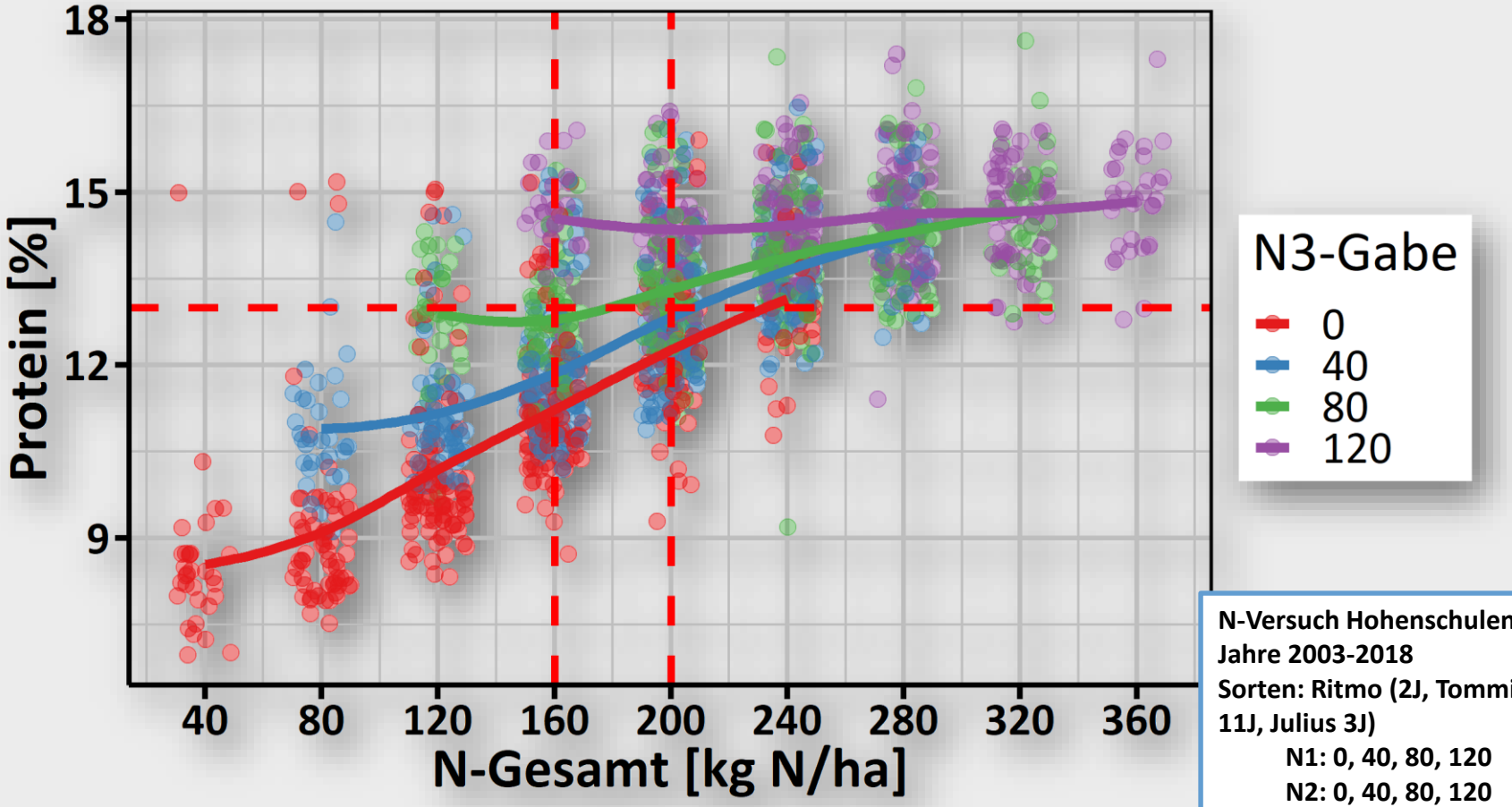
Hochertragsstandort!

Foto: Sieling

Proteinkonzentration als Funktion der N-Düngung

N-Versuch Hohenschulen 2003-2018

Protein retten ist möglich, aber …



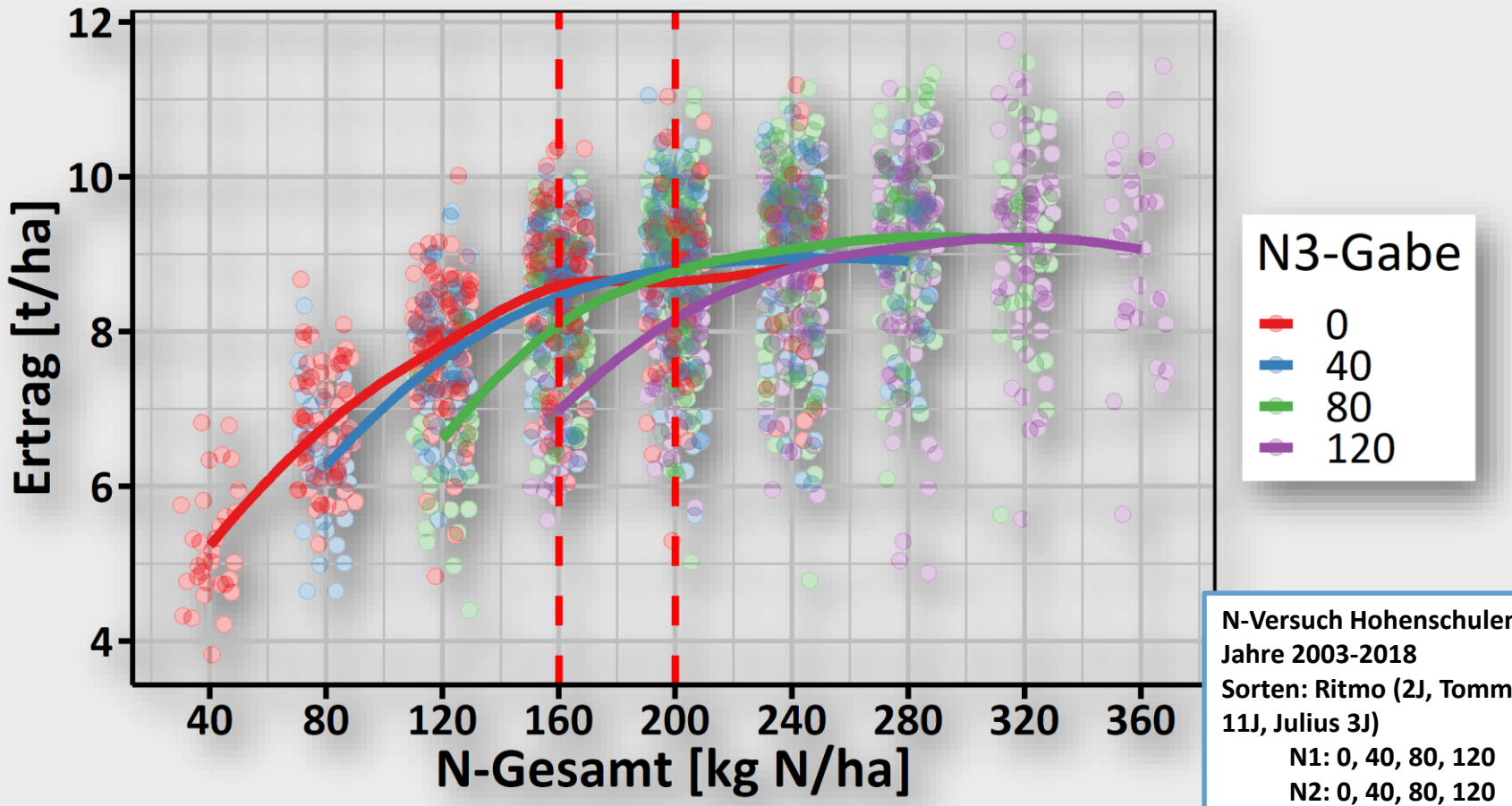
N-Versuch Hohenschulen
Jahre 2003-2018
Sorten: Ritmo (2J, Tommi 11J, Julius 3J)
N1: 0, 40, 80, 120
N2: 0, 40, 80, 120
N3: 0, 40, 80, 120

