Der Pflanzenbau der Zukunft

Pflanzenbautagung, 23. Februar 2018 in Groitzsch

Kurt-Jürgen Hülsbergen, Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme

Der Pflanzenbau der Zukunft

- **Aktuelle Probleme und Herausforderungen im Pflanzenbau**

  Zwischen Wettbewerbsdruck und gesellschaftlichen Erwartungen

- **Optimierungsansätze im Pflanzenbau**

  Digitales Nährstoffmanagement und Precision Farming

  Klimaschutz durch Emissionsminderung und Humusaufbau

  Förderung der Biodiversität durch pflanzenbauliche Maßnahmen

- **Schlussfolgerungen und Ausblick**

Herausforderungen an den Pflanzenbau

- **Begrenzte Ressourcen**

  Boden, Wasser, Energie, Nährstoffe, Biodiversität…

- **Steigender Bedarf an Nahrungsmitteln und Biomasse**

  Ernährungssicherung: Anstieg des Biomassebedarfs um 70 % bis 2050

- **Landwirtschaft und Klimawandel**

  Ertragseffekte, Trocken- und Hitzestress, Treibhausgasemissionen

- **Globalisierte Märkte**

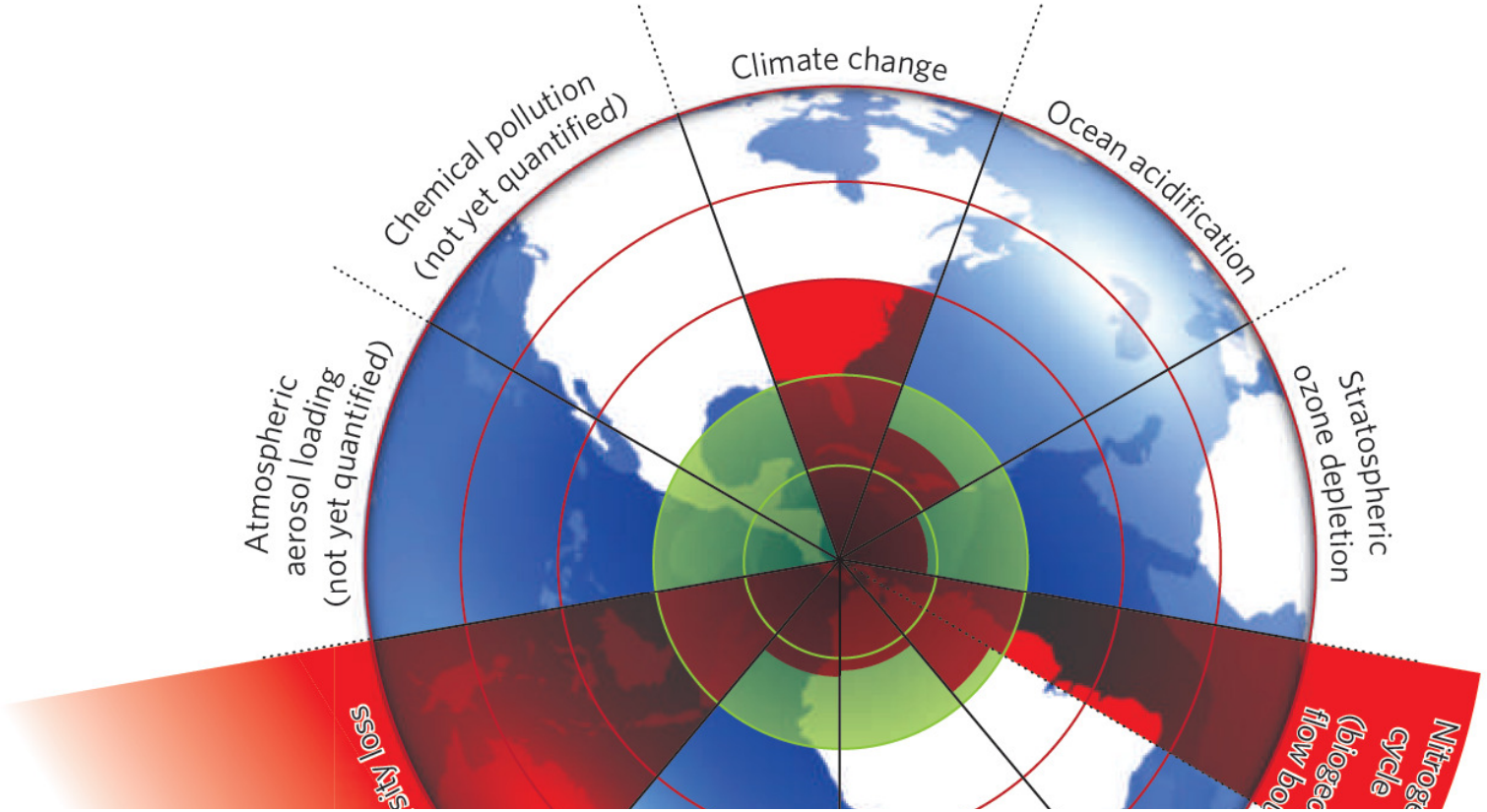
  Weltweite Warenströme, Kampf um Marktanteile, Preissprünge, …

- **Gesellschaftliche Erwartungen**

  Klima- und Umweltschutz, Lebensmittelsicherheit, Tiergerechtheit, …

Identifying and quantifying planetary boundaries

Rockström et al. (2009): Nature 461, 472-475.



In drei Bereichen Überschreitung der kritischen Grenzen:

- **Klimaänderung:** CO_2-Emissionen
- **Stickstoffkreislauf:** Düngerproduktion + N_2-Fixierung
- **Biodiversität:** Biodiversitätsverlust, Artensterben

Landwirtschaft Fokus 2030

2. Nährstoffüberschüsse, Artenrückgang und Klimawandel in den Griff bekommen.

Regionale Konzentrationen von Wirtschaftsdüngern vermindern,
klassische ackerbauliche Prinzipien der Fruchtfolgegestaltung anwenden.

5. Pflanzenbau mit Umwelt- und Naturschutz in Einklang bringen.

Pflanzenschutz (präventive Verfahren, mechanische Unkrautregulierung, resistente Sorten, Wirkstoffwechsel, neue Wirkstoffe), Kulturartenspektrum erweitern, Nährstoffmanagement.

6. Potenziale der Digitalisierung nutzen.

Digitalisierung als Megatrend, Digitalisierungsplattformen (Managementsysteme),
Nutzung technischer Innovationen (GSP, Sensoren, Robotik).

- **Ackerbaustrategie und Insektenschutz**

  Die **Umsetzung der Ackerbaustrategie für umwelt- und naturverträgliche Anwendungen von Pflanzenschutzmitteln** werden wir gemeinsam mit der Landwirtschaft vornehmen.
  Wir legen diese Strategien bis Mitte der Legislaturperiode vor.

- **Chancen der Digitalisierung nutzen**

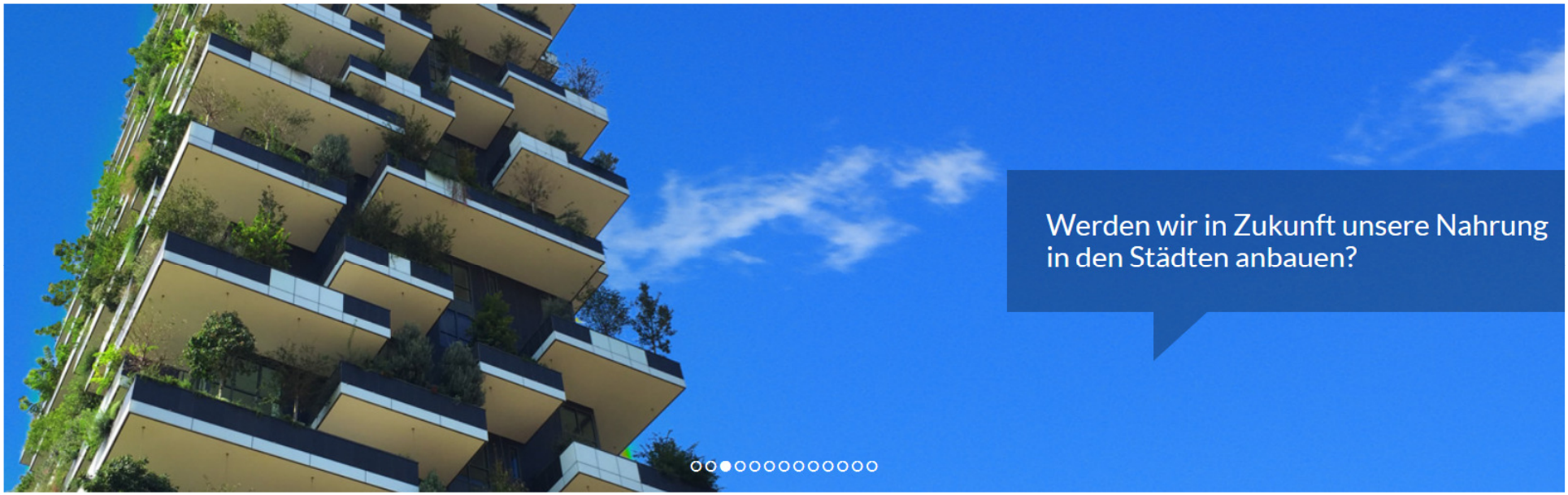
  … die Potenziale der Digitalisierung …, beispielsweise zur Reduzierung des Einsatzes von Pflanzenschutz- und Düngemitteln, fördern.

- **Ökologische Landwirtschaft stärken**

  …einen Flächenanteil von 20 Prozent nachfrageorientiert … bis zum Jahr 2030 erreichen.

