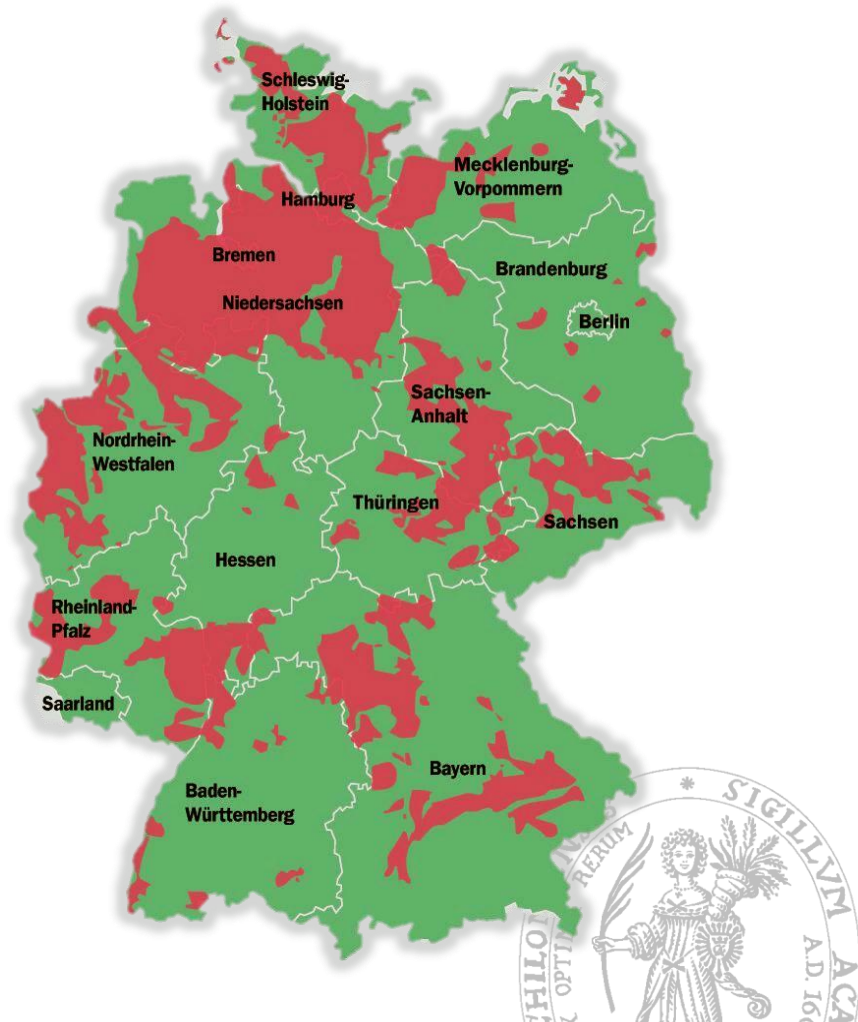
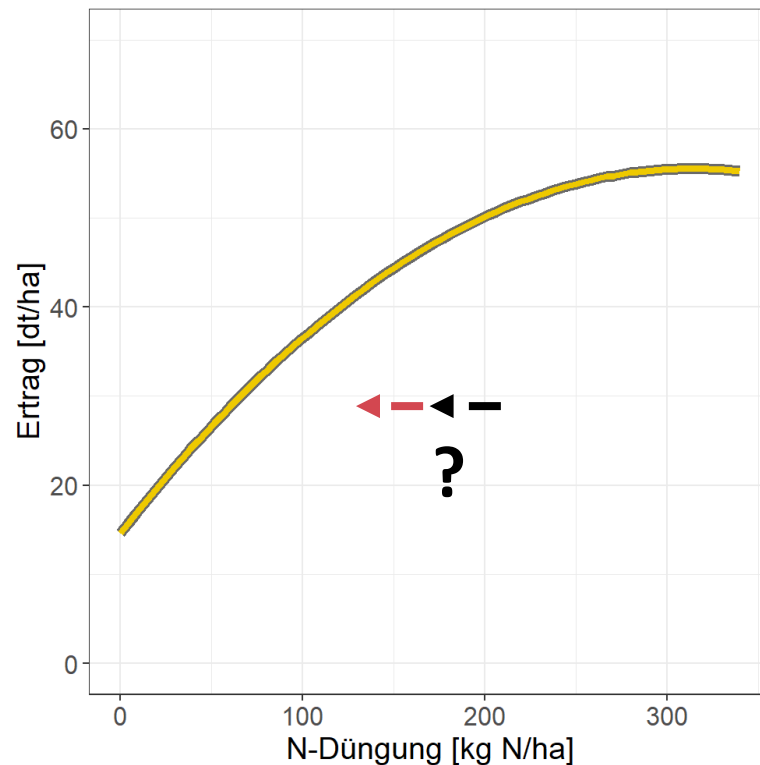


BAD/VLK-Tagung „Digitalisierung im Pflanzenbau“

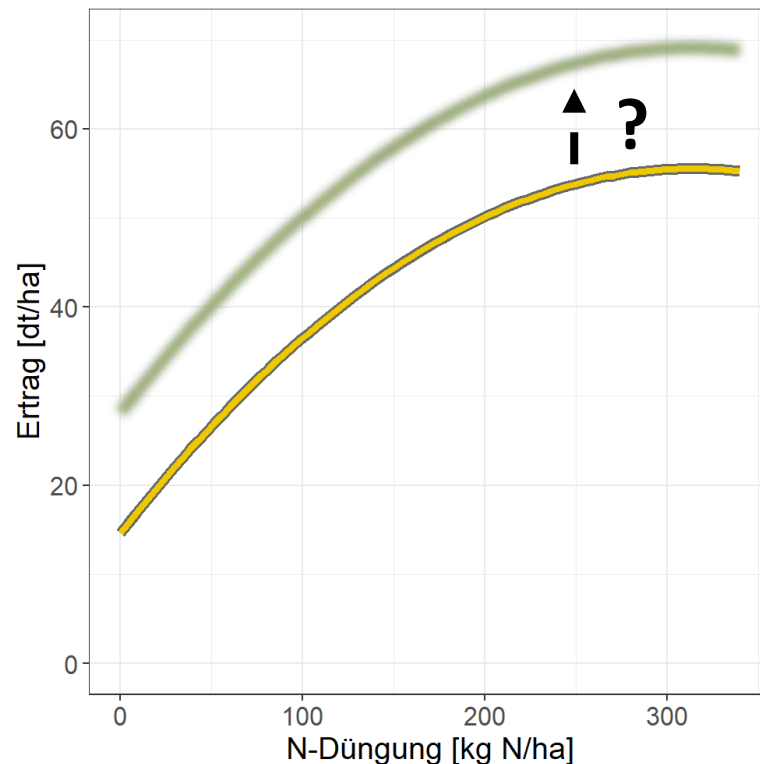
Erhöhung der N-Effizienz im Rapsanbau: Welche Optionen gibt es?

J. Bukowiecki, K. Sieling, M. Rose, H. Kage

Hohe Erträge, niedrigerer N-Input?



Hohe Erträge, niedrigerer N-Input?

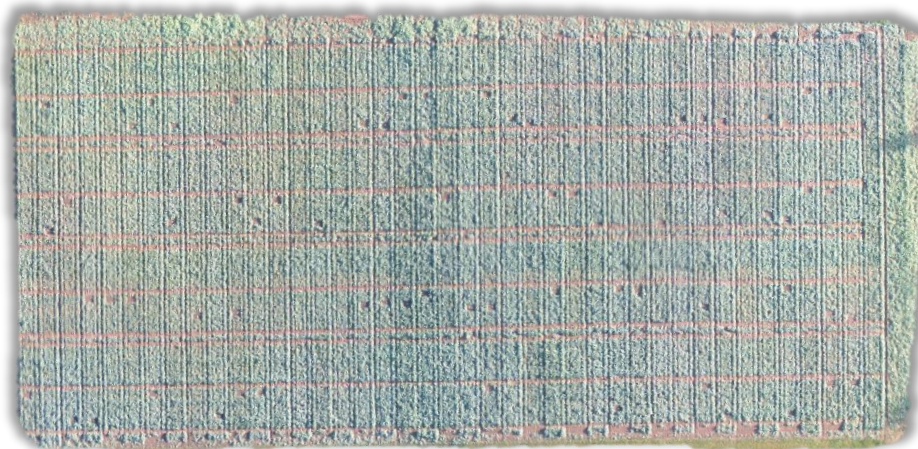


- Sortenwahl
- Saatzeitpunkt
- Herbst-/ Frühljahrs-N-Düngung
- Fruchtfolge-Effekte
- N-Anpassung:
schlag-/jahres-
/teilflächen-spezifisch