2046 Parzellendaten

Ertrag als Funktion der N-Düngung

N-Versuch Hohenschulen 2003-2018

kostet weiteren Ertrag



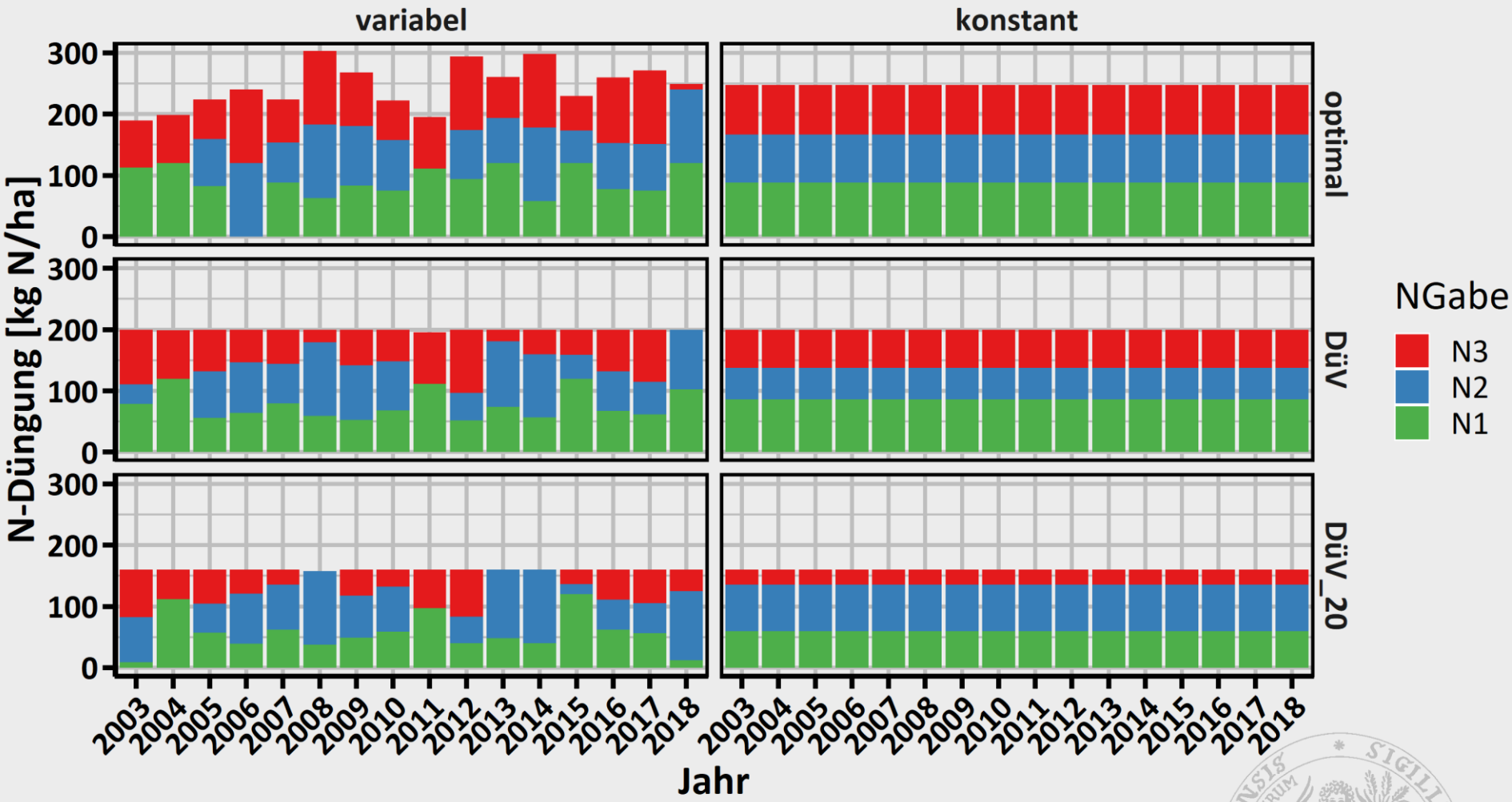
N-Versuch Hohenschulen
Jahre 2003-2018
Sorten: Ritmo (2J, Tommi 11J, Julius 3J)
N1: 0, 40, 80, 120
N2: 0, 40, 80, 120
N3: 0, 40, 80, 120