Bundesministerium für Bildung und Forschung

Agrarsysteme der Zukunft



Agrarsysteme der Zukunft

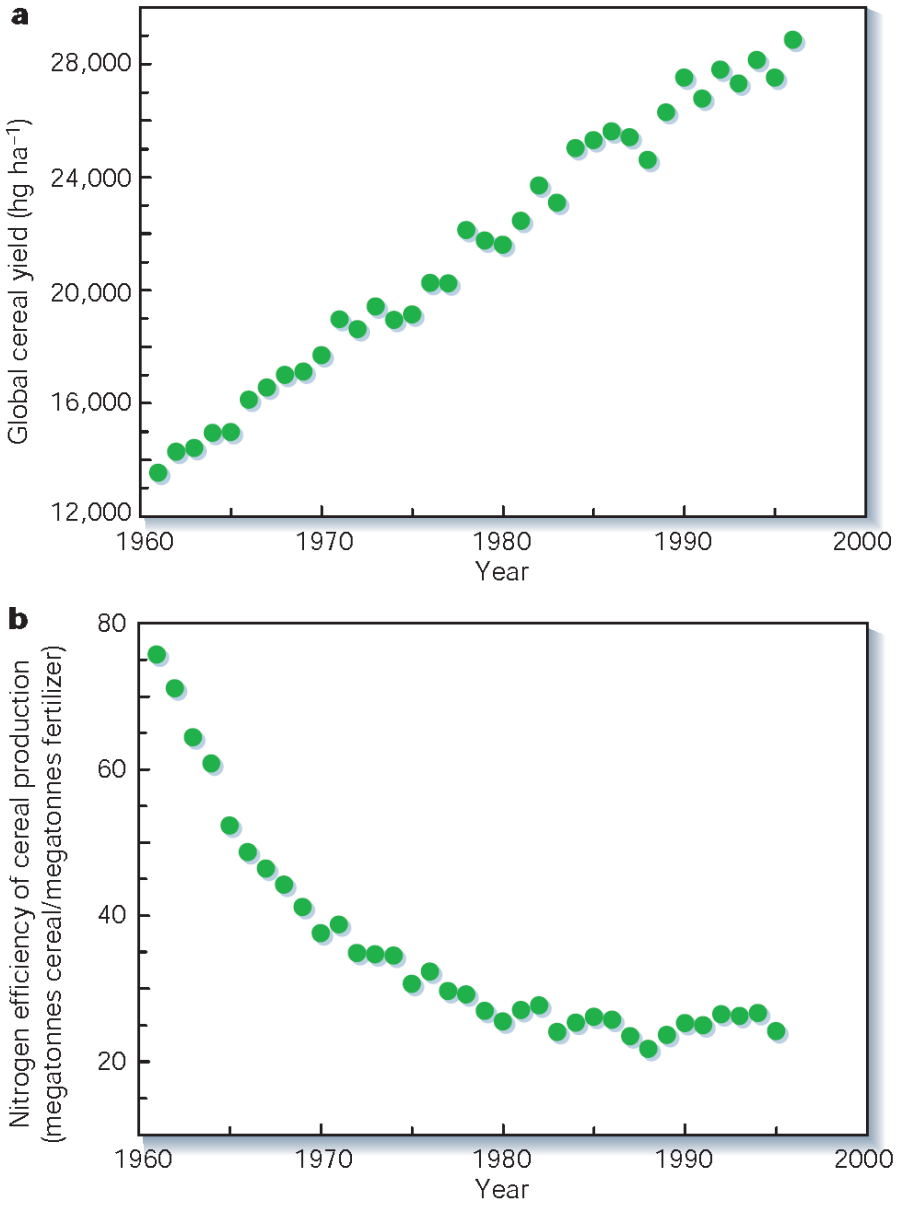
Wie können wir die Agrarsysteme von morgen gestalten?

Erhöhung der Stickstoffeffizienz

Von der sensorgestützten teilflächenspezifischen Düngung

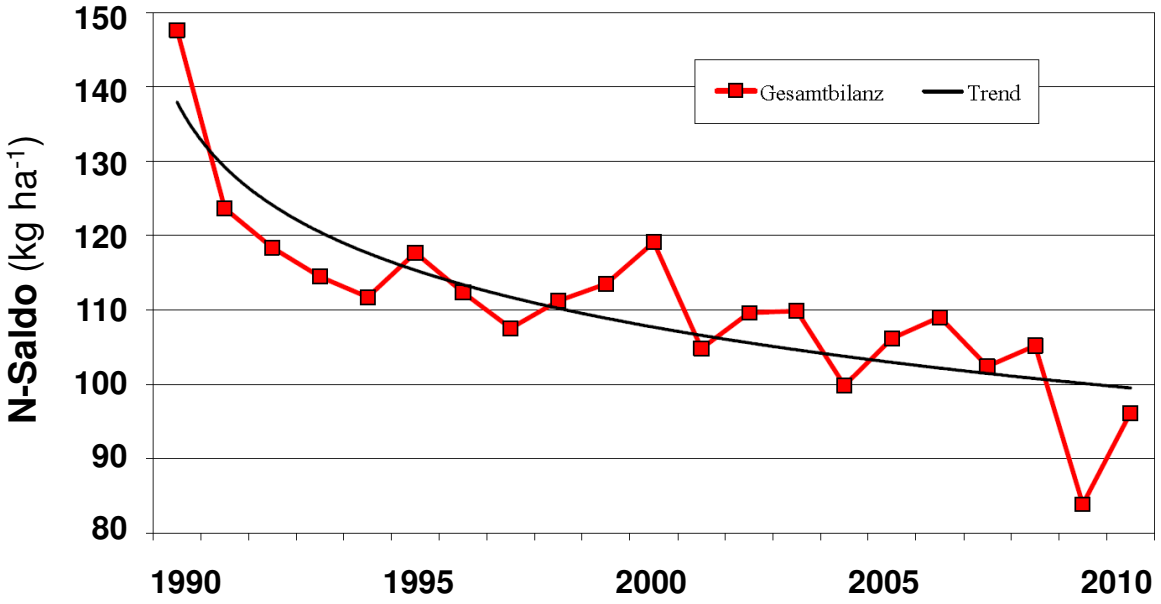
zum digitalen betrieblichen Nährstoffmanagement

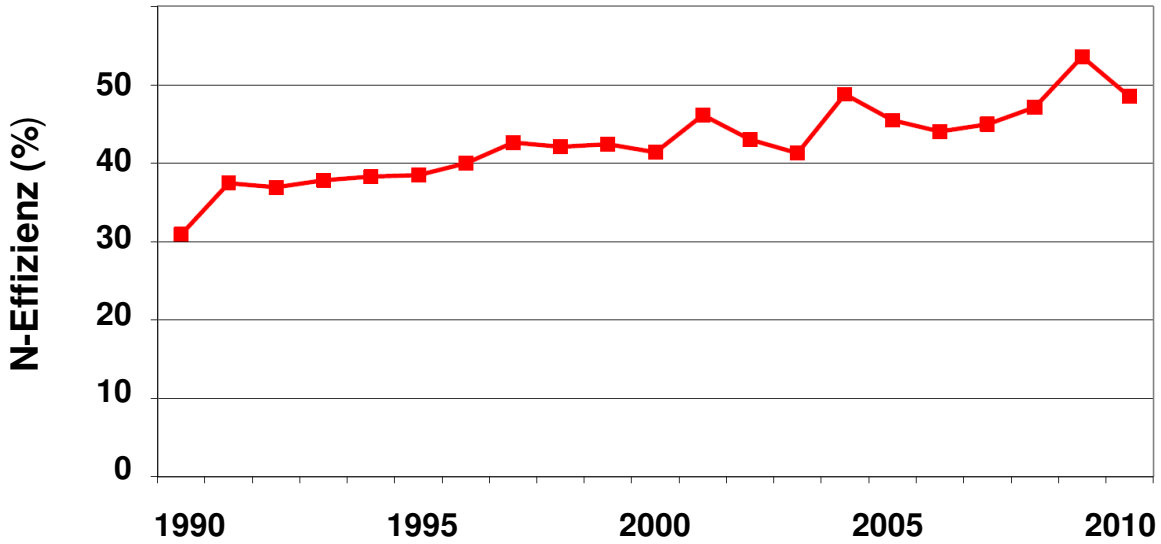
Trends in average global cereal yields and nitrogen-fertilization efficiency of crop production



Tilman et al. (2002): Nature 418, 671-676.

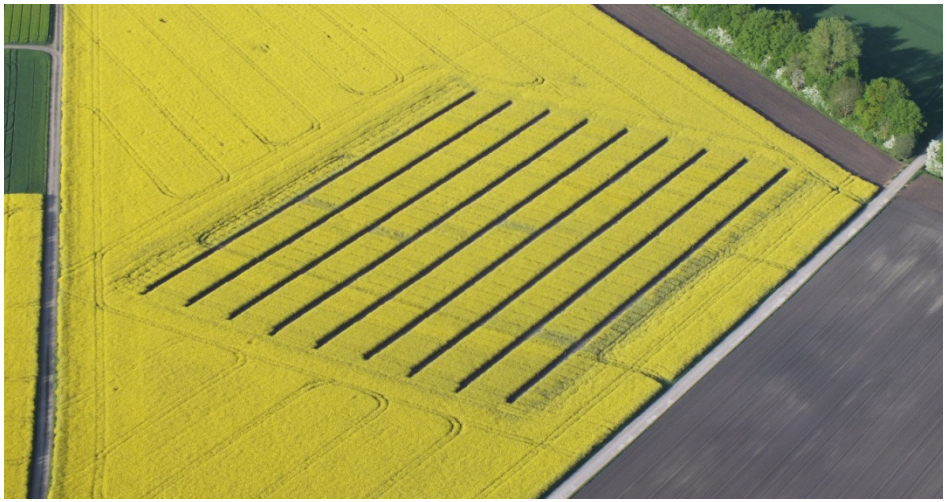
Entwicklung N-Saldo und N-Effizienz (BMELV 2012)