ModelLowN-Projekt

- 2019: 3 Standorte, 2020: 2 Standorte
- 8 Sorten
- 5 N-Stufen



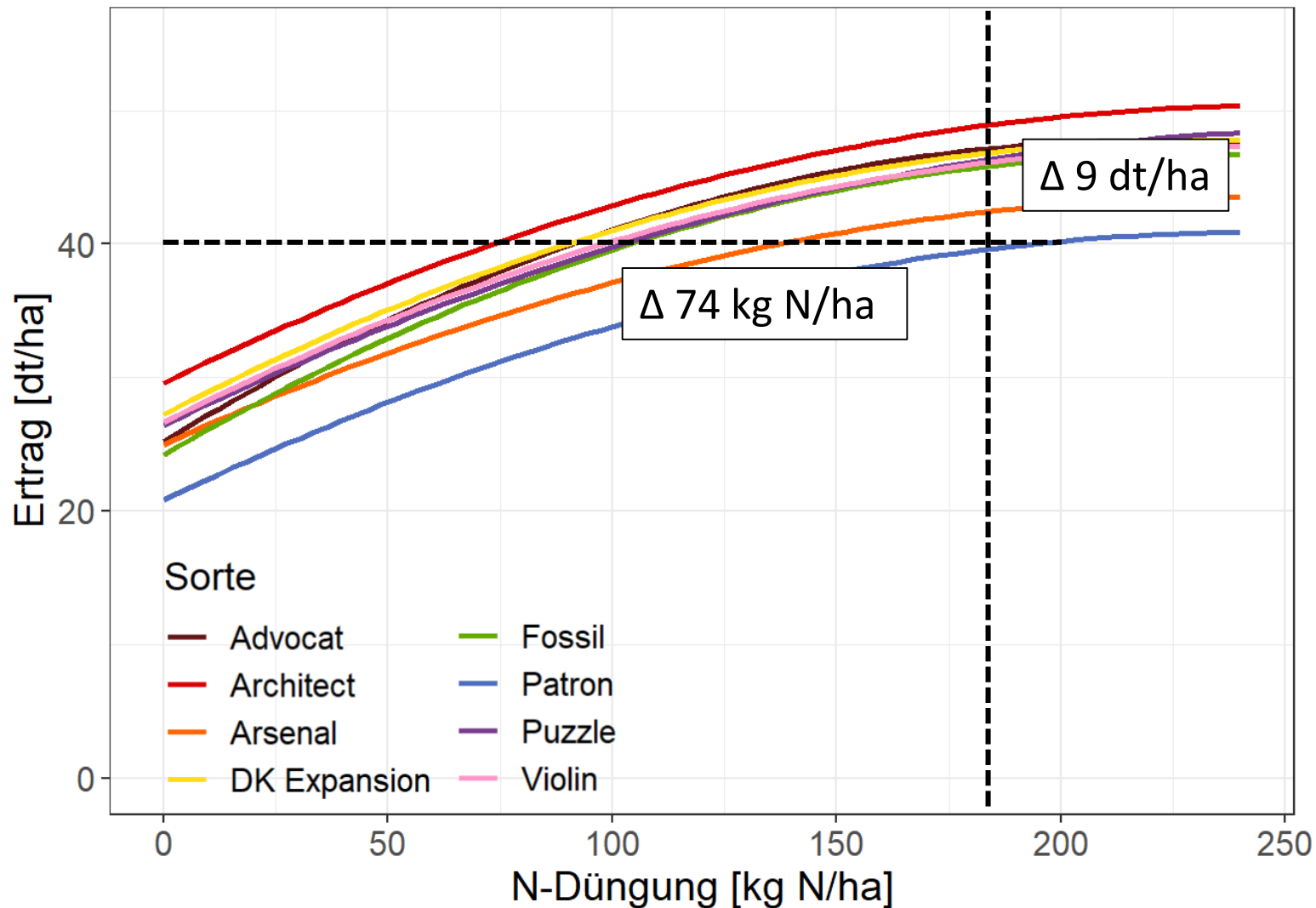
Gefördert durch:



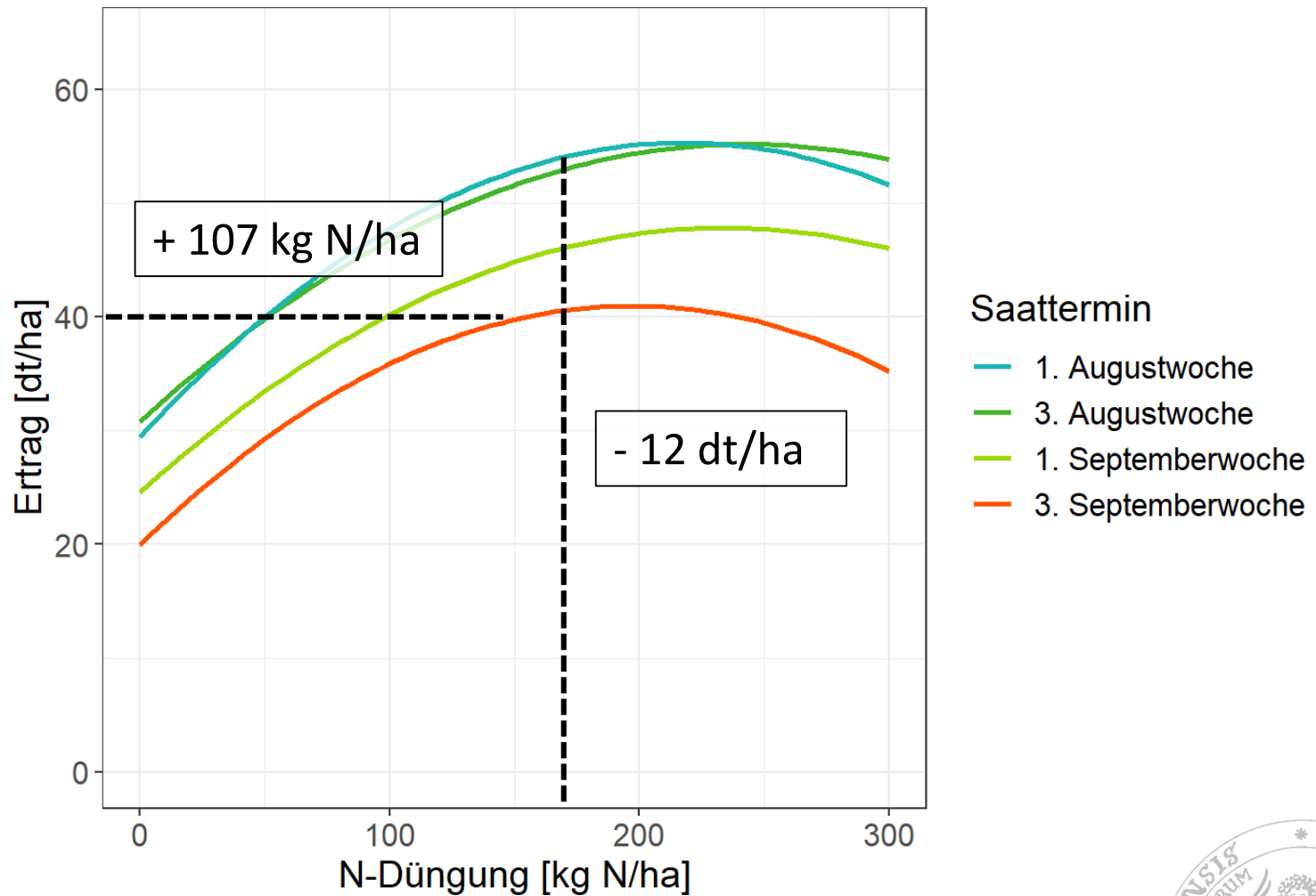
Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