2046 Parzellendaten

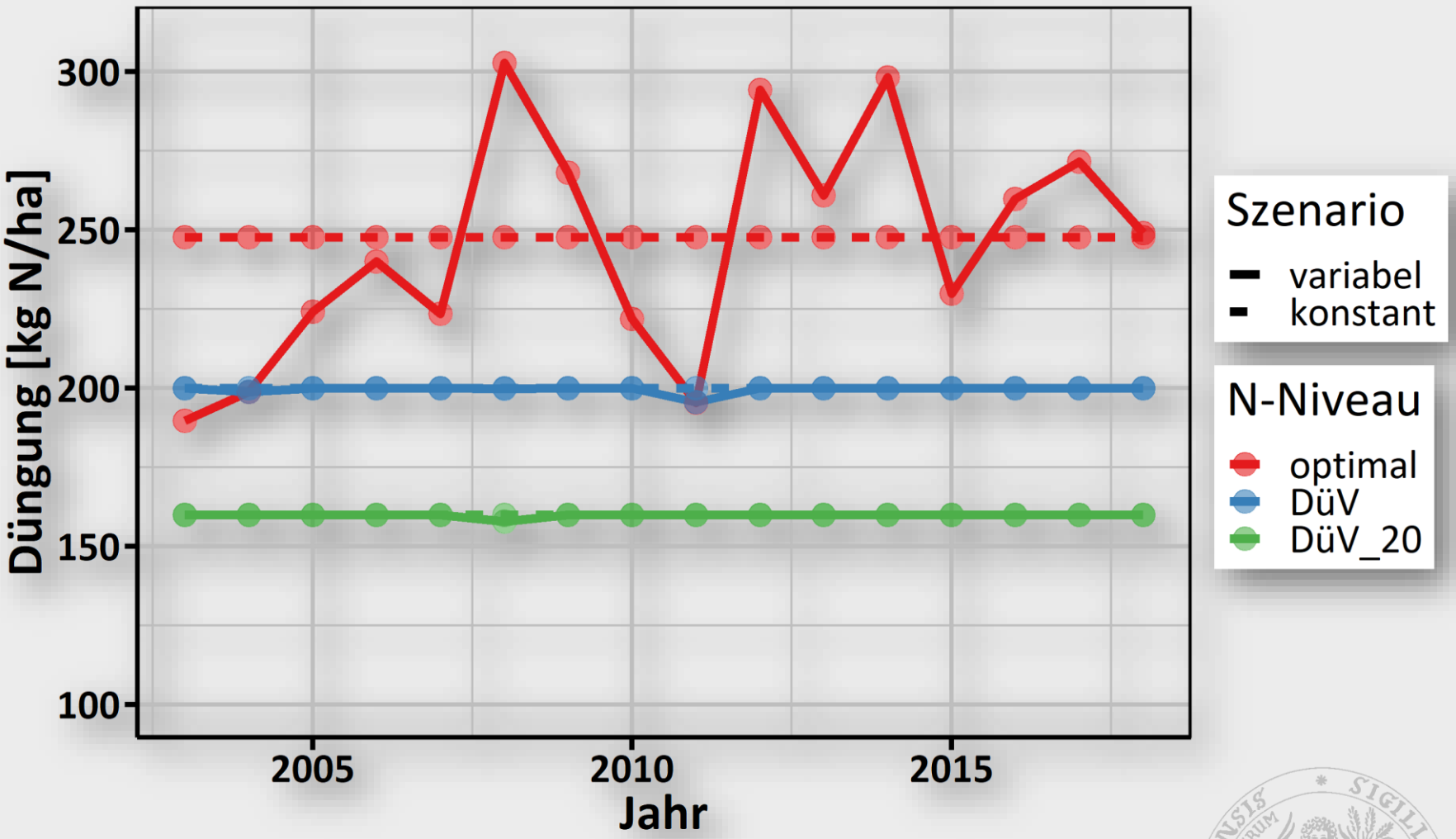
Auswertungsannahmen

- **N-Niveau**
  - Ökonomisch optimal
  - Düngeverordnung 2017 (DüV)
  - Düngeverordnung 2017- 20% (DüV_20)
- **Szenarien**
  - Variabel (*ex post*)
  - Konstant (*ex ante*)
- **Preisannahmen**
  - N: 0.7 €/kg N
  - A-Weizen <- 195 €/dt
  - B-Weizen <- 185 €/dt
  - C-Weizen <- 175 €/dt

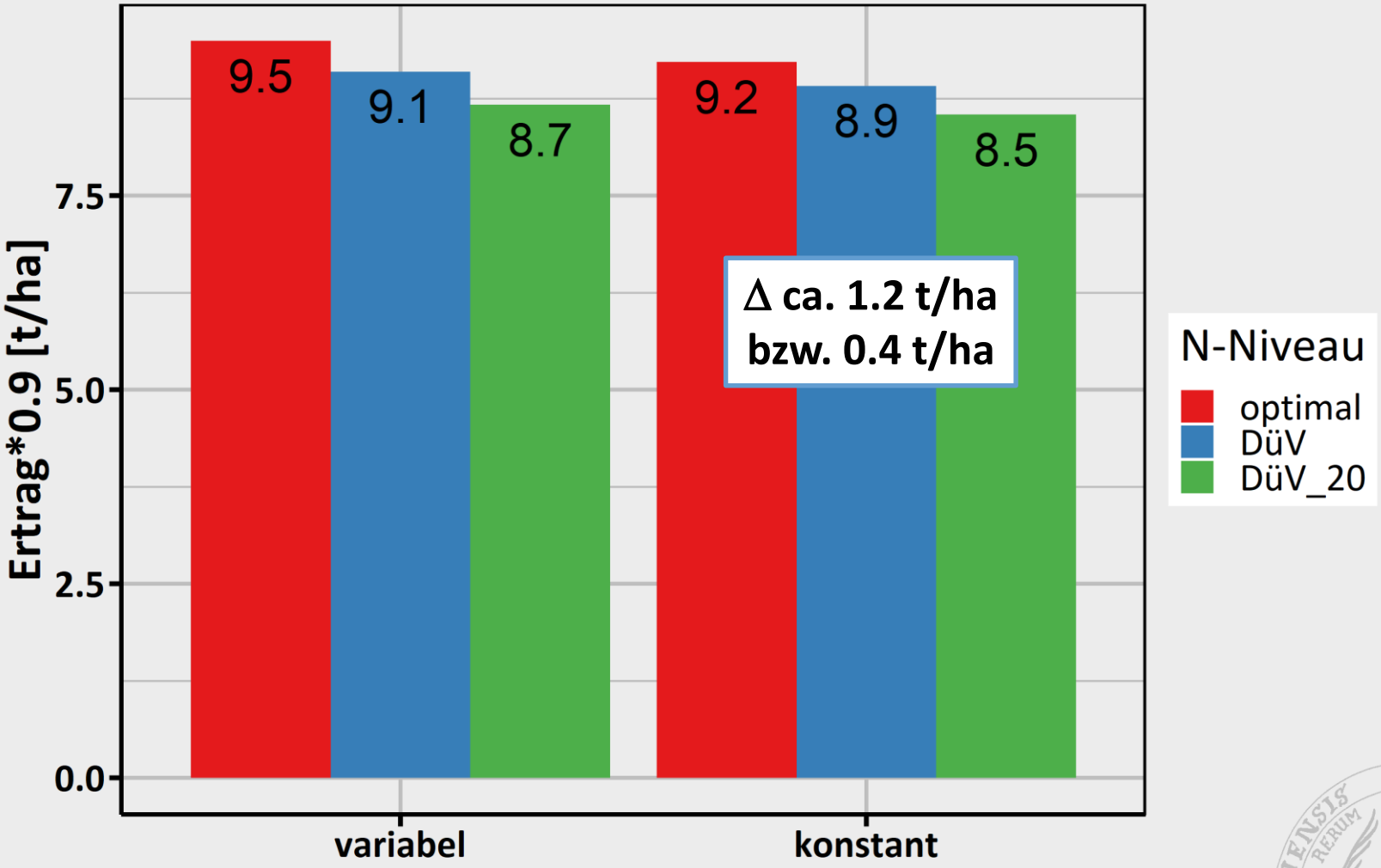
Düngeszenarien N-Versuch Hohenschulen
N-Verteilung