Precision Farming

Teilflächenspezifische Stickstoffdüngung auf wissenschaftlicher Grundlage

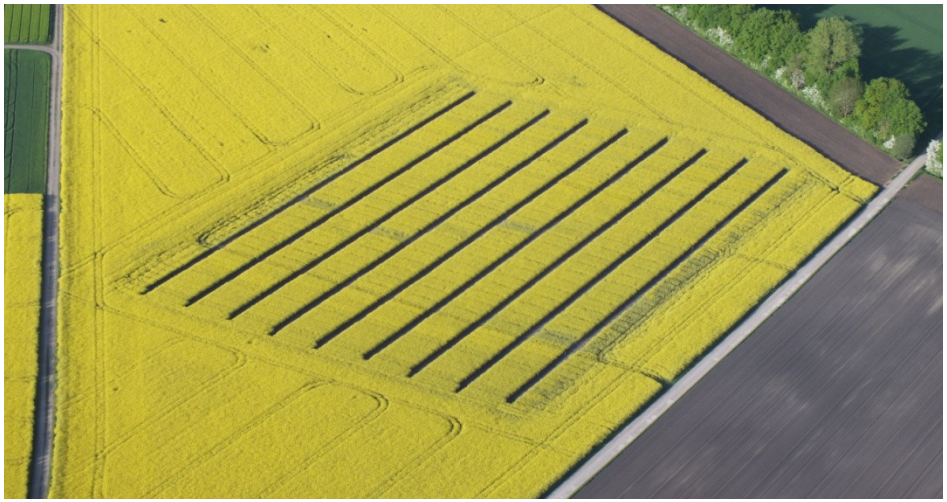


Stickstoffdüngeversuche mit Winterraps in Roggenstein

Anwendung in der Praxis: Messalgorithmen und Düngesystem der TUM

Precision Farming

Teilflächenspezifische Stickstoffdüngung auf wissenschaftlicher Grundlage

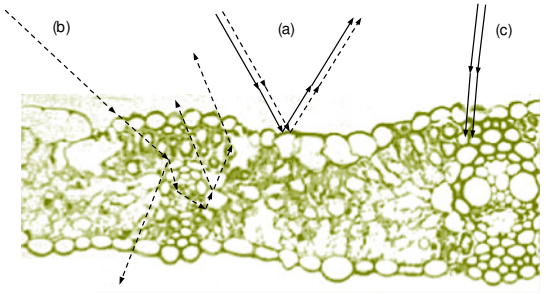


Stickstoffdüngeversuche mit Winterraps in Roggenstein

Multispektrales Sensorsystem am Schlepper

Spektrale Biomassemessung, Winterweizen

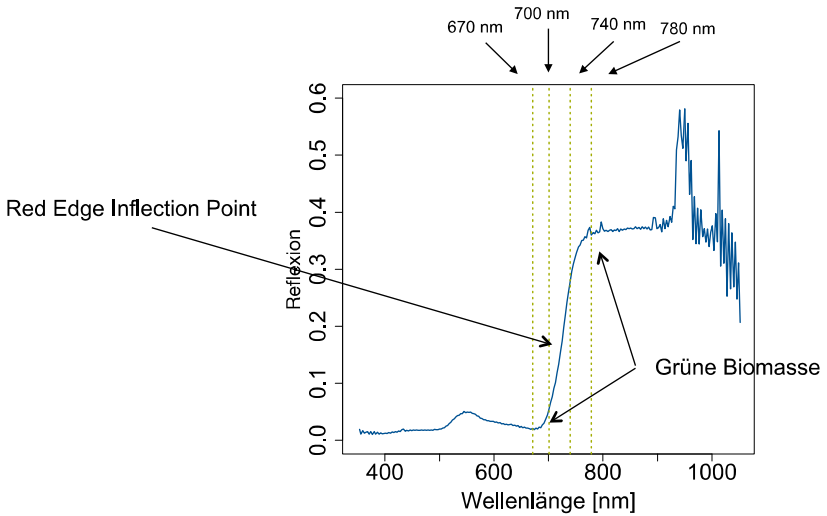
Ochsenbauer und Huber (2012)



(a) Direkte Reflexion

(b) Transmission und Streuung

(c) Absorption



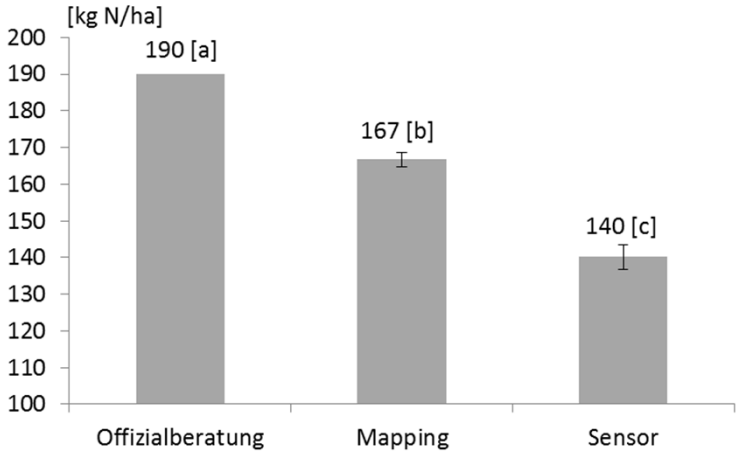
$$REIP = 700 + 40\,\frac{0.5\,(R_{670} + R_{780}) - R_{700}}{R_{740} + R_{700}}$$ (Bayet & Guyot, 1988)

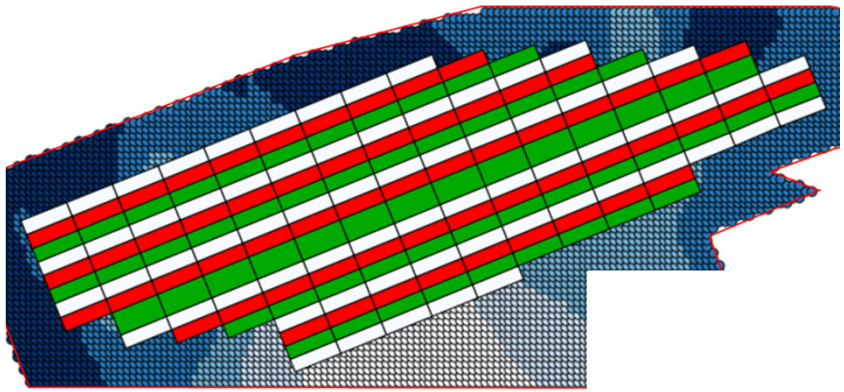
Feldexperiment zur teilflächenspezifischen N-Düngung

Optimierung der N-Düngung bei Wintergerste

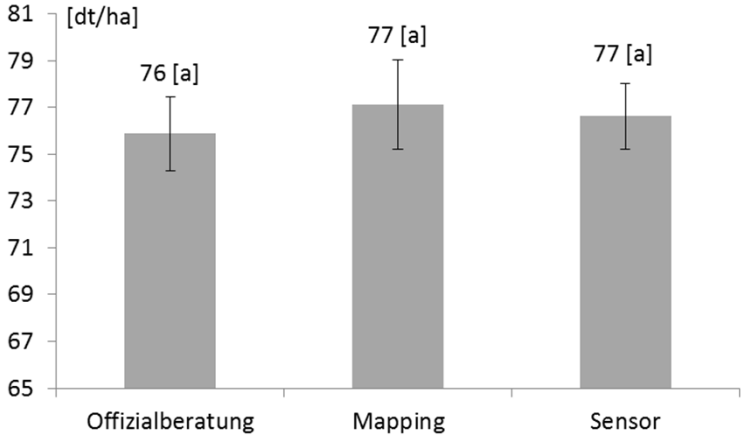
Streifenversuche, Versuchsstation Roggenstein (Spicker 2016)