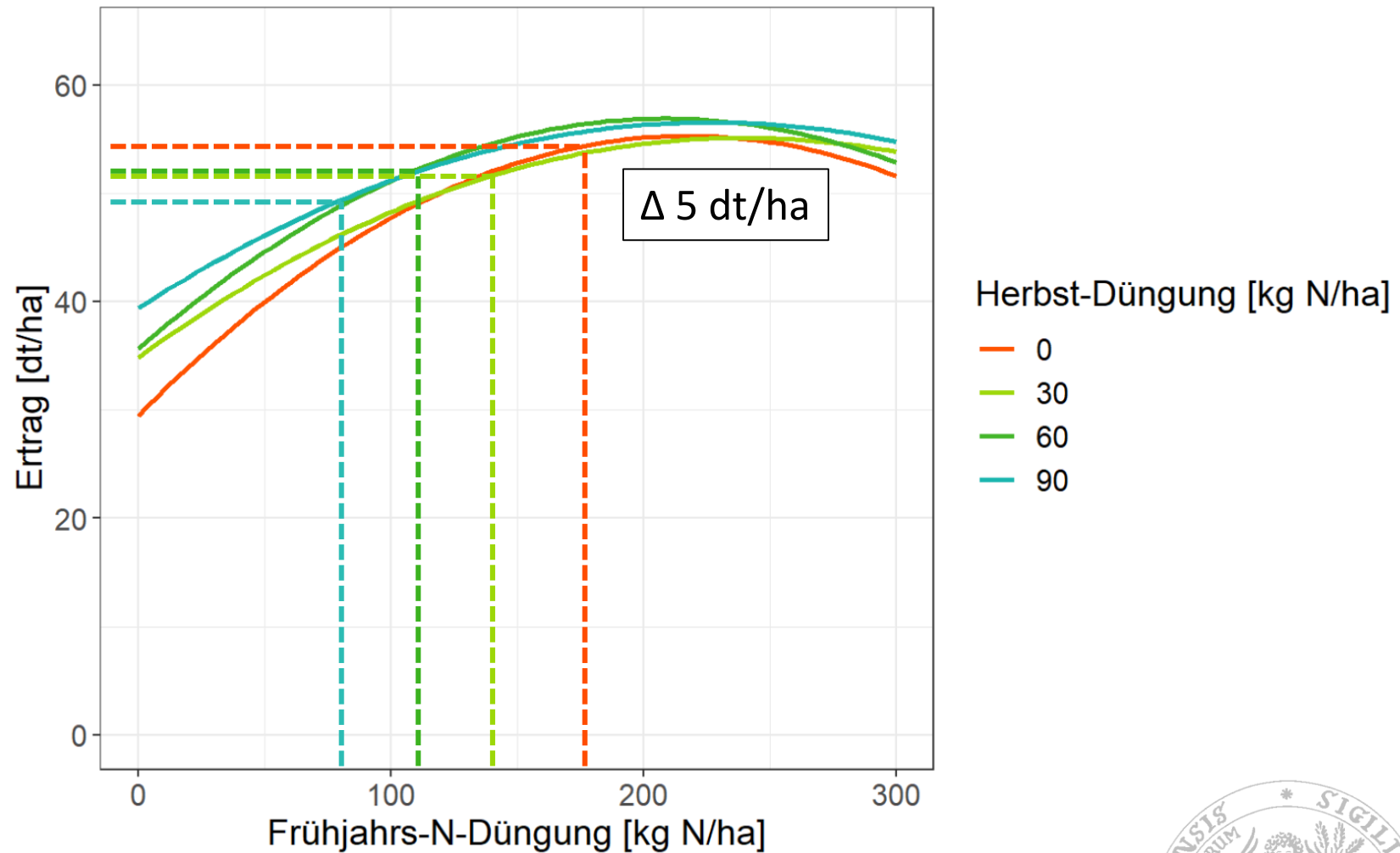


N-Responsefunktionen der Sorten (Mittel über alle Umwelten).



N-Responsefunktionen der Saattermine (Mittel über drei Jahre).





N-Responsefunktionen auf unterschiedliche Herbst-N-Gaben (Mittel über drei Jahre).



EIP-Projekt

- 4 Feldwiederholungen
- 4 Fruchtfolgen
- Jedes Fruchtfolgeglied in jedem Jahr
- Großparzellen mit 5 N-Stufen
(Raps: 0, 80, 160, 240, 320 kg N/ha)



EIP-Projekt: Fruchtfolgen

Auswaschungsgefährdete
Fruchtfolgen

FF1: Ortsübliche Fruchtfolge

Winterraps

Winterweizen

Wintergerste

FF2: Klassische Integration Leguminosen, weizenbetont

Winterraps

Winterweizen

Ackerbohnen

Winterweizen

Winterweizen

Zwischenfrucht

Angepasste Fruchtfolgen

FF3: Integration Leguminose vor Raps (Herbst-N-Aufnahme)

Ackerbohnen

Winterraps

Winterweizen

Mais

Zwischenfrucht

FF4: Mais nach Raps und Zwischenfrucht (Herbst-N-Aufnahme)

Winterraps

Mais

Winterweizen

Zwischenfrucht

Vorfruchteffekte auf Winterraps

Auswaschungsgefährdete
Fruchtfolgen

FF1: Ortsübliche Fruchtfolge

Winterraps

Winterweizen

Wintergerste

FF2: Klassische Integration Leguminosen, weizenbetont

Winterraps

Winterweizen

Ackerbohnen

Winterweizen

Winterweizen

Zwischenfrucht

Angepasste Fruchtfolgen

FF3: Integration Leguminose vor Raps (Herbst-N-Aufnahme)

Ackerbohnen

Winterraps

Winterweizen

Mais

Zwischenfrucht

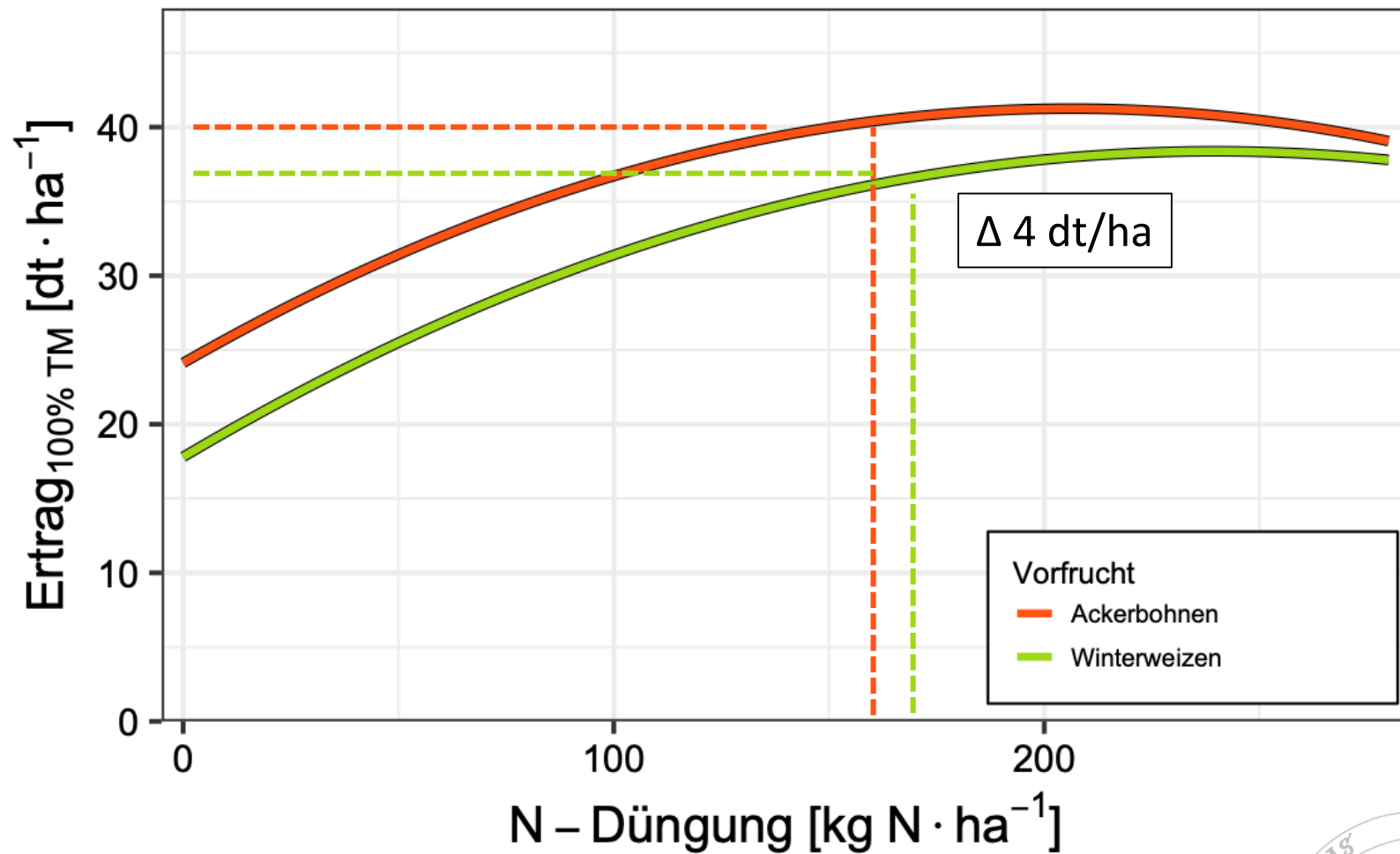
FF4: Mais nach Raps und Zwischenfrucht (Herbst-N-Aufnahme)