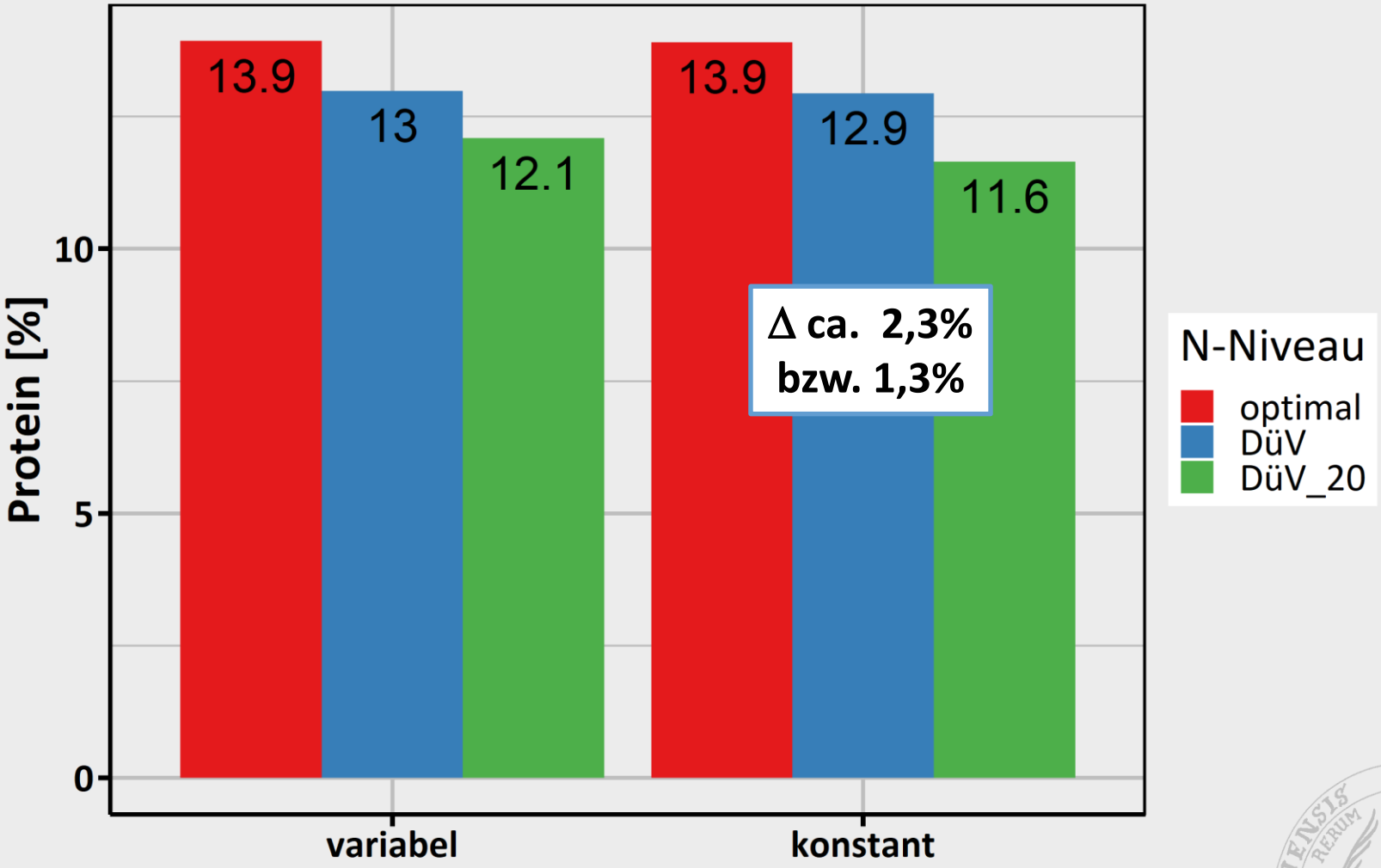
Düngeszenarien N-Versuch Hohenschulen



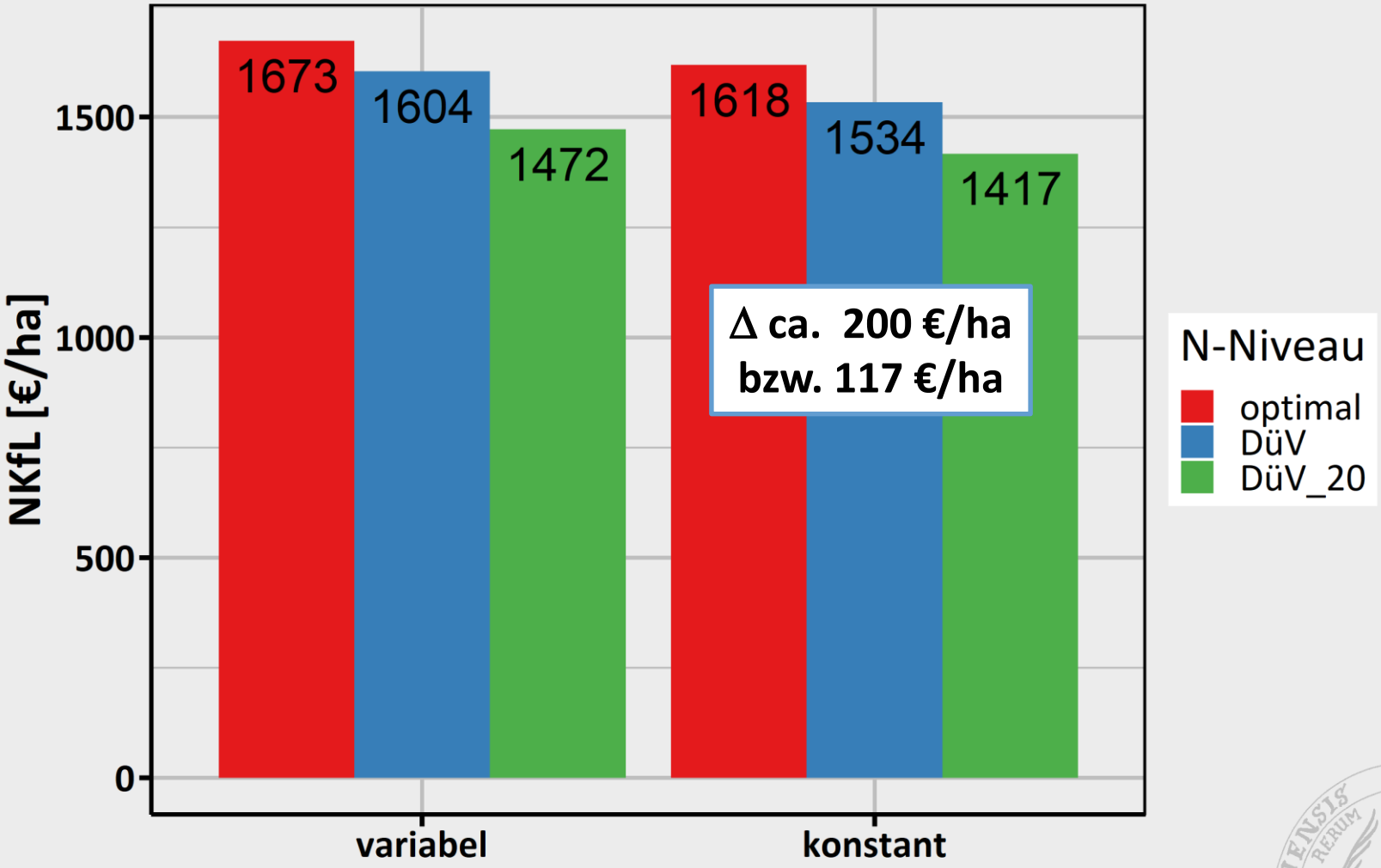
Ertragsmittel 2003-2018



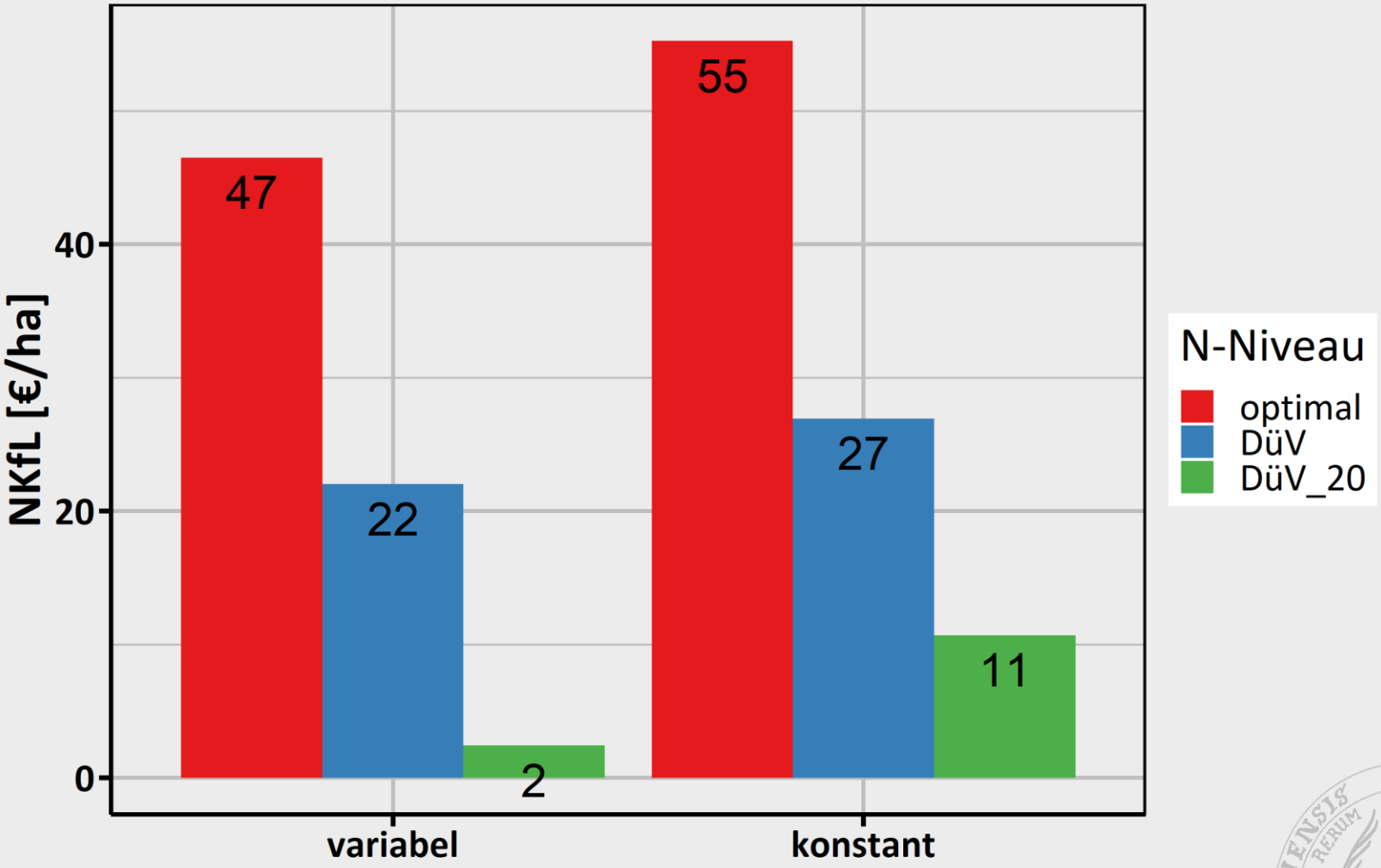
Proteinmittel 2003-2018



N-kostenfreie Leistung 2003-2018



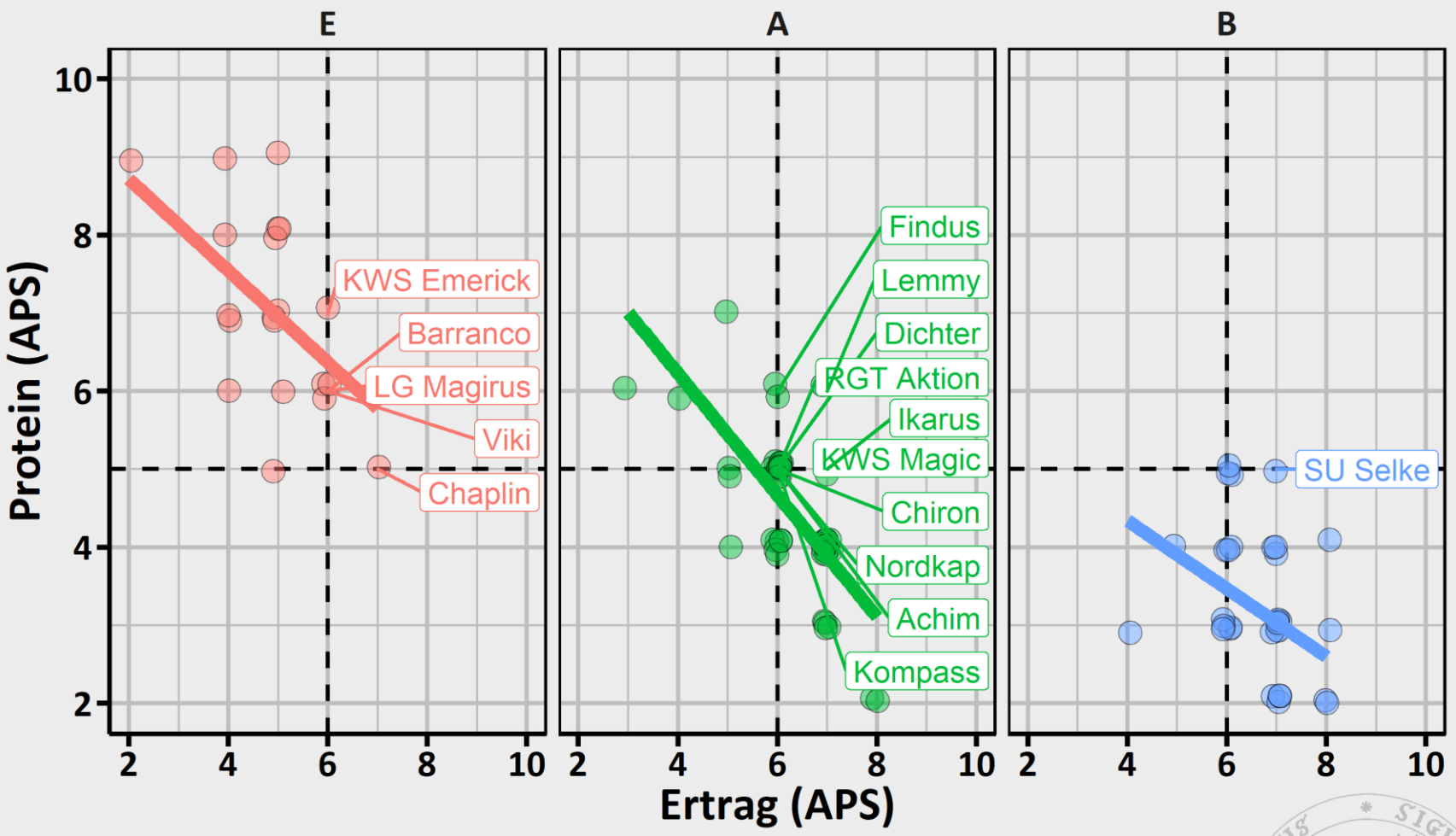