Mineral-N-Düngung

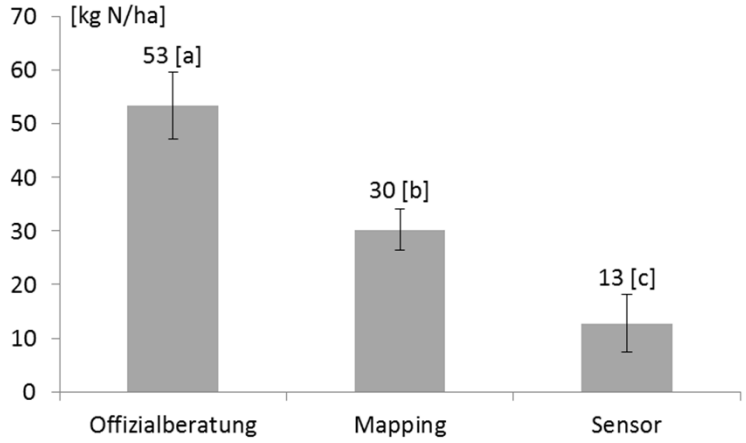




Korn-Ertrag

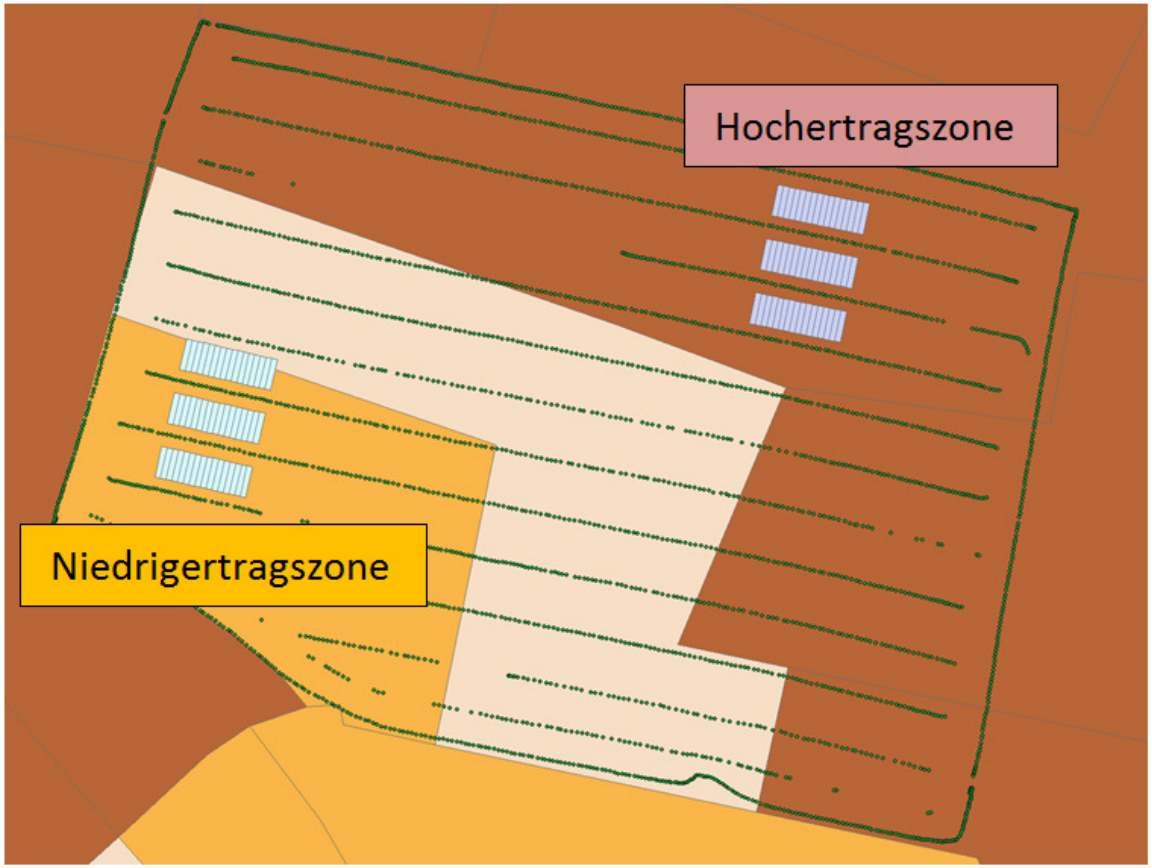


N-Saldo



Versuchsflächen auf Praxisschlägen

Lage von Versuchsparzellen in einer Hoch- und Niedrigertragszone (Prücklmaier 2017)



Hochertrag

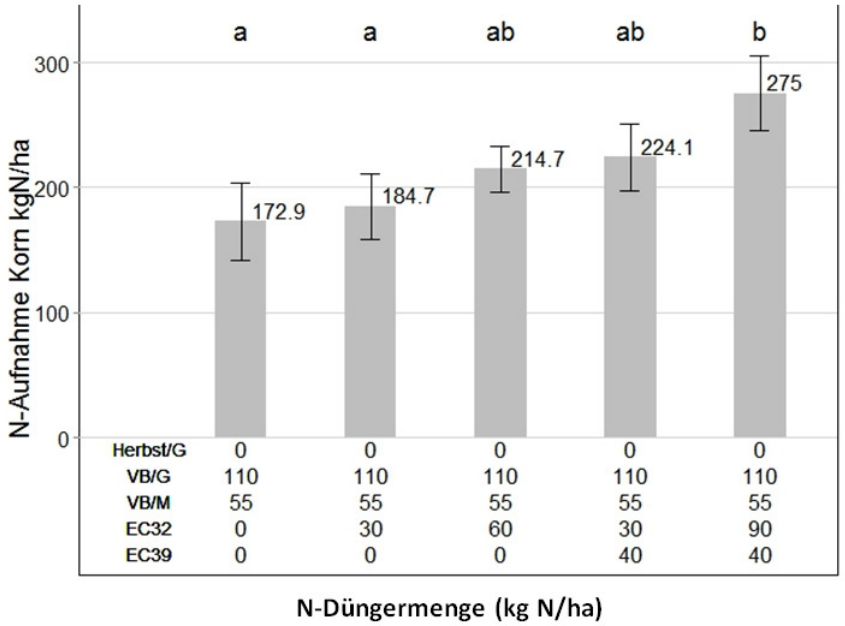
Mittelertrag

Niedrigertrag

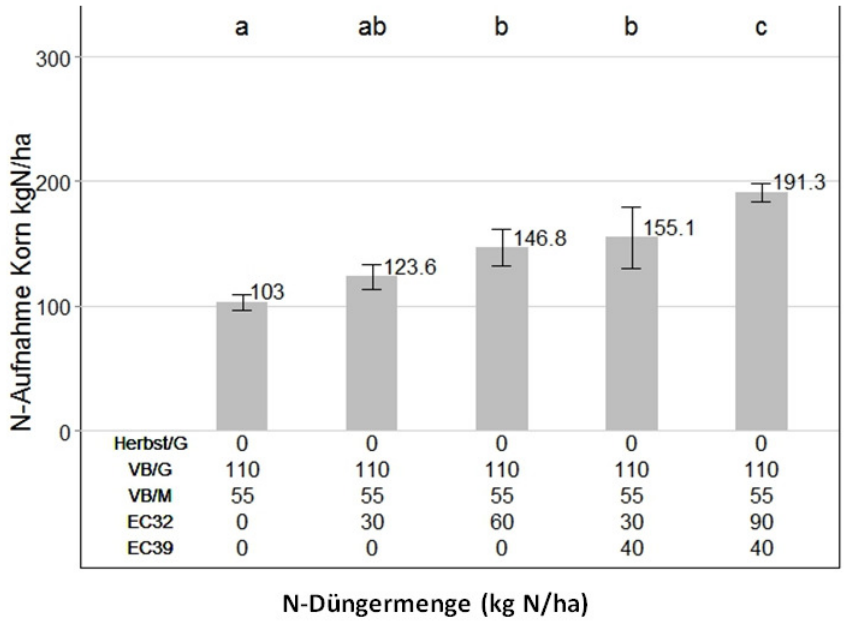
Versuch

N-Entzug von Winterweizen, Hoch- und Niedrigertragszone

Forschungsprojekt Hohenthann, 2014 (Prücklmaier et al. 2016)



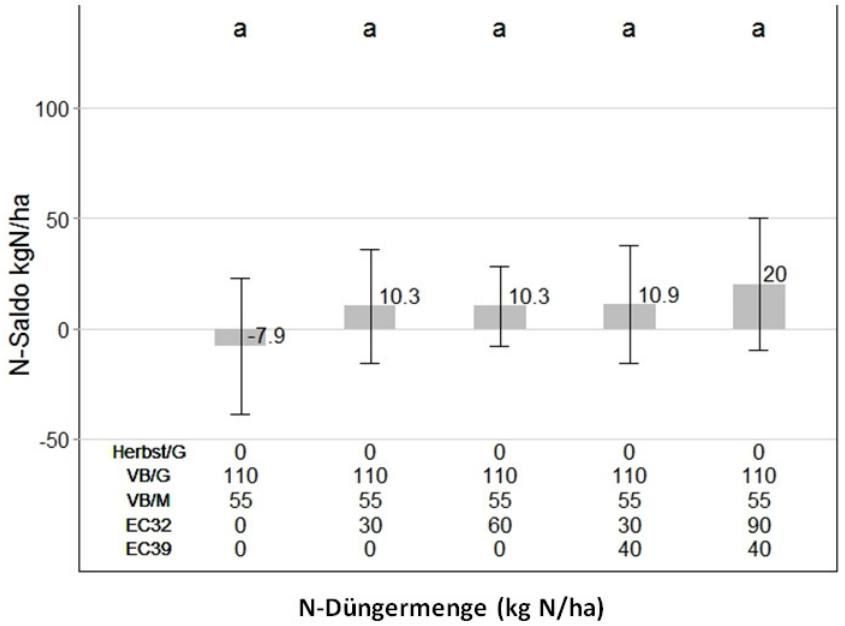
N-Aufnahme im Korn, Winterweizen, Schlag 1, Hochertragszone
VB = Vegetationsbeginn, G = Gülle, M = Mineral-N



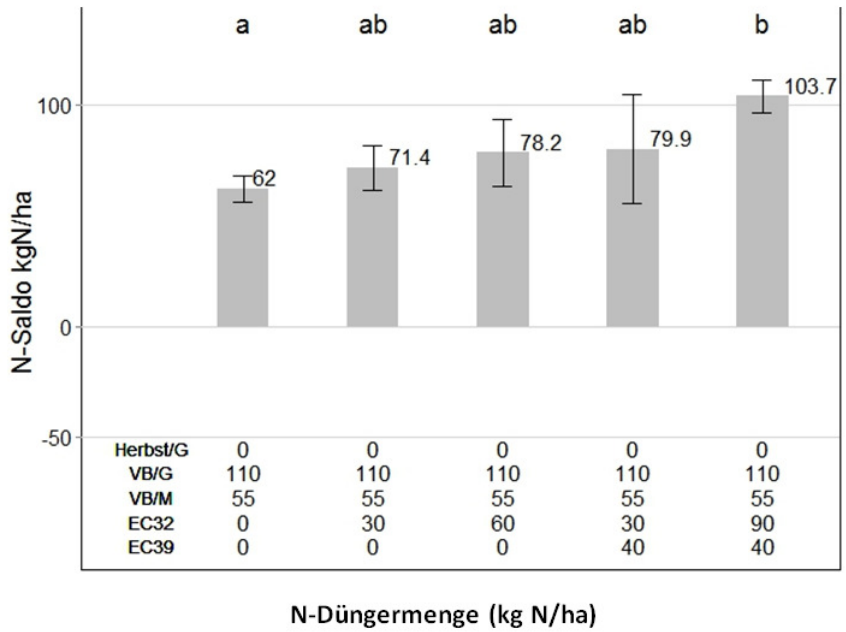
N-Aufnahme im Korn, Winterweizen, Schlag 1, Niedrigertragszone
VB = Vegetationsbeginn, G = Gülle, M = Mineral-N