Winterraps

Mais

Winterweizen

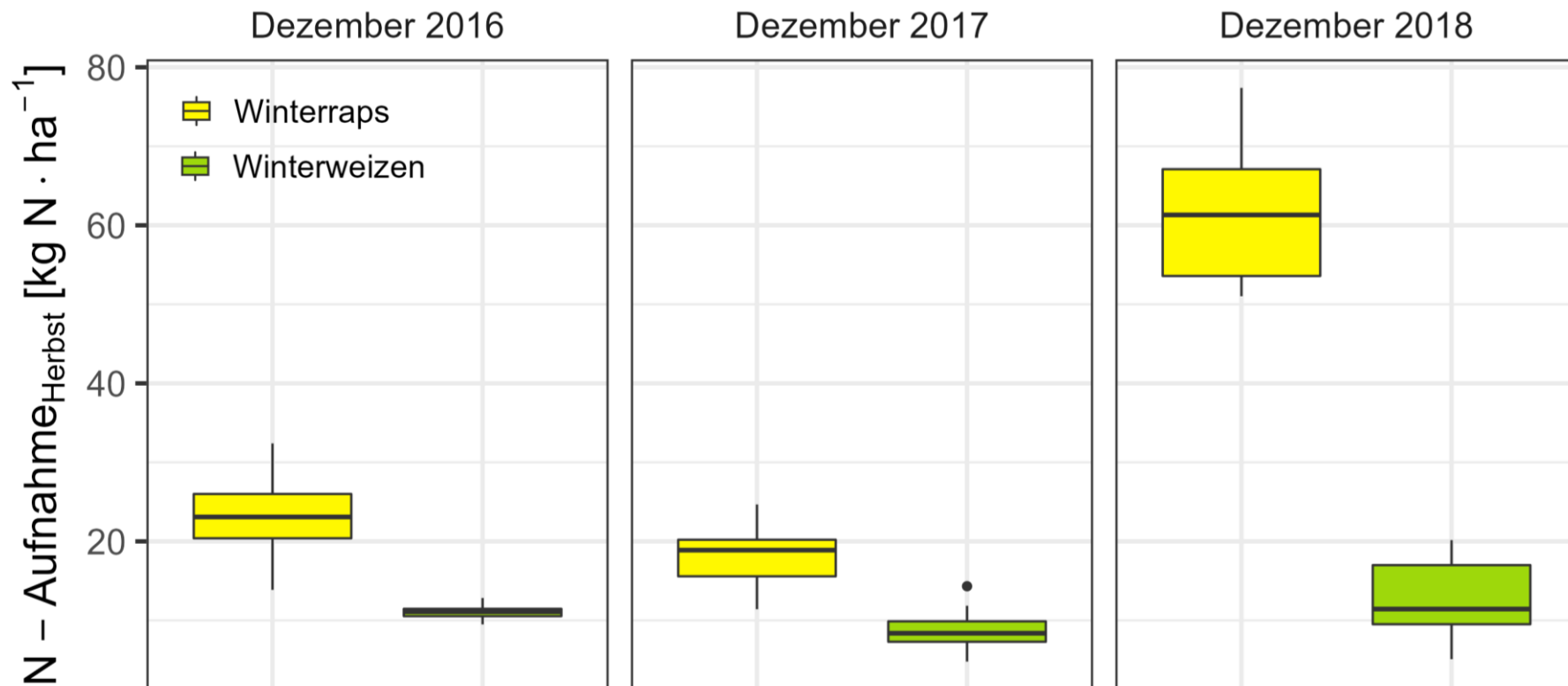
Zwischenfrucht



Quadratische Ertragsfunktionen von Winterraps in Abhängigkeit der Vorfrucht (2017-2021).



Herbst-N-Aufnahme nach Ackerbohnen



Herbst-N-Aufnahme von Winterraps und Winterweizen nach Ackerbohnen.



Nachfruchteffekt von Winterraps

Auswaschunggefährdete
Fruchtfolgen

FF1: Ortsübliche Fruchtfolge

Winterraps

Winterweizen

Wintergerste

FF2: Klassische Integration Leguminosen, weizenbetont

Winterraps

Winterweizen

Ackerbohnen

Winterweizen

Winterweizen

Zwischenfrucht

Angepasste Fruchtfolgen

FF3: Integration Leguminose vor Raps (Herbst-N-Aufnahme)

Ackerbohnen

Winterraps

Winterweizen

Mais

Zwischenfrucht

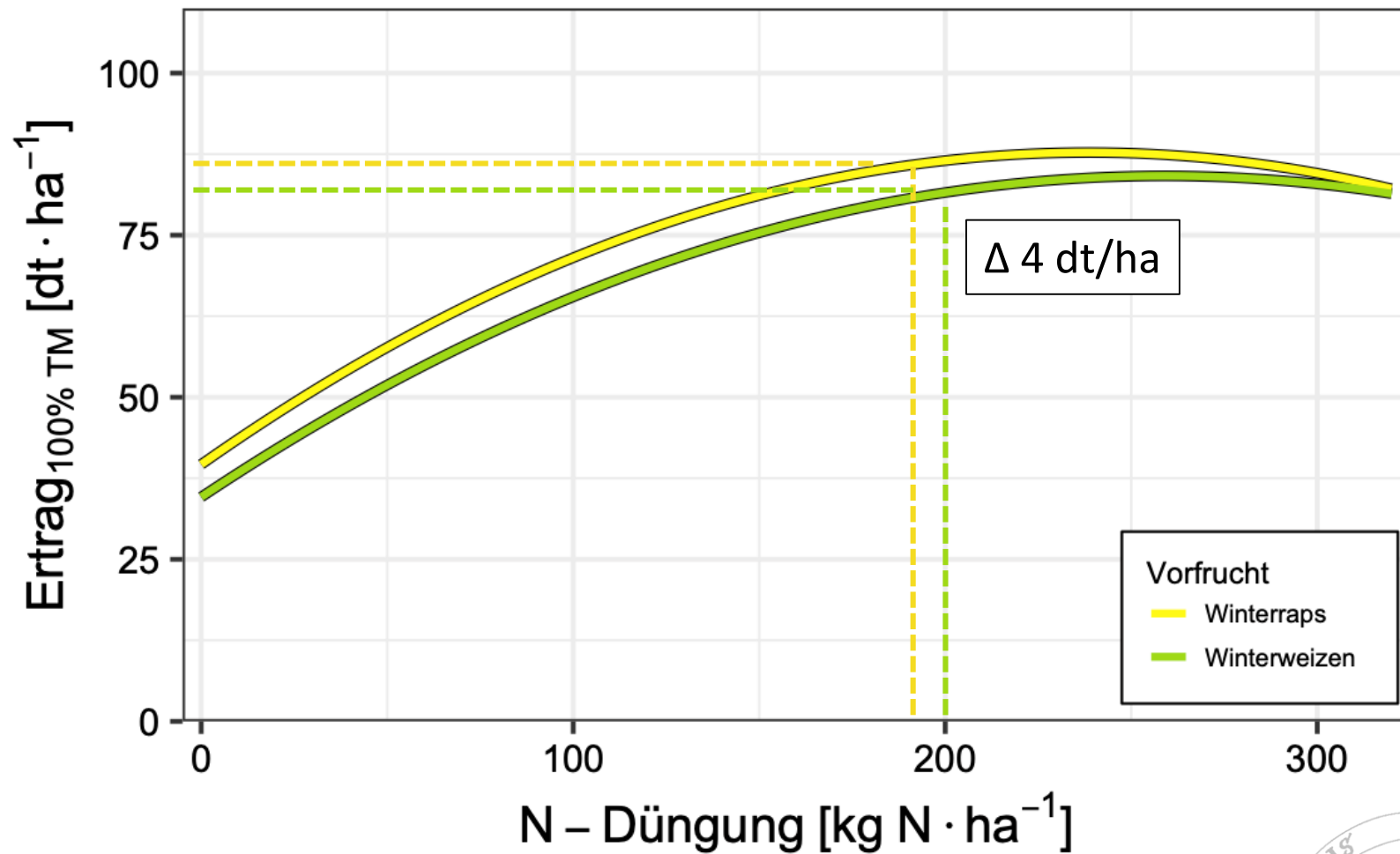
FF4: Mais nach Raps und Zwischenfrucht (Herbst-N-Aufnahme)

Winterraps

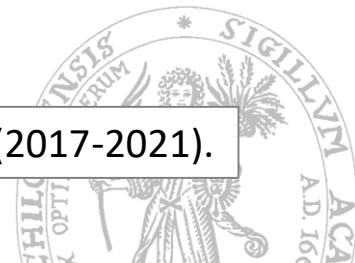
Mais

Winterweizen

Zwischenfrucht



Quadratische Ertragsfunktionen von Winterweizen in Abhängigkeit der Vorfrucht (2017-2021).



N-Anpassung: Schlag-/Jahres-/Teilflächen-spezifisch

UFOP-Projekte

- "Optimierung der N-Düngung zu Winterraps durch schlagspezifische Berücksichtigung von Bestandesparametern und Ertragspotenzial"
- "Steigerung der N-Effizienz im Rapsanbau durch präzise Stickstoffdüngung"

DBU-Projekt

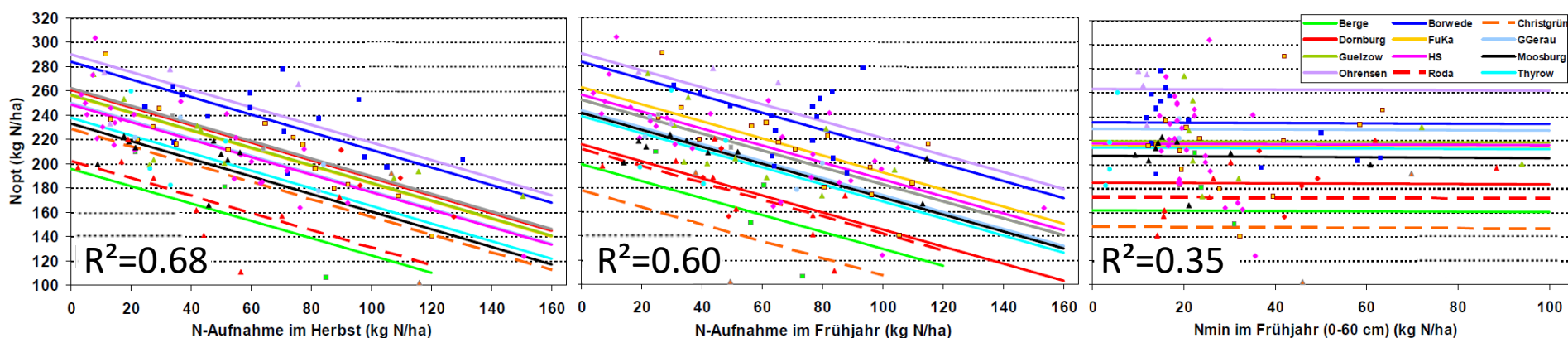
- „Entwicklung eines validen N-Sensor gesteuerten Systems zur teilflächenspezifische N-Düngung in Winterraps für Vermeidung umweltbelastender N-Auswaschung aus dem Boden“