N-Bilanz 2003-2018



Hochertragsstandort Hohenschulen

- Deutlichere Effekte
  - Ertrag
  - Protein
  - NKfL
  - N-Saldo
- N-Verteilung in Richtung Protein kostet Ertrag

E-Weizen anbauen?



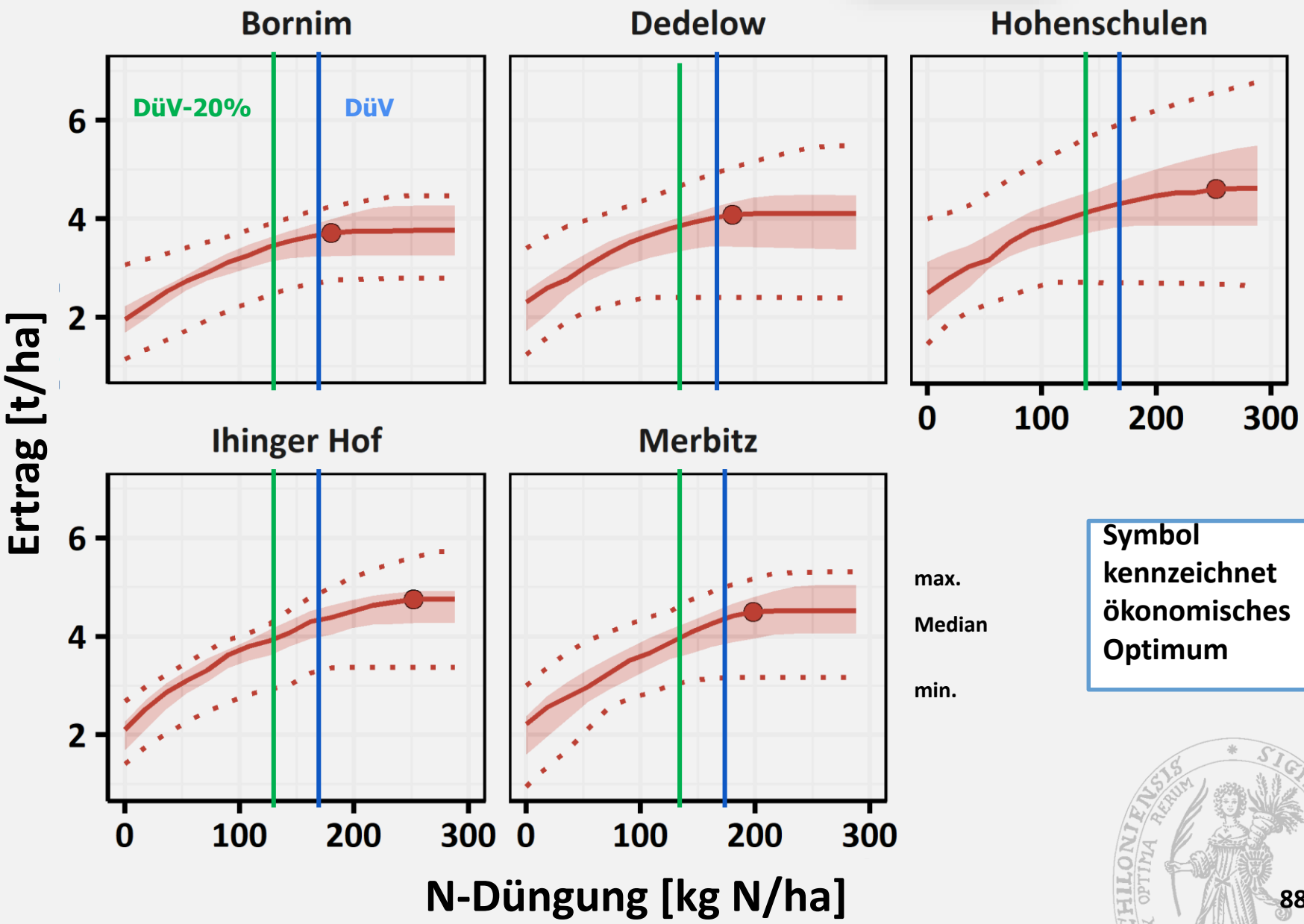
Daten: Bundessortenamt, Ergebnisse Wertprüfung 2019

Weitere Sorteneigenschaften beachten!

Gliederung

- Ertragstrends & Klimawandel
- Stickstoffüberschüsse in der Landwirtschaft
- Nitratkonzentrationen im Grundwasser
- Evaluierung DüV und DüV-20%
- **Bewertung von Maßnahmen**
- Schlussfolgerungen

N-Sensitivität Erträge Raps



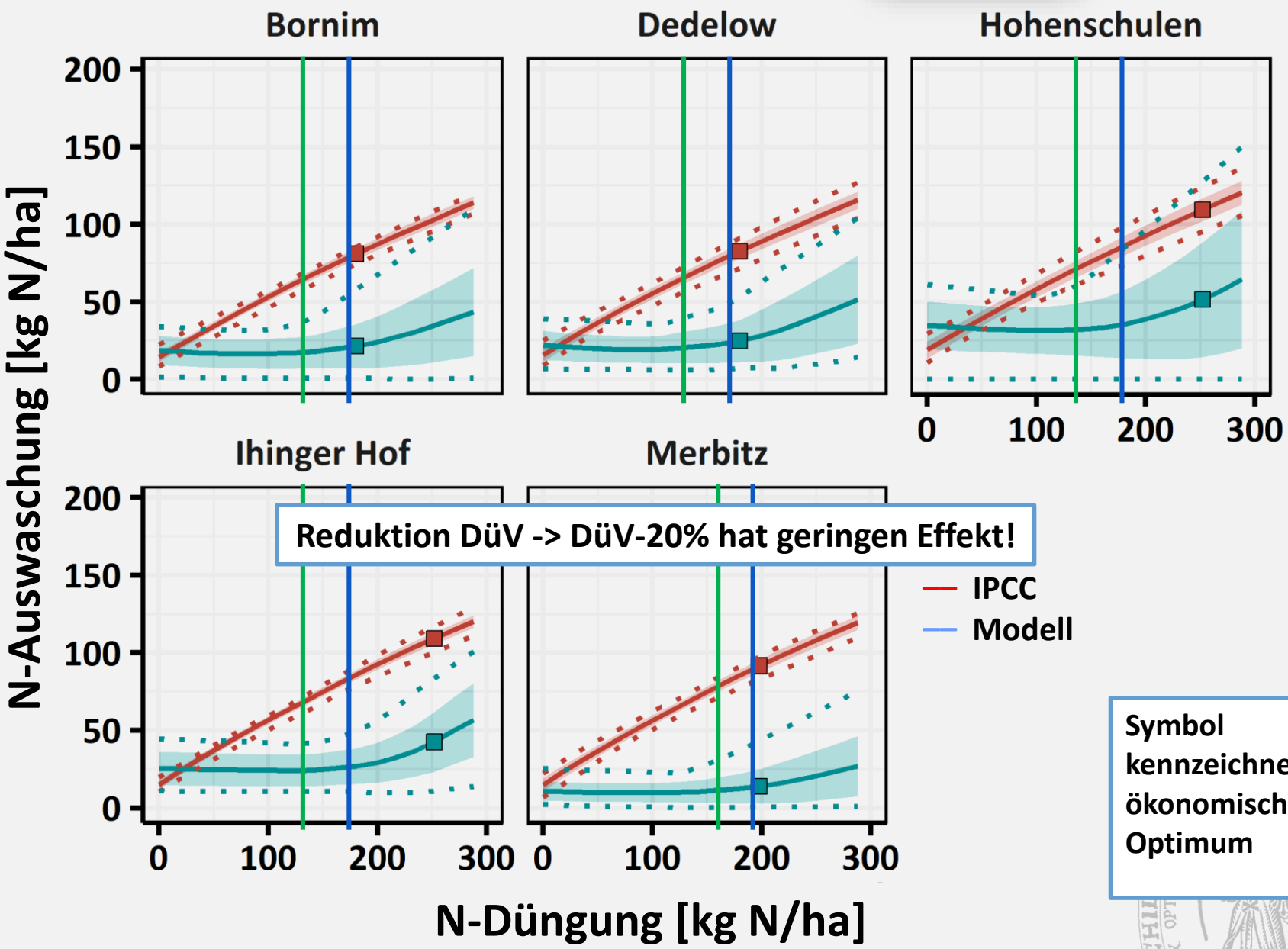
max.

Median

min.

Symbol kennzeichnet ökonomisches Optimum

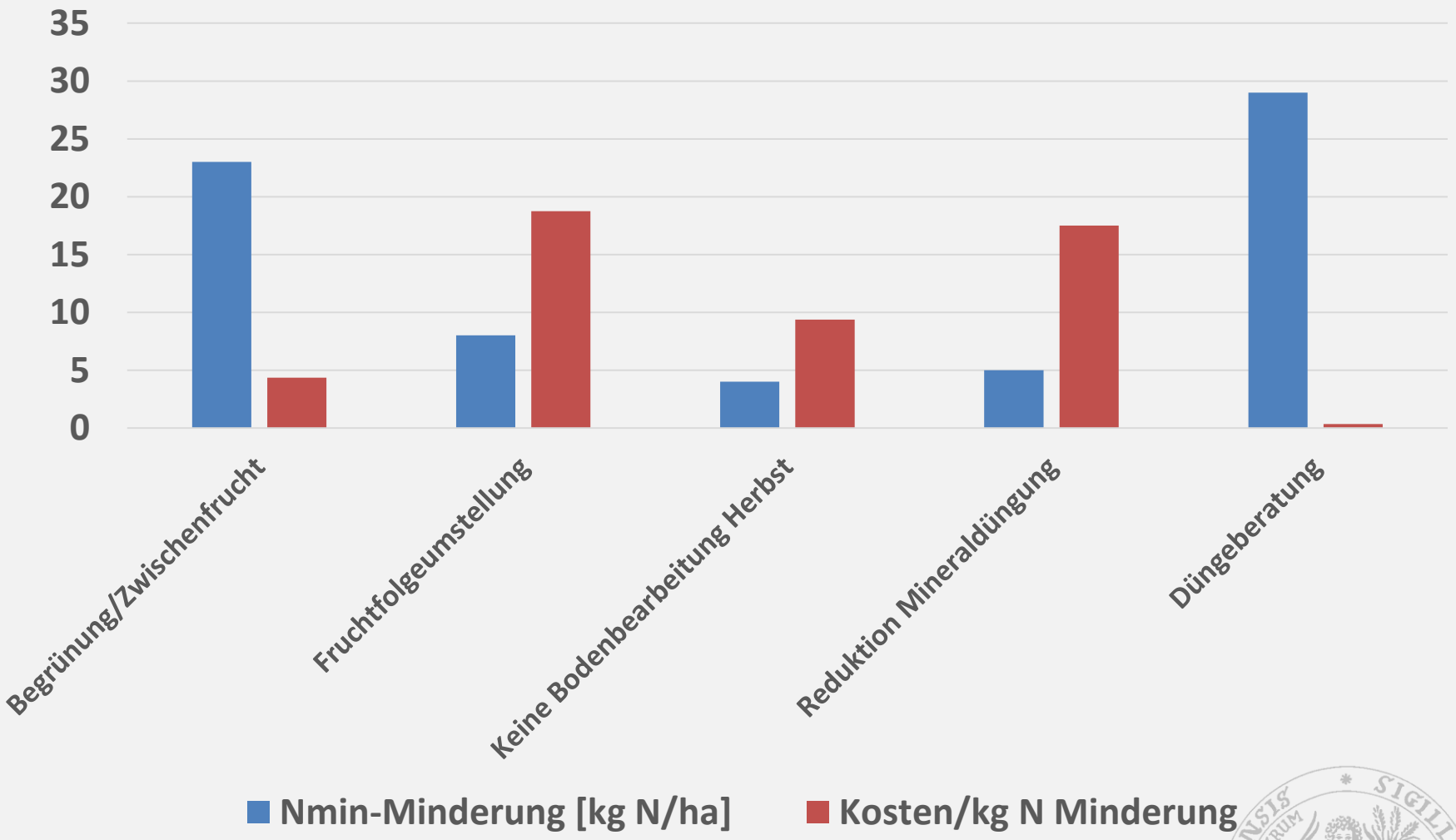
N Auswaschung nach Raps



Reduktion DüV -> DüV-20% hat geringen Effekt!

Symbol kennzeichnet ökonomisches Optimum

Effekte unterschiedlicher Maßnahmen auf die Nmin-Gehalte im Herbst sowie die Relation Kosten/kg N-Minderung



Eigene Abbildung, Daten aus FAL (2007): Maßnahmen zur Reduzierung von Stickstoffeinträgen in Gewässer - eine wasserschutzorientierte Landwirtschaft zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. Hrsg. Bernhard Osterburg, Tania Runge,Landbauforschung Völkenrode - FAL Agricultural Research Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Braunschweig, ISBN 978-3-86576-031-9.

Düngeverordnung

- Ableitung Bedarfswerte wenig transparent
- Für Raps und Weizen unterhalb ökonmischem Optimum
  - “Dänemark Stufe 1”
- Ökonomische Auswirkungen DüV 2017
  - “Überschaubar”
- Warum Kalkulation vorschreiben?
  - Betriebliches N-Saldo hätte als Vorgabe gereicht
- 20% Reduktion
  - Wenig wirksam auf N-Auswaschung (Raps/Weizen)
  - Teuer

91

Optimierungsmöglichkeiten

- **Optimierung organischer Düngung**
  - **Lagerkapazitäten**
  - **Minimierung/Verbot Herbstausbringung**
- **Management**
  - **Präziserer Faktorinput (Jahr, Schlag, Teilfläche)**
    Data + *Smart algorithms*
- **Fruchtfolge/Anbausystem**
  - **Fruchtfolgeeffekte wiederentdecken und nutzen!**
    (Leguminosen (aber richtig), Zwischenfrüchte)
- **Ertragssicherung!**
  - **Erhöhung der Ertragspotentiale**
  - **Pflanzenschutz**
  - **Verbesserung der Stresstoleranz (biotisch, abiotisch)**

Weizenanbau im Klimawandel

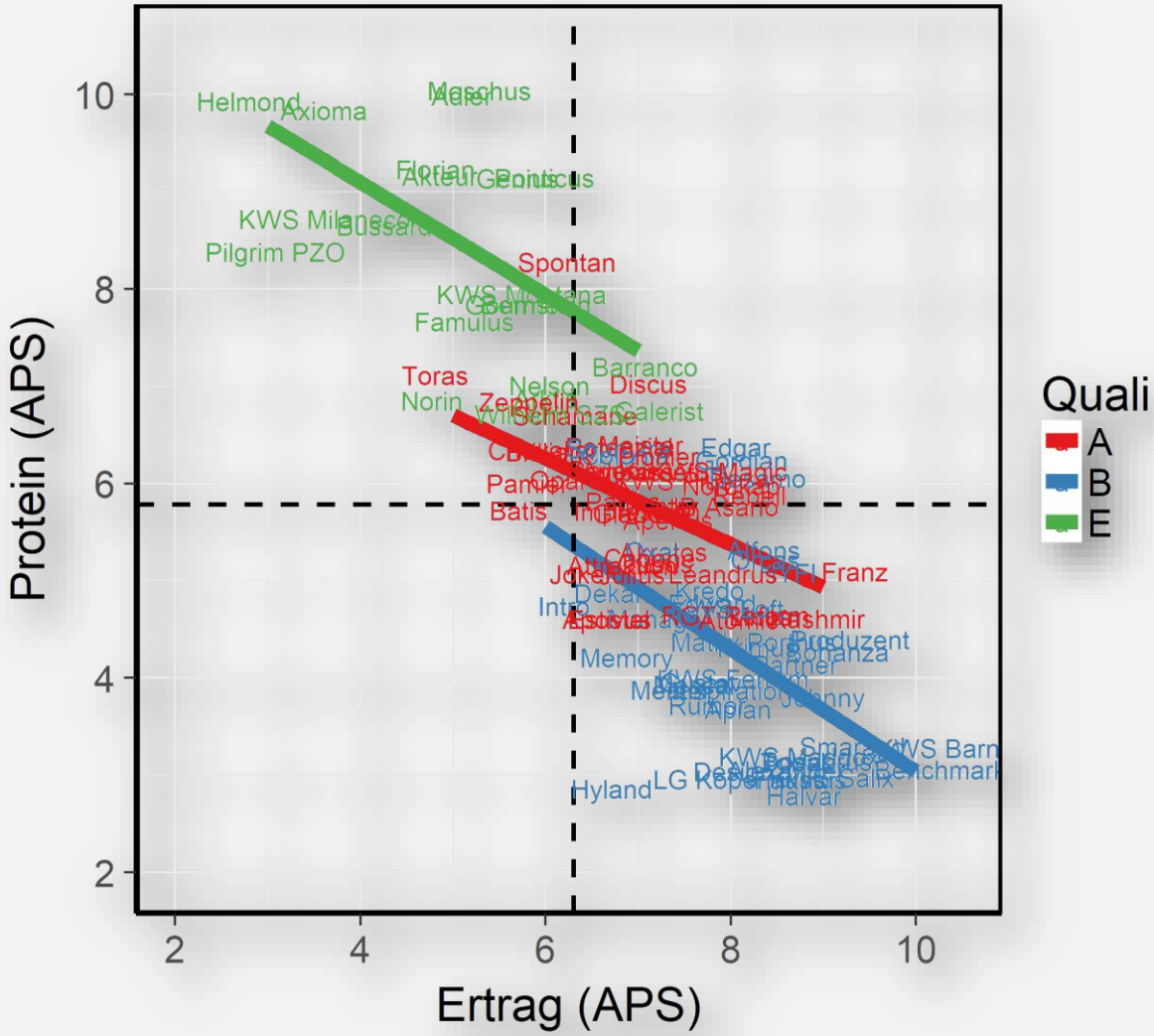
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Foto: Habbe

Sortenwahl

Beziehung zwischen Ausprägungsstufe Protein und Qualität bei E/A/B Weizen Sortenliste 2016

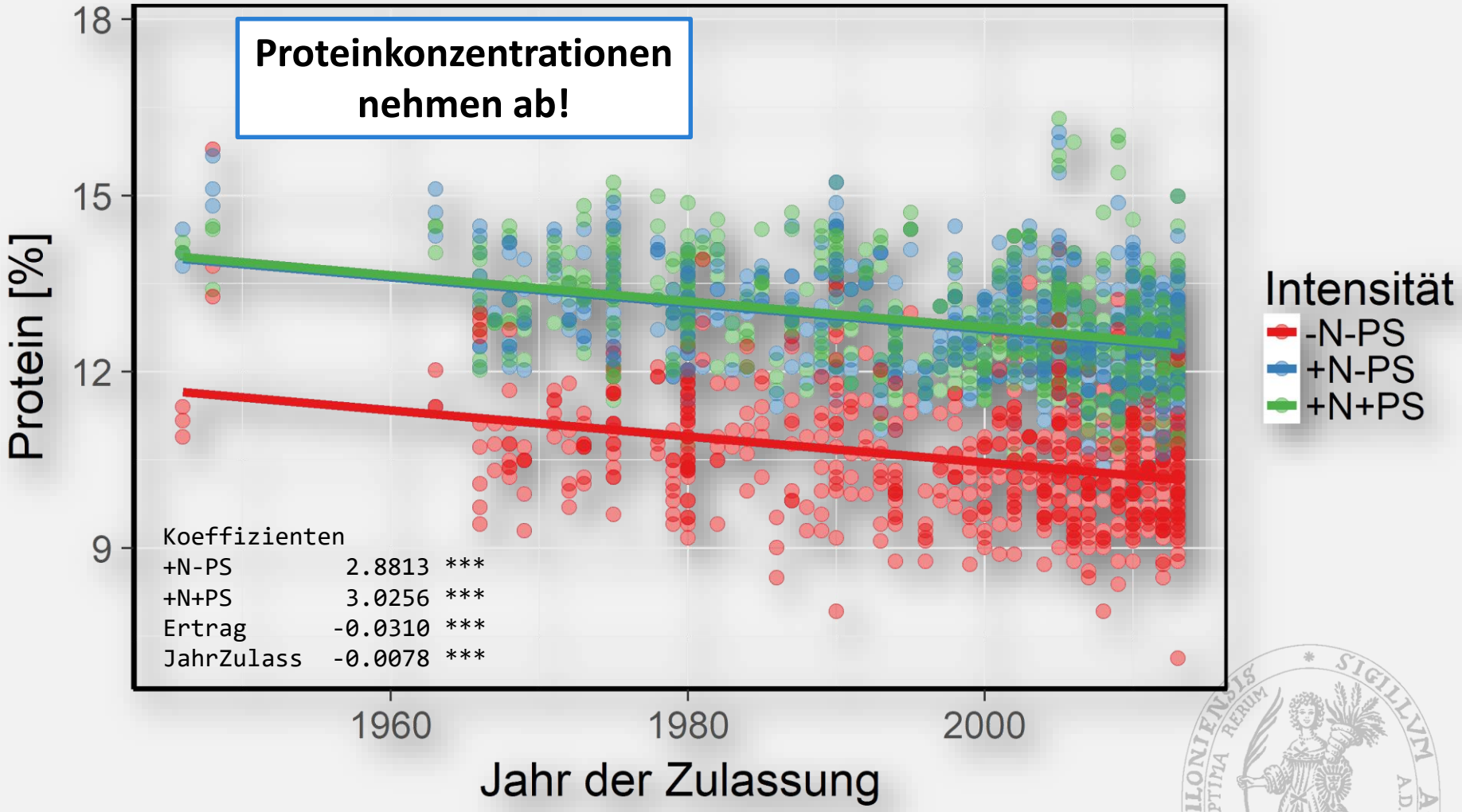
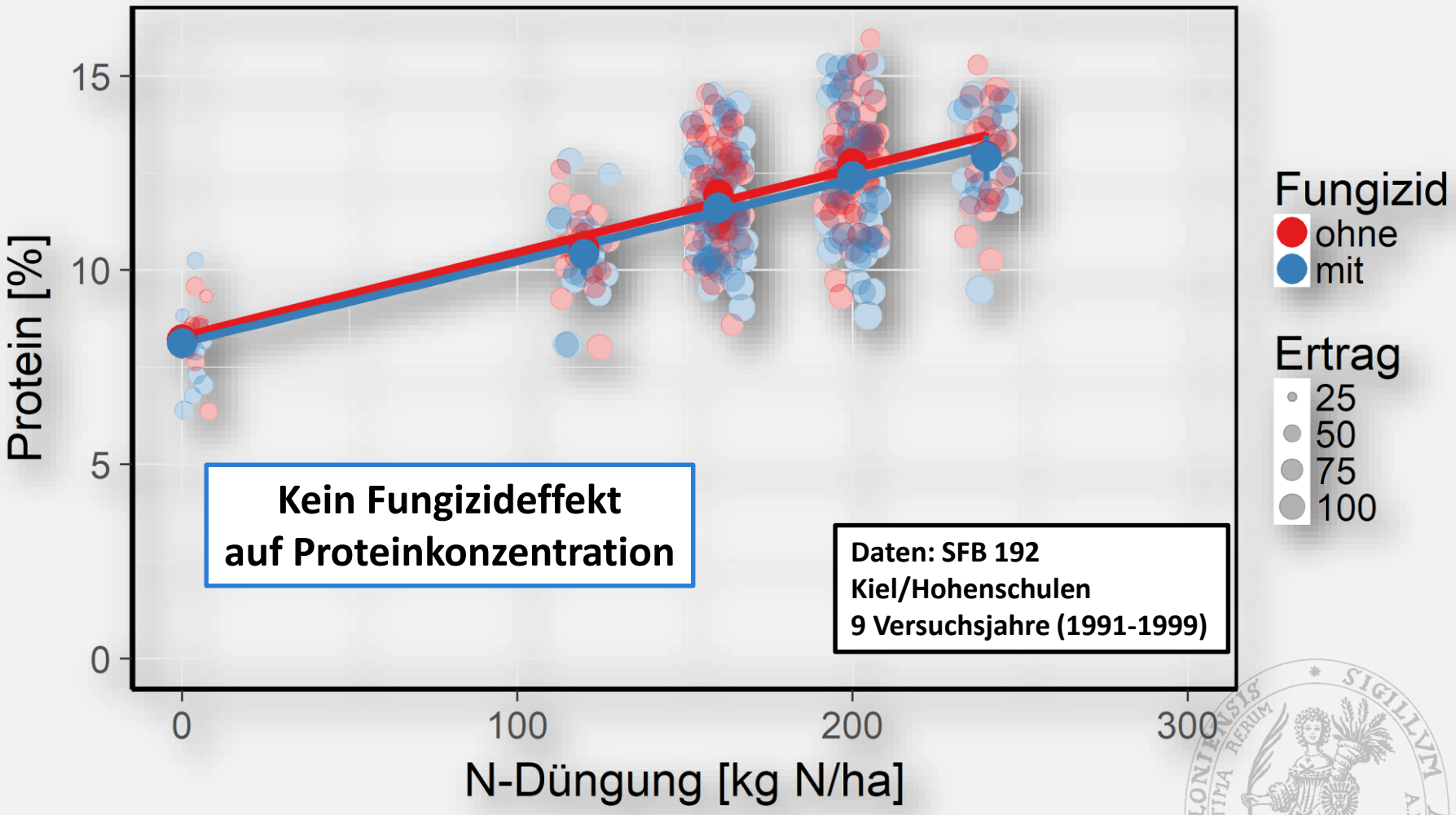


Ertragreiche A-Sorten?

Daten: Bundessortenamt

Zuchtfortschritt?

Proteinkonzentration unterschiedlich alter Weizensorten bei variierter Produktionsintensität



Proteinkonzentration bei variierter Düngung und Fungizidbehandlung