N-Saldo, Winterweizen, Hoch- und Niedrigertragszone

Forschungsprojekt Hohenthann, 2014 (Prücklmaier et al. 2016)



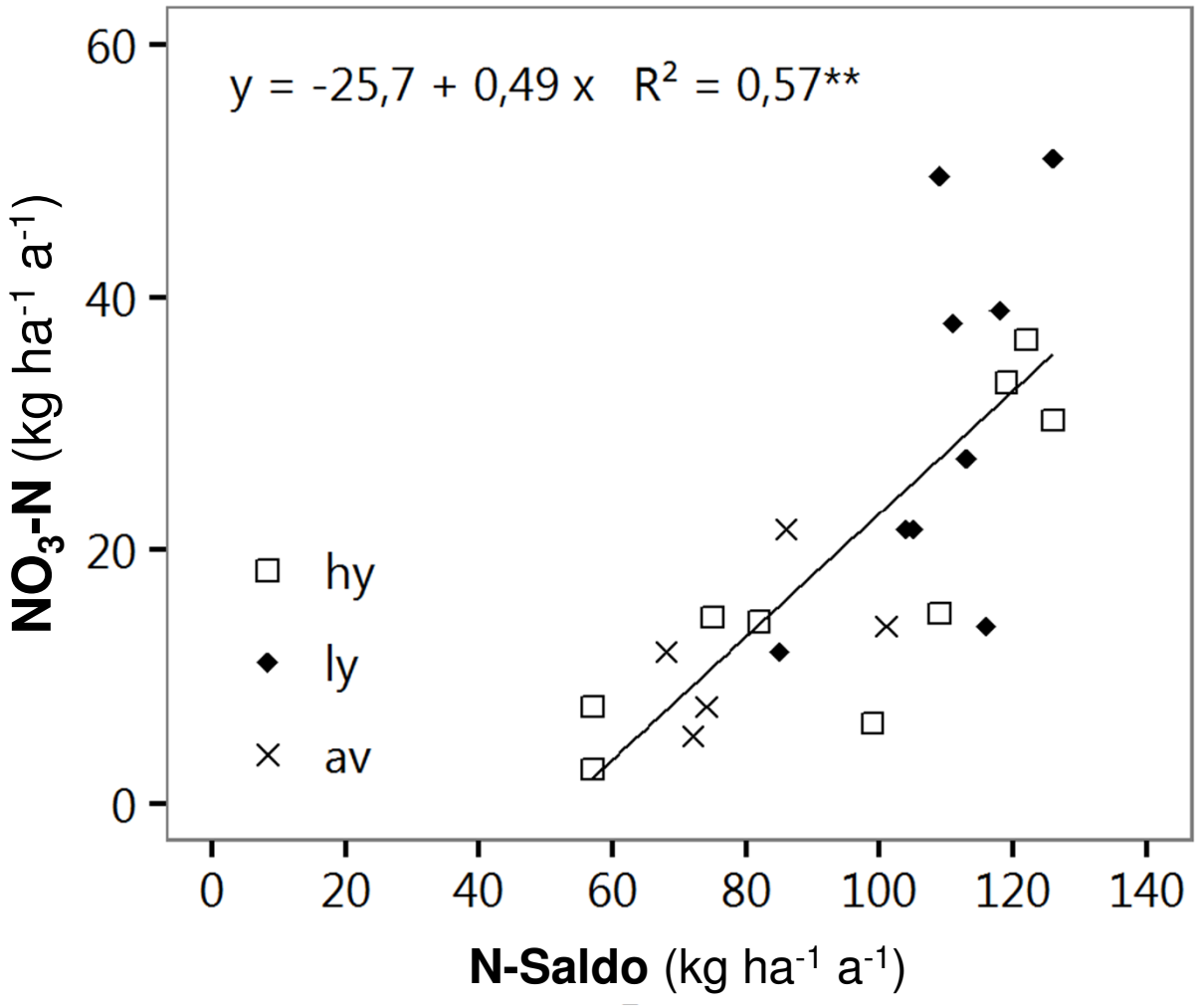
N-Saldo, Winterweizen, Schlag 1, Hochertragszone
VB = Vegetationsbeginn, G = Gülle, M = Mineral-N



N-Saldo, Winterweizen, Schlag 1, Niedrigertragszone
VB = Vegetationsbeginn, G = Gülle, M = Mineral-N

Beziehung zwischen N-Saldo und Nitratverlusten,

ermittelt mit Tiefenbohrungen (Forster 2017)



Nutzenspotenziale von Precision Farming

- **Positive ökonomische Effekte**

  Einsparung von Betriebsmitteln (Dünger, PSM, Saatgut, …) und Kosten

- **Erhöhung der Ressourceneffizienz (Stickstoff, Phosphor, Energie, ….)**

- **Positive ökologische Effekte**
  - Minderung der NO_3-Verluste → Gewässerschutz
  - Minderung der N_2O-Emissionen → Klimaschutz
  - Erhaltung der Ertragsfähigkeit der Böden (optimale Nährstoffgehalte)

- **Positives Image der Landwirtschaft**

Digitales Nährstoffmanagement

- **<u>Digitales Nährstoff-Managementsystem</u>:**

  Modular aufgebautes digitales Managementsystem

  zur Analyse, Bewertung und Optimierung von Nährstoffströmen

  auf unterschiedlichen Systemebenen

- **Integration von Daten unterschiedlicher Produktionsbereiche**

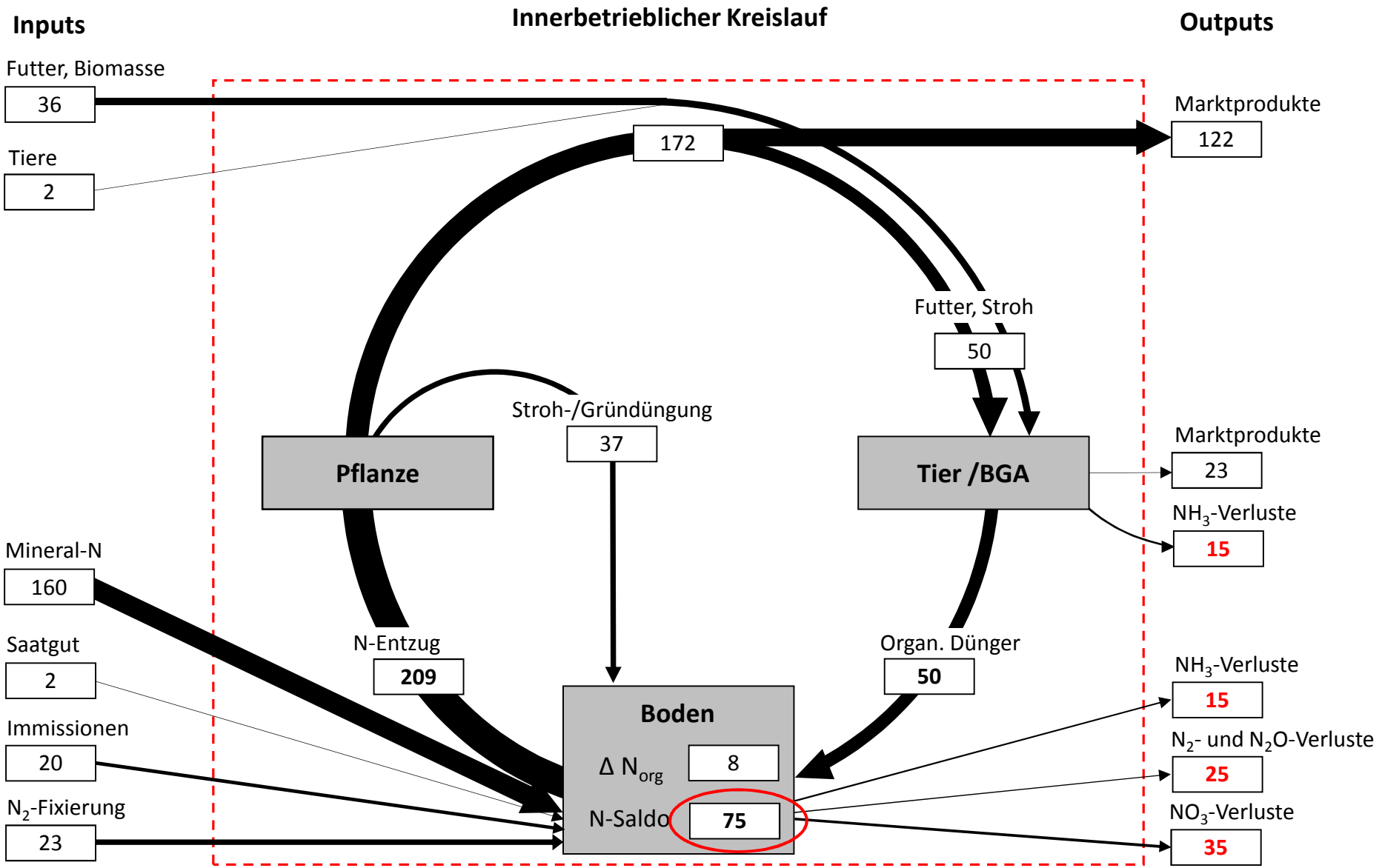
  (Pflanzenbau, Tierhaltung, Biogasanlage, …) in ein Gesamtsystem