Projekt der Stiftung Schleswig-Holsteinische Landschaft

- "Entwicklung pflanzenbaulich valider Algorithmen zur teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung in Winterraps"
- "Steigerung der N-Effizienz im Ackerbau durch sensor- und modellgestützte teilflächenspezifische Stickstoffdüngung"



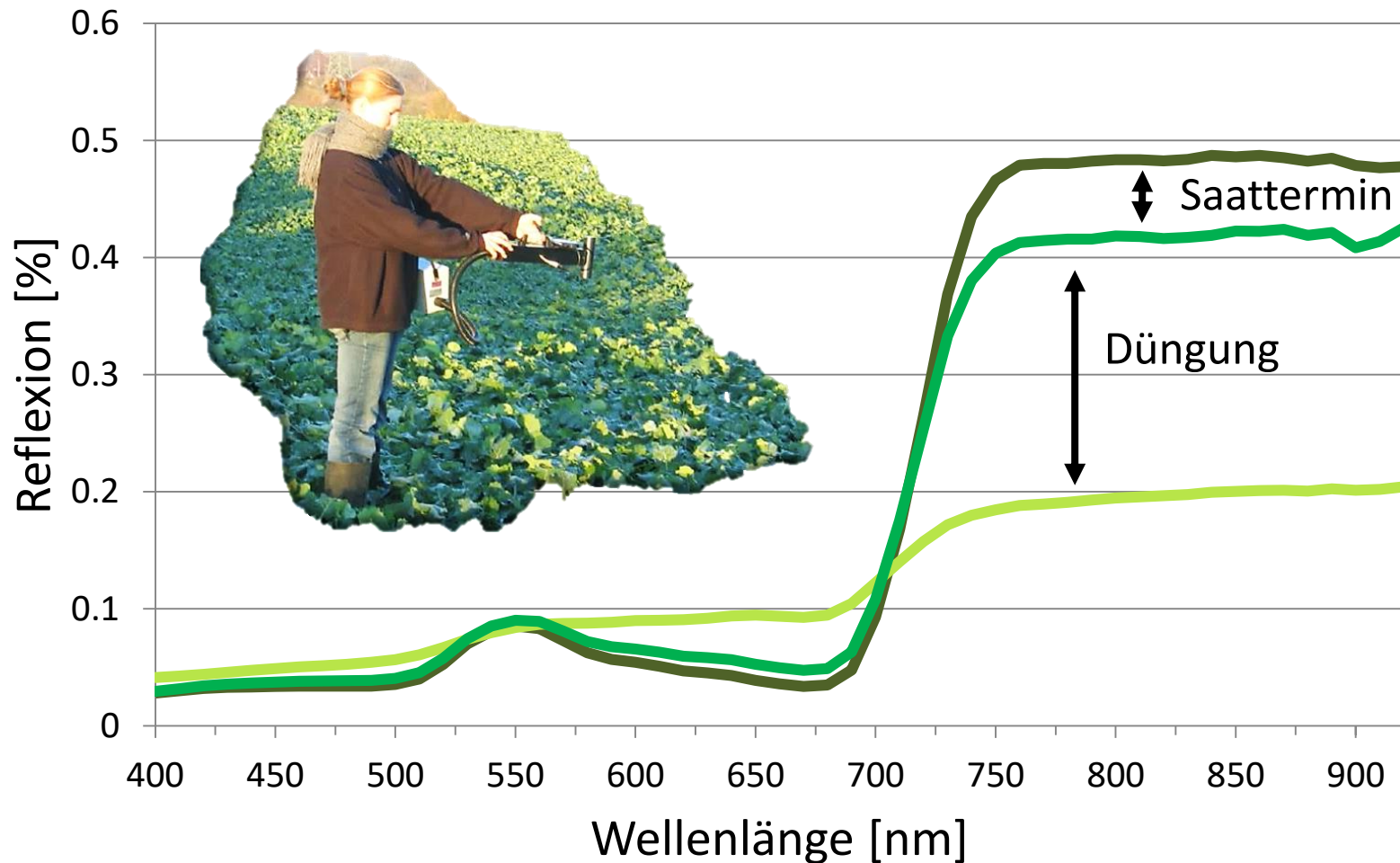
Herbst-N-Aufnahme als Ausgangspunkt für eine N-Anpassung



- Starke Korrelation von Herbst-N-Aufnahme und Nopt
- Geringer Zusammenhang von Frühjahrs-N-Aufnahme bzw. -Nmin mit Nopt

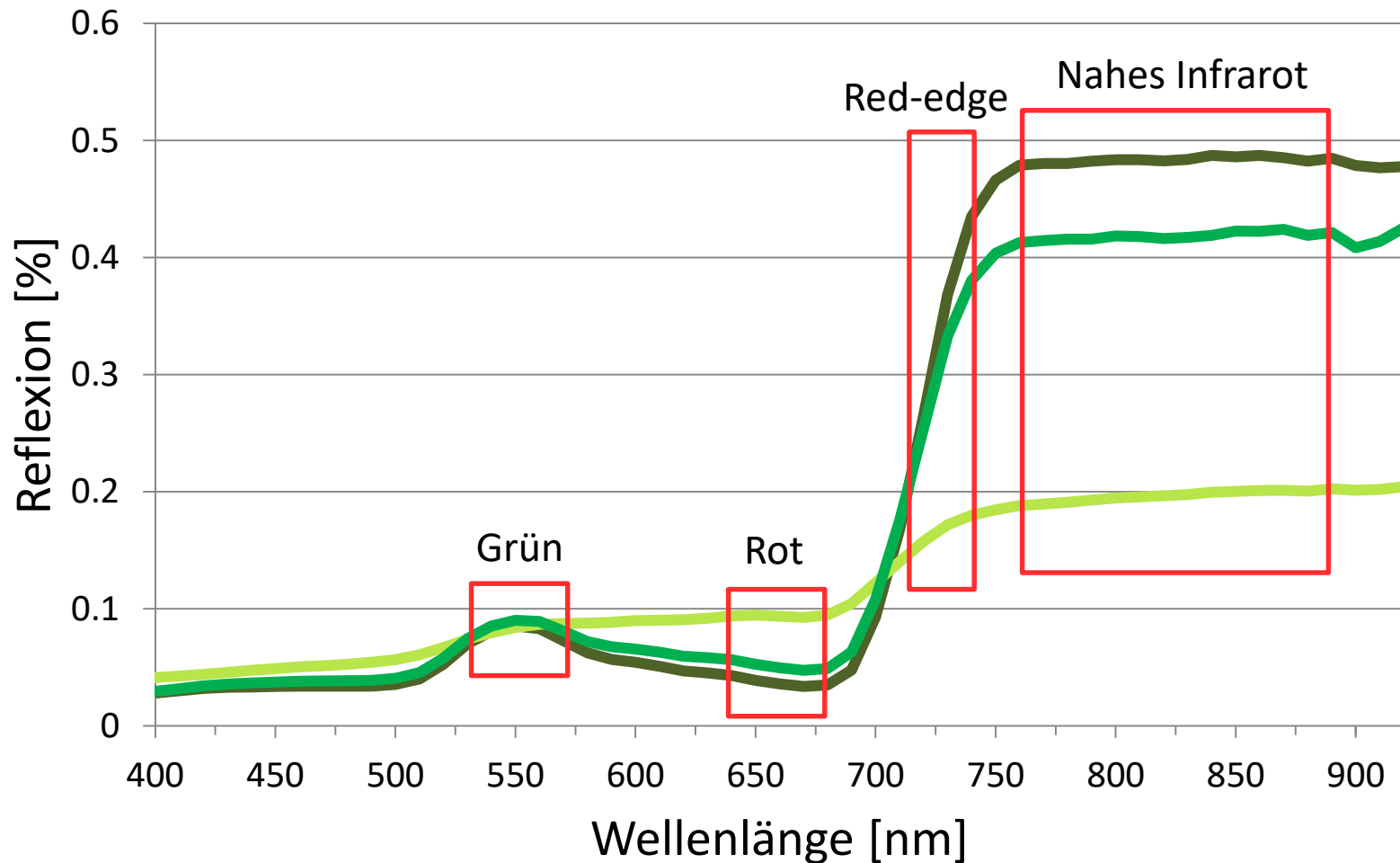


Spektrale Erfassung der Herbst-N-Aufnahme



Reflexionsspektren unterschiedlich geführter Rapsbestände.

Spektrale Erfassung der Herbst-N-Aufnahme

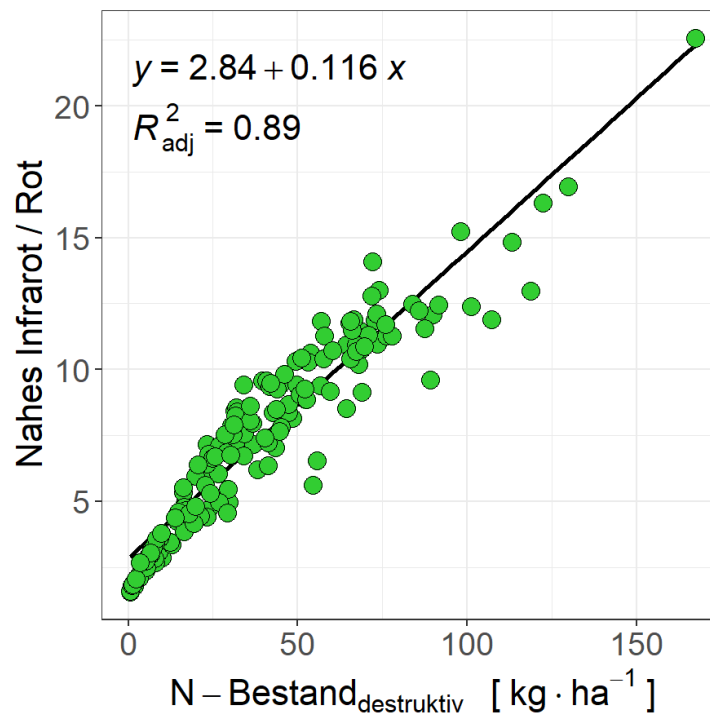


Reflexionsspektren unterschiedlich geführter Rapsbestände.