- **Auswertung mit leistungsfähigen Algorithmen, um neue Informationen zu**

  gewinnen und betriebliche Entscheidungsprozesse zu unterstützen

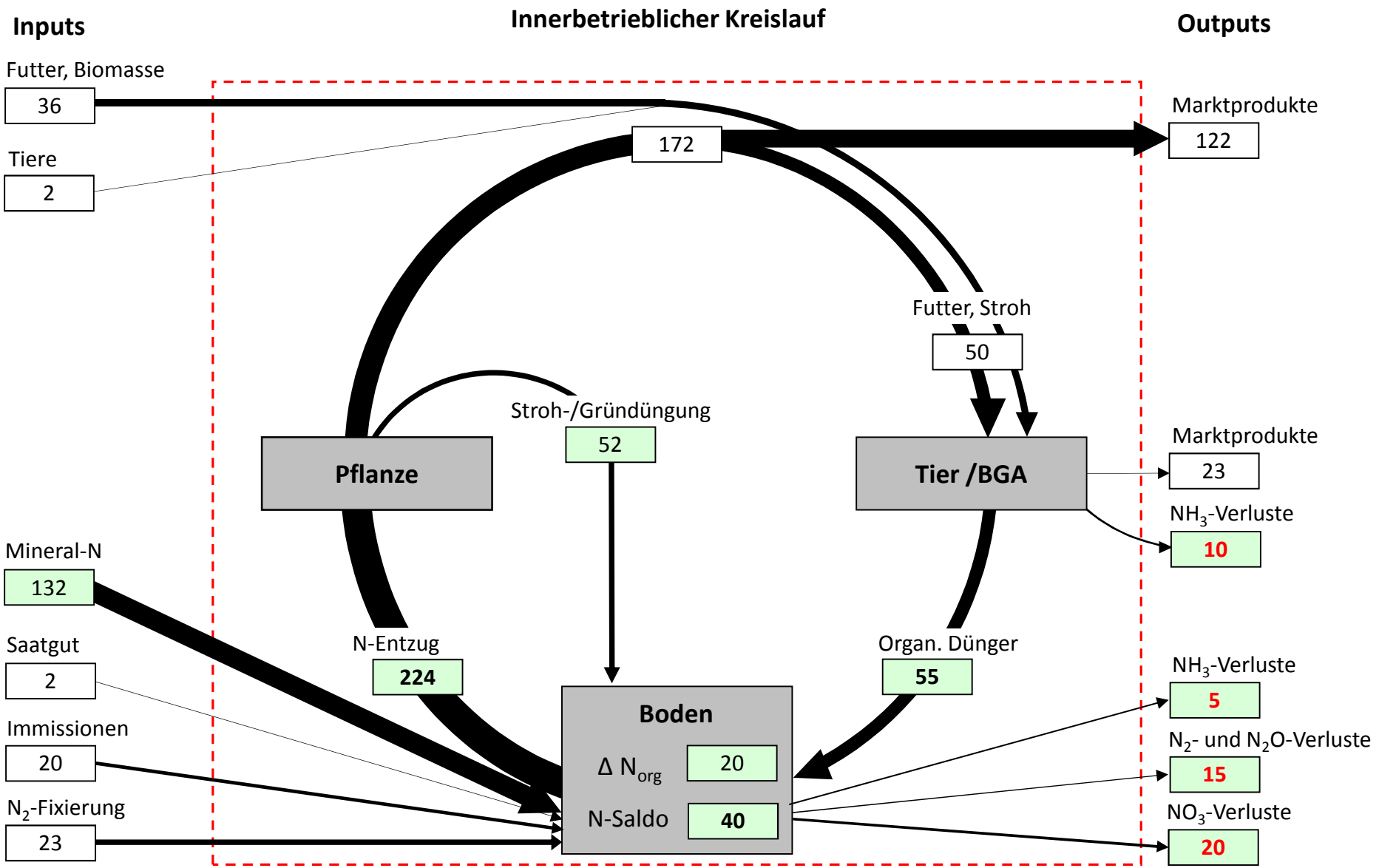
Stickstoffkreislauf, Praxisbeispiel Betrieb B (kg N ha^{-1} a^{-1})

Ausgangssituation



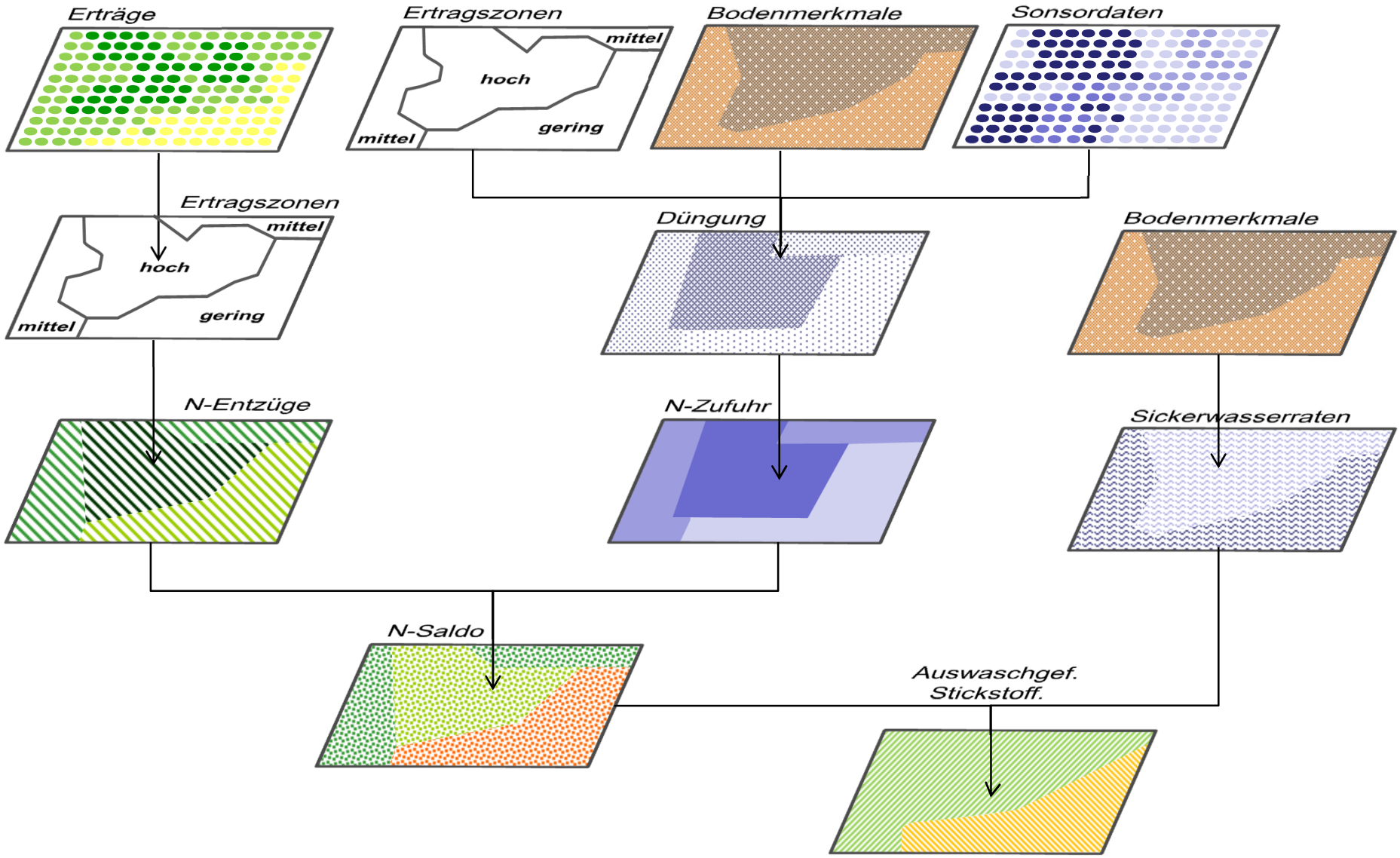
Stickstoffkreislauf, Praxisbeispiel Betrieb B (kg N ha^{-1} a^{-1})

Zielvariante



Schema teilflächenspezifischer N-Bilanzierung

Projekt *Emissionsminderung durch optimierte Stickstoffkreisläufe* (Hülsbergen et al. 2016)

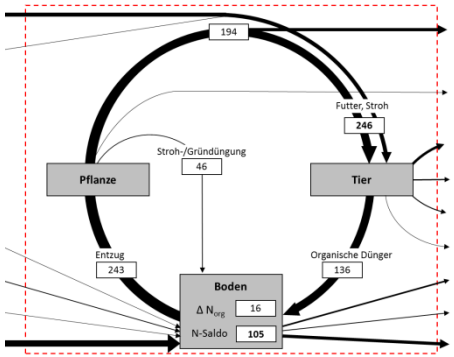


Modellkopplung und Datenaustausch

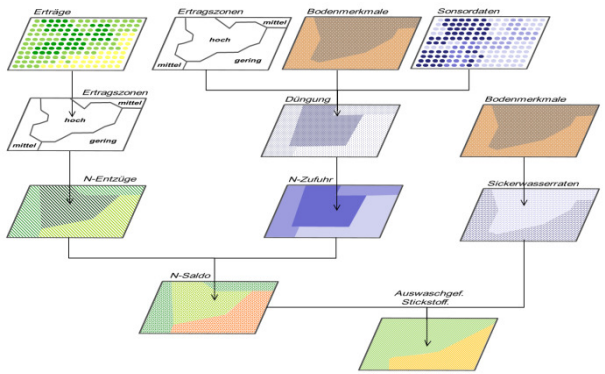
Projekt *Web-basiertes betriebliches Nährstoffmanagement* (Hülsbergen et al. 2016)

N-Managementsystem

N-Kreislauf



GIS-Modul

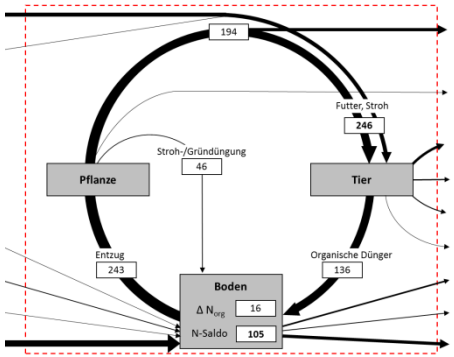


Modellkopplung und Datenaustausch

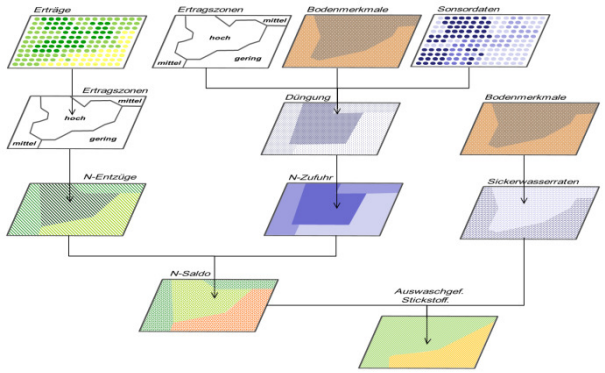
Projekt *Web-basiertes betriebliches Nährstoffmanagement* (Hülsbergen et al. 2016)

N-Managementsystem

N-Kreislauf



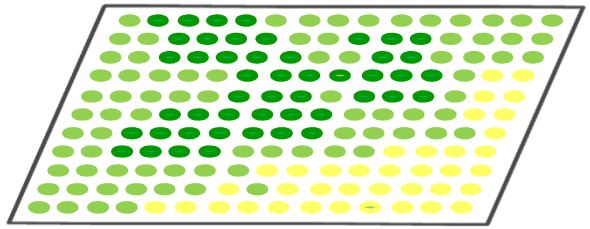
GIS-Modul



N-Düngesystem

Sensorsystem

Thematische Karten

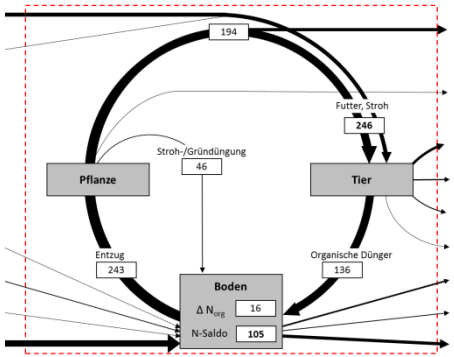


Modellkopplung und Datenaustausch

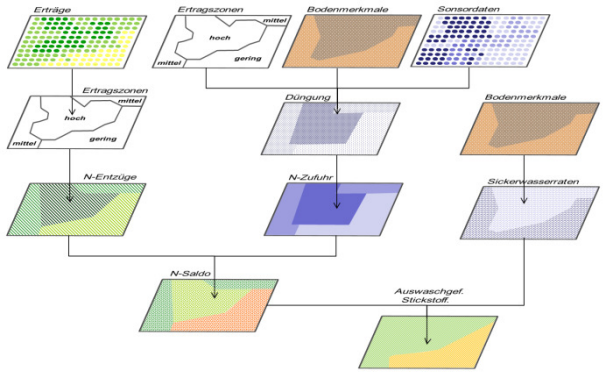
Projekt *Web-basiertes betriebliches Nährstoffmanagement* (Hülsbergen et al. 2016)

N-Managementsystem

N-Kreislauf



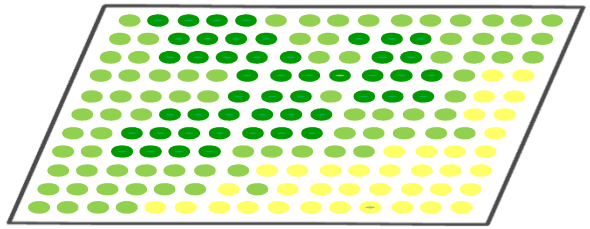
GIS-Modul



N-Düngesystem

Sensorsystem

Thematische Karten



Fazit: Digitalisierung und Precision Farming

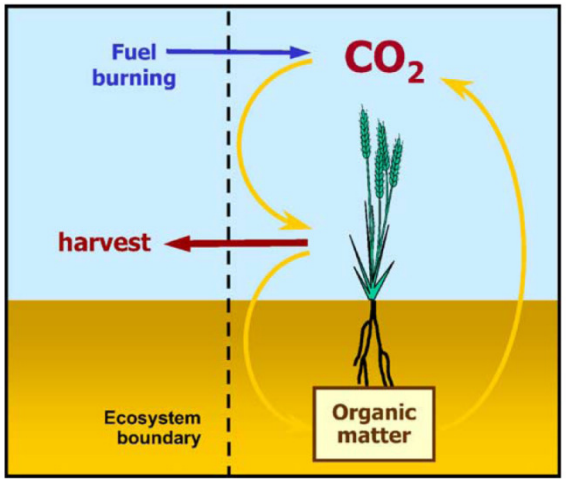
- **Die digitale Transformation wird die Landwirtschaft grundlegend verändern.**

- **Digitalisierungsfortschritte können dazu beitragen, die Ressourceneffizienz zu steigern und die Umwelt zu entlasten.**

- **Ein wichtiger Bereich der „Digitalen Landwirtschaft“ mit hohem Anwendungs- und Innovationspotenzial ist das „Digitale Nährstoffmanagement“.**

- **Um das erreichte Ertragsniveau zu erhalten und gleichzeitig die Umwelt zu entlasten, ist eine Erhöhung der Nährstoffeffizienz durch eine Feinsteuerung mit modernsten Systemen des digitalen Nährstoffmanagements erforderlich.**

Klimawirkungen der Landwirtschaft

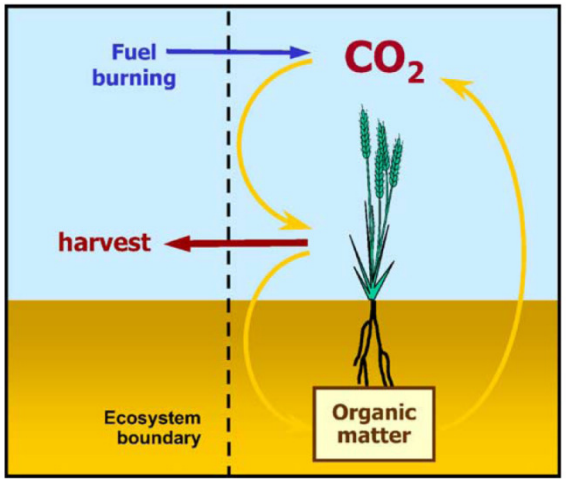


Treibhausgasflüsse in der Landwirtschaft

- **Energieeinsatz und CO_2-Emissionen**
- **C-Bindung von Böden durch Humusaufbau**
- **N_2O-Emissionen aus Böden und Düngung**
- **CH_4-Emissionen der Tierhaltung**

$CO_{2\ eq}$ / ha (Fläche)

$CO_{2\ eq}$ / GJ (Produkt)

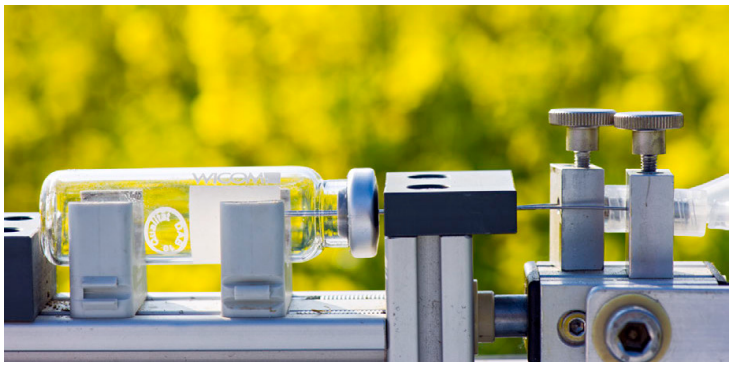


Forschungsbedarf – Winterraps

Kenntnisse über N_2O-Emissionen im Rapsanbau sind unzureichend.

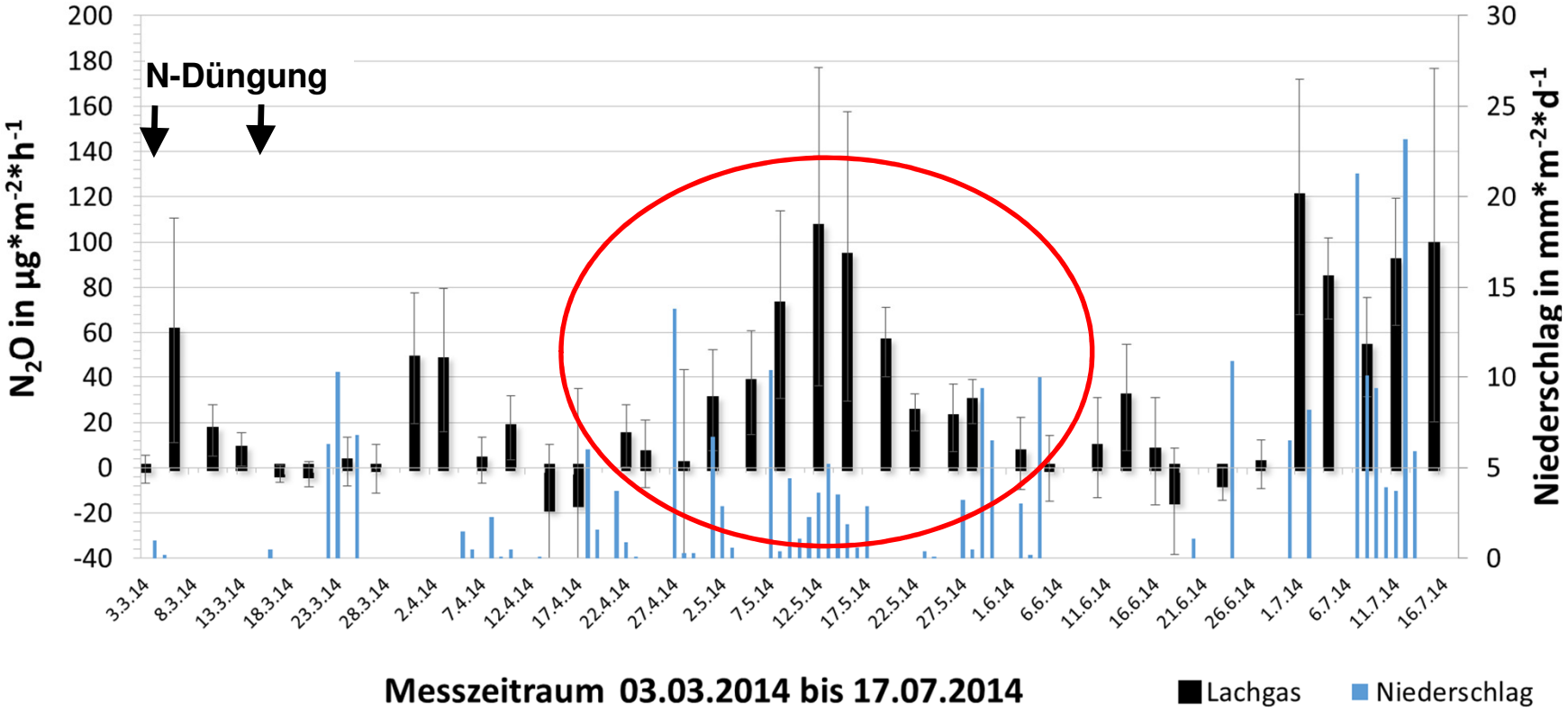
Ökobilanzierung von RME beruht nicht auf N_2O-Messwerten.

N_2O-Minderungsstrategien können nicht zuverlässig beurteilt werden.



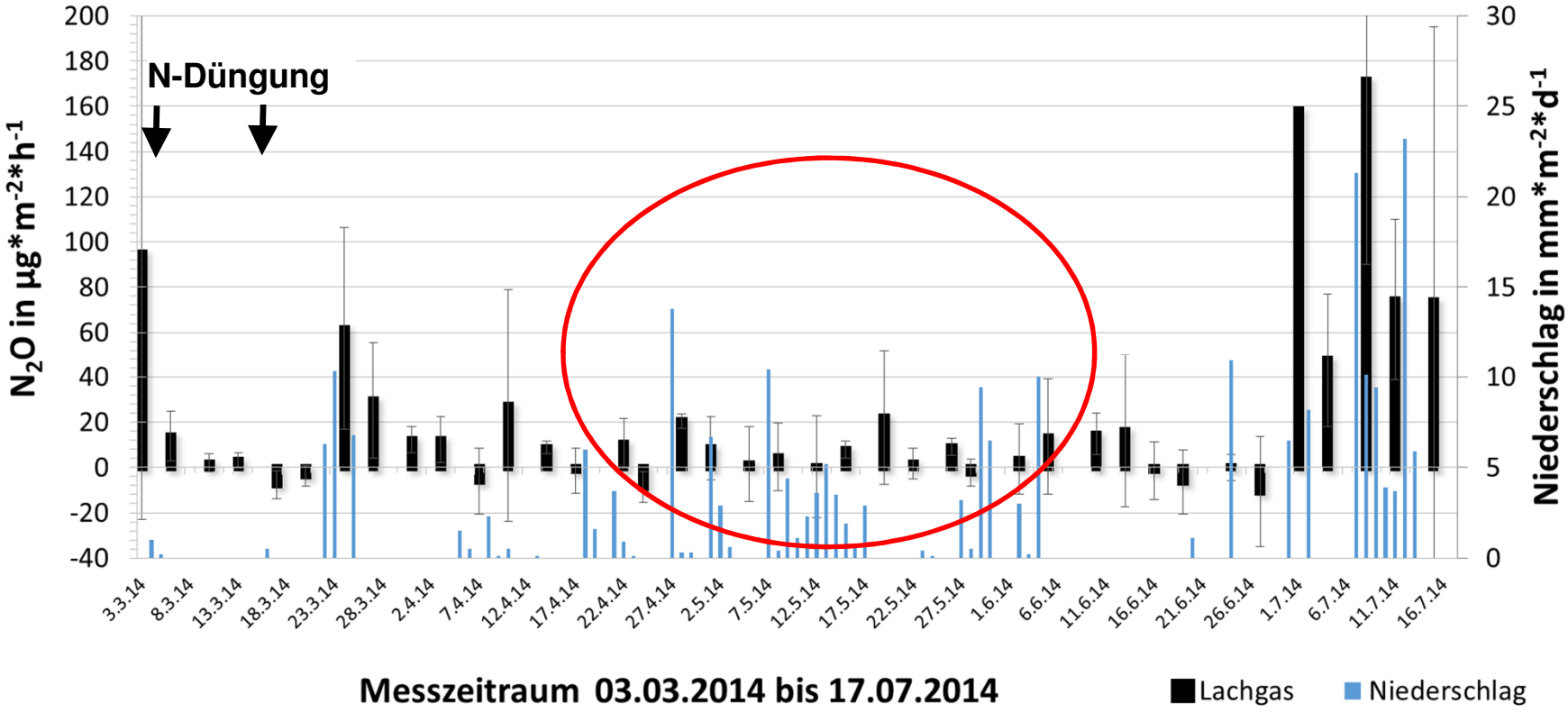
N_2O-Flüsse, Winterraps, 40/120/60 = 220 kg N ha^{-1} (ASS)

Versuchsstation Roggenstein (Vinzent, Maidl & Hülsbergen 2017)

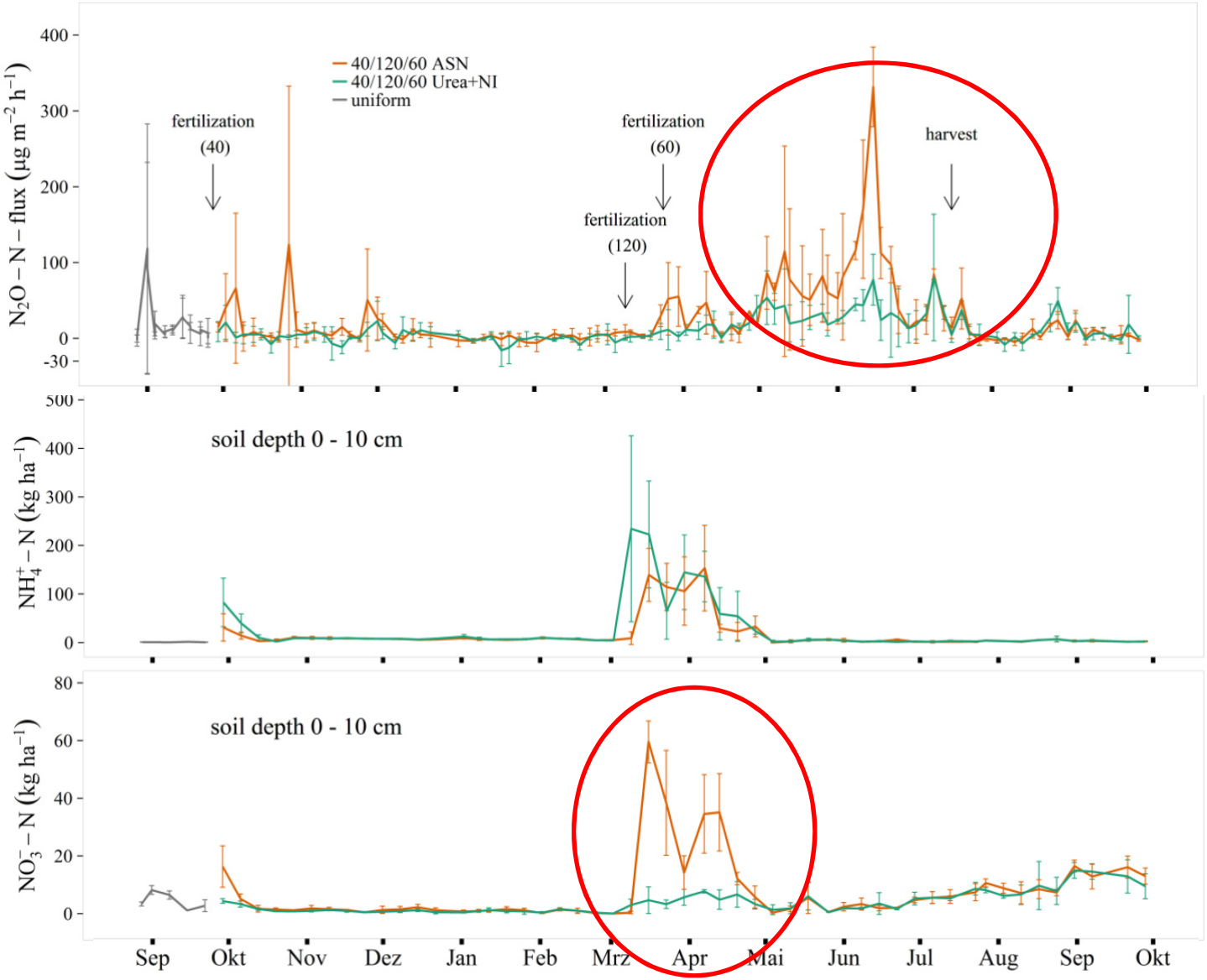


N_2O-Flüsse