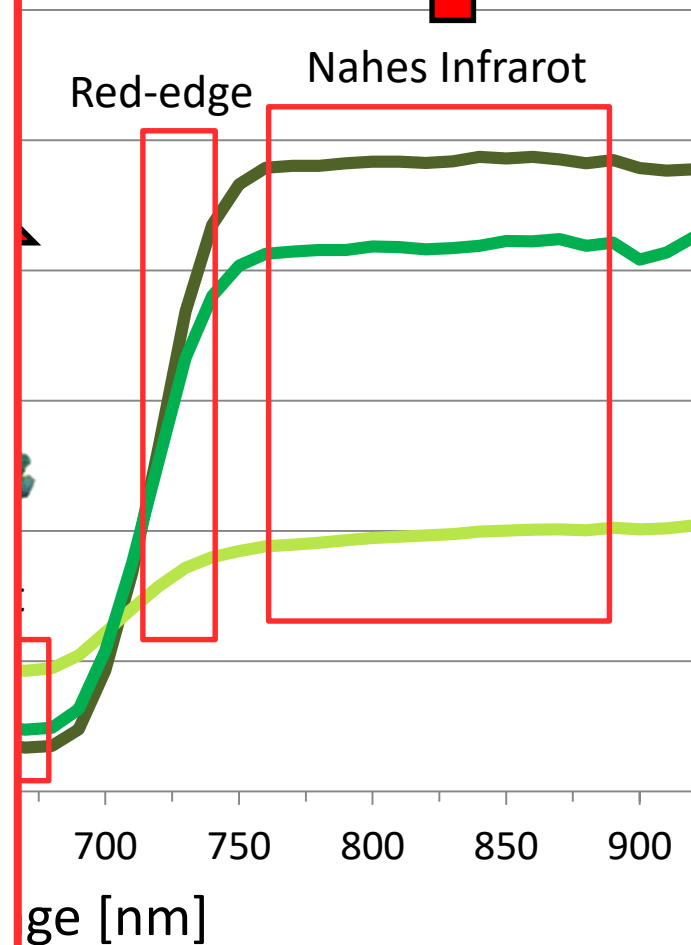
Vegetationsindizes

$$SR_{660,790} = \frac{\text{Nahes Infrarot}}{\text{Rot}}$$

$$NDVI = \frac{\text{Nahes Infrarot} - \text{Rot}}{\text{Nahes Infrarot} + \text{Rot}}$$



← Nahes Infrarot Aufnahme



edlich geführter Rapsbestände.

Herbst-N-Aufnahme per Fernerkundung



eBee-Drohne & Sequoia-Spektralkamera

Spektralbänder: 4 Bänder

Auflösung: Zentimeter

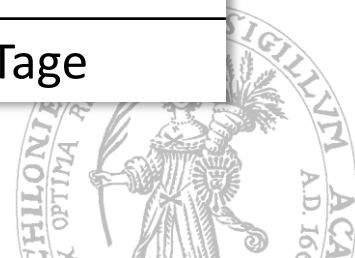


Sentinel-2-Satellit & MSI-Sensor

Spektralbänder: 12 Bänder

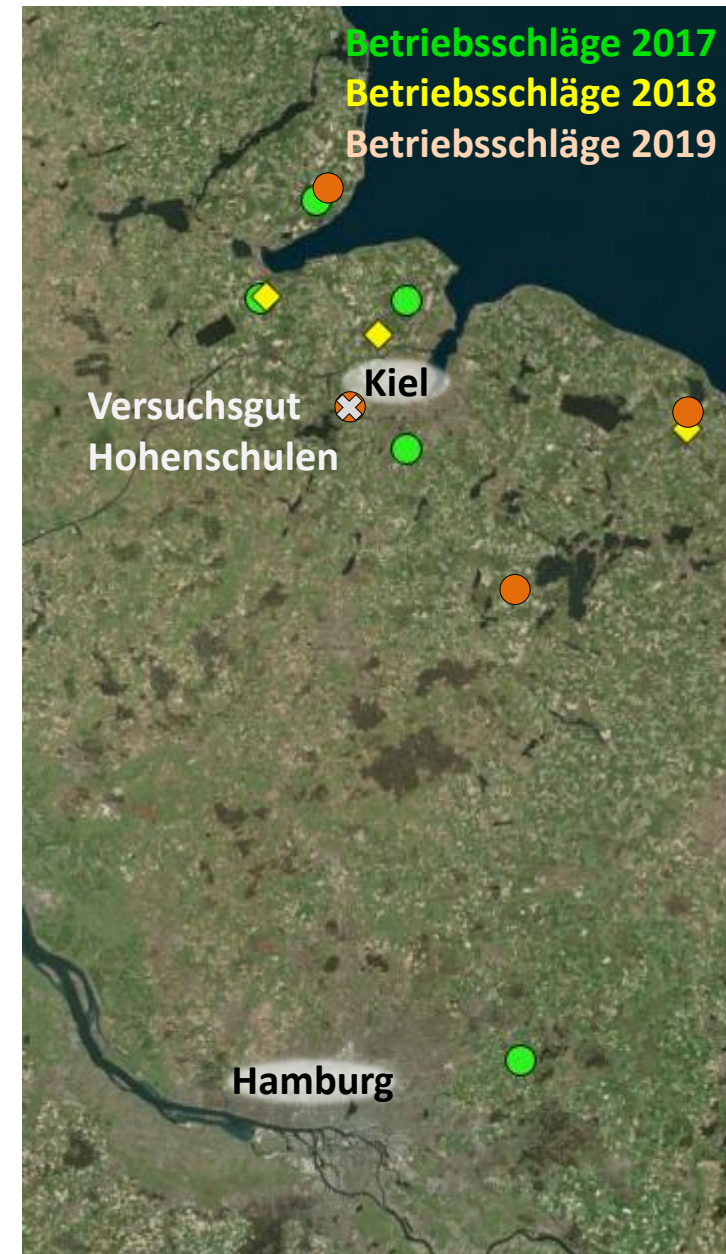
Auflösung: 10 - 60 m

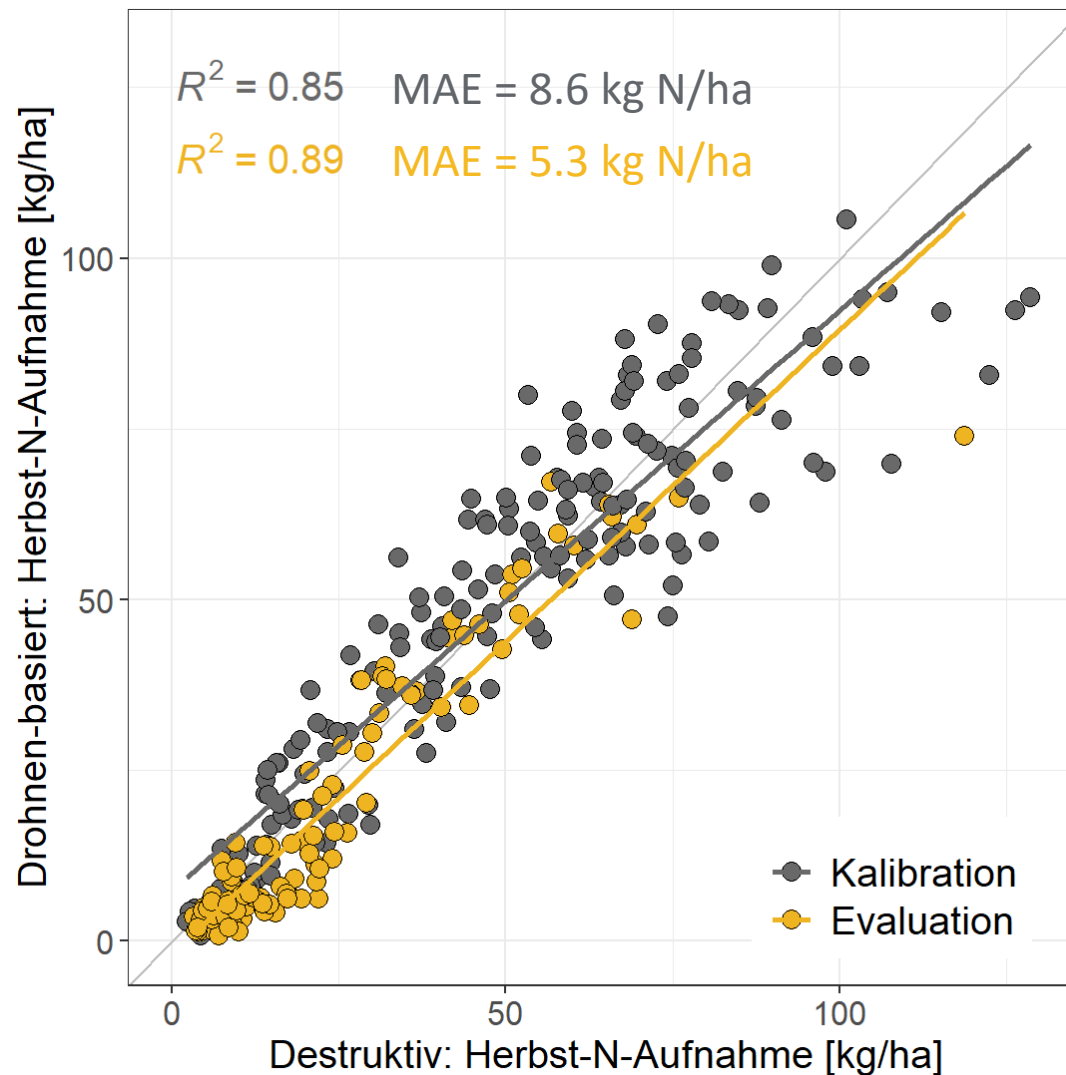
Wiederkehrzeit: 2 - 3 Tage



Auf Versuchsflächen & Betriebsschlägen:

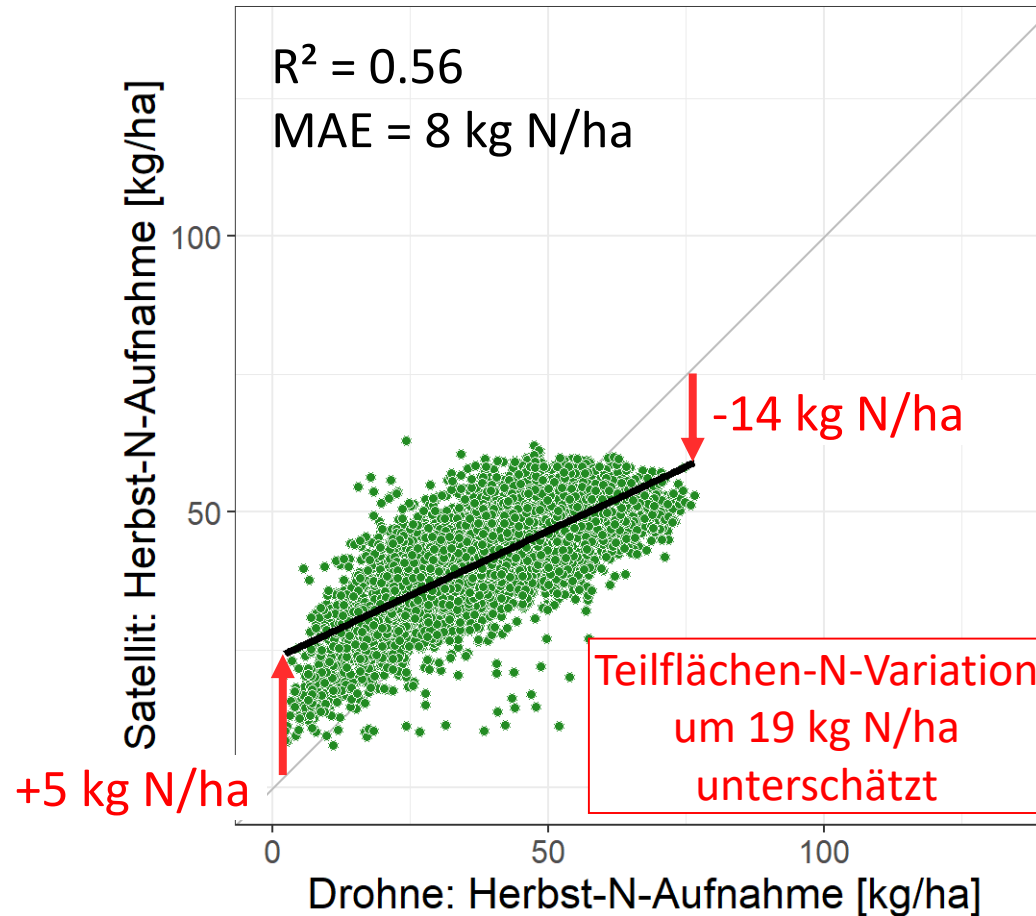
- Destruktive Beprobung
- Drohnenbefliegung
- Bezug von Sentinel-2-Aufnahmen (<https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser>)



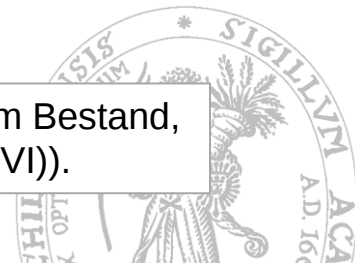


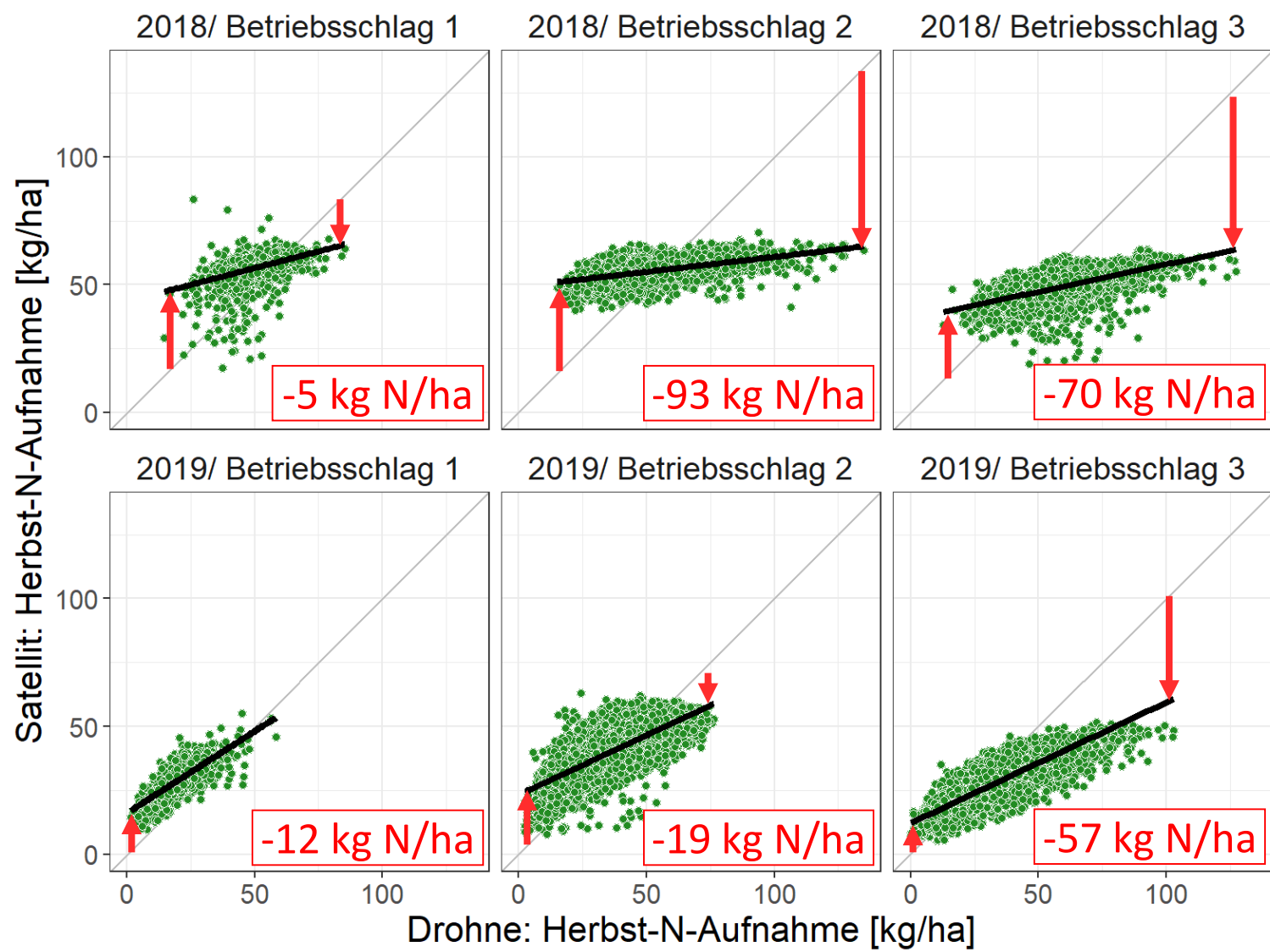
Korrelation von gemessener und drohnen-basiert berechneter N-Menge
(2017, 2018: Kalibration, 2019: Evaluation).





Korrelation drohnenbasiert erfasster und satellitenbasiert berechneter N-Mengen im Bestand, exemplarisch auf einem Betriebsschlag (Modell: N-Bestand = $a \cdot \exp(b \cdot \text{NDVI})$).





Korrelation drohnenbasiert erfasster und satellitenbasiert berechneter N-Mengen im Bestand
(Modell: N-Bestand = $a \cdot \exp(b \cdot \text{NDVI})$).

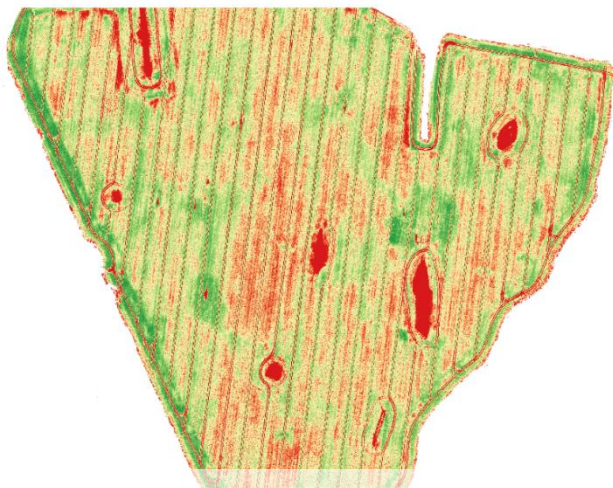




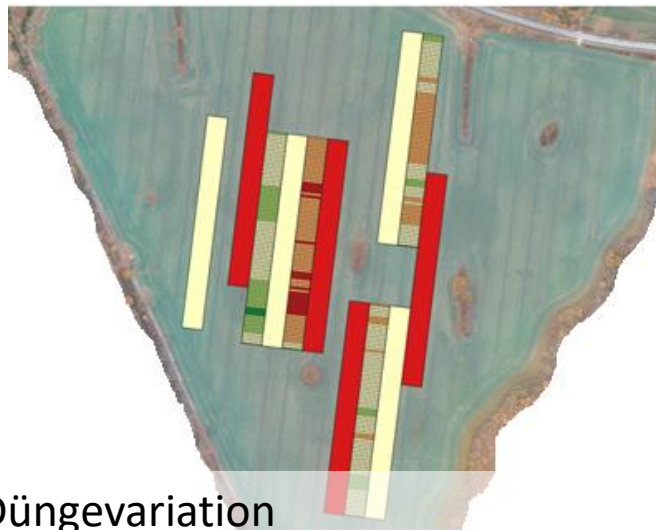
Sentinel-2-Aufnahmen im Vorwinterzeitraum 2021 (<https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>)

Teilflächen-Düngung mittels Drohnenkarten

Versuche auf Praxisschlägen: 3 in 2018/19, 4 in 2019/20



Drohnenbasierte
Erfassung der
Herbst-N-Aufnahme



Düngevariation

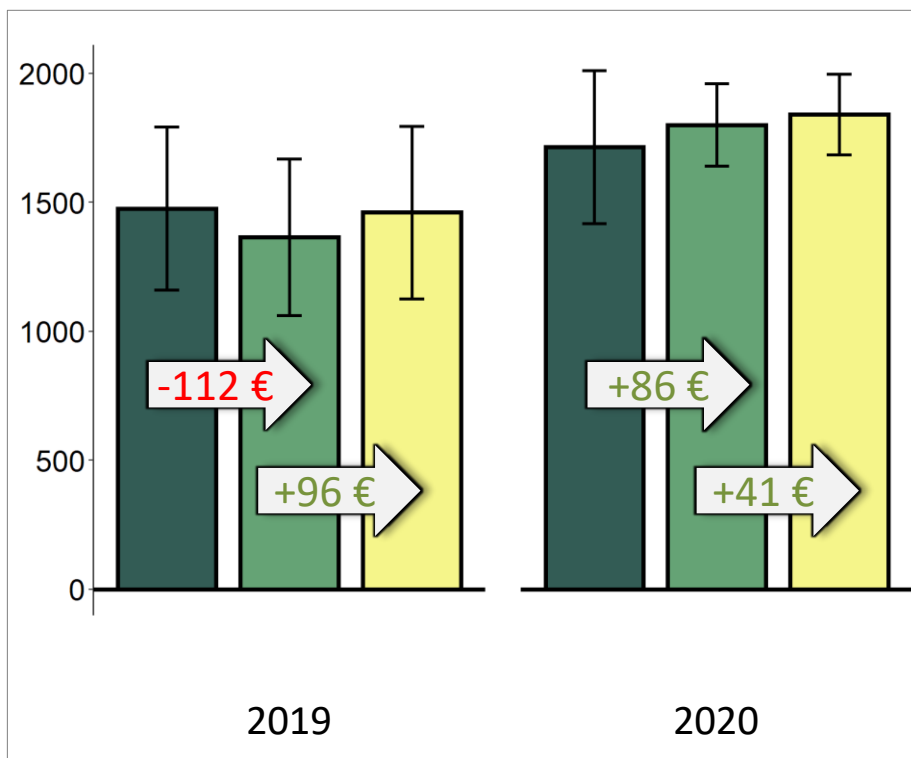
- I. Einheitlich betriebsüblich
- II. Einheitlich angepasst
- III. Teilflächenspezifisch angepasst



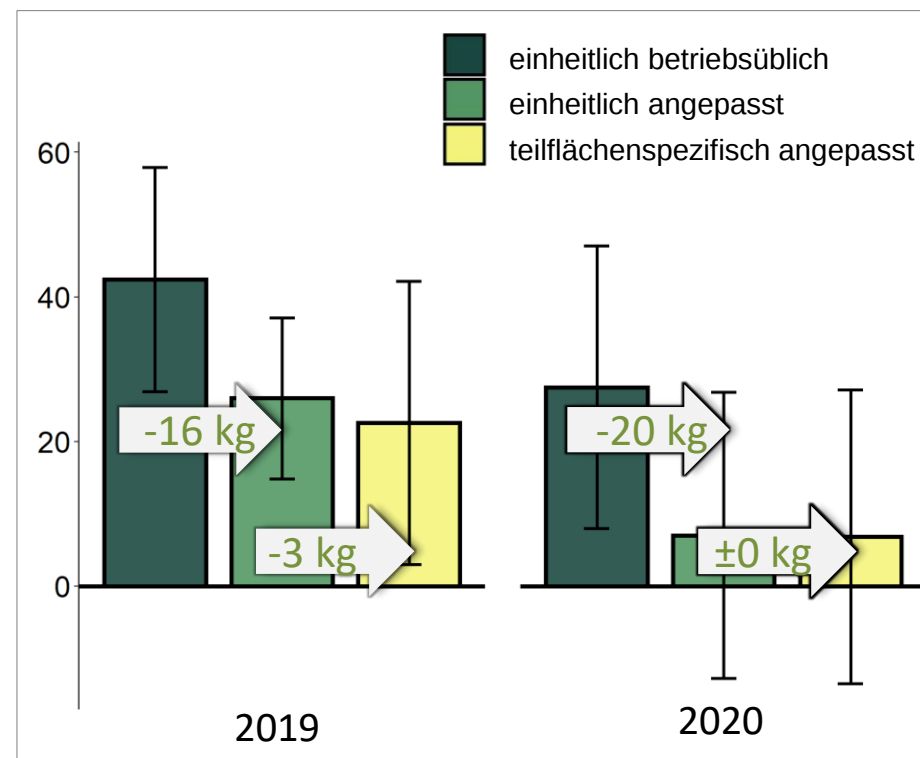
Streifenweiser Drusch:
Ertrag &
Qualitätsparameter



N-kostenfreie Leistung [€/ha]



N-Bilanz [kg N/ha]



Mittelwerte der Versuchsjahre (2019: 3 Standorte, 2020: 4 Standorte). Erträge um Feuchtigkeit & Ölgehalt korrigiert. Annahmen: bei 40 % Öl, 9 % Feuchte, 375 €/t, Düngerpreise von <https://www.agrarheute.com/>.

Möglichkeiten für eine N-Effizienzsteigerung im Rapsanbau

- **Sorteneffekte** durchaus vorhanden
- **Aussaatverschiebung** erhöht Risiko von Mindererträge
- **Frühjahrsdüngung** ertragswirksamer als **Herbstdüngung**
- **Fruchtfolgeeffekte** von Raps:
ertragswirksame Nutzung hoher Rest-Nmin-Werte,
reduzierter N-Bedarf der Nachfrucht
- **Dünge-Anpassung an Herbst-N-Aufnahme**
erlaubt N-Einsparungen ohne Ertragsverlust,
Drohnendaten ermöglichen Teilflächen-Anpassung





Vielen Dank!

Quellen

- Bukowiecki, J.; Kage, H. (2019): Drohnengestützte Erfassung der N-Herbstaufnahme von Winterraps. Raps 37, Heft 1.
- Bukowiecki, J., Kage, H. (2020): Drohnenbasierte Düngung zu Winterraps - Optimale Düngung durch bedarfsgerechte Verteilung? Raps 38, Heft 4.
- Pahlmann I., Böttcher U., Kage H., (2017). Developing and testing an algorithm for site-specific N fertilization of winter oilseed rape. Computers and Electronics in Agriculture 136, 228-237.
- Radke, M. & Kage, H. (2017): Verbesselter N-Transfer nach Ackerbohnen und Winterraps. Raps 35, Heft 3.
- Sieling, K., Sauermann, W., Kage, H., & Schleswig-Holstein, L. (2009). Optimierung der Stickstoffdüngung zu Winterraps durch schlagspezifische Berücksichtigung von Bestandesparametern und Ertragspotenzial. Abschlussbericht für die Union zur Förderung von Öl-und Proteinpflanzen e. V.
- Sieling, K., & Kage, H. (2011). Optimizing N fertilization of winter oilseed rape. In 13th International Rapeseed Congress: Proceedings. Prague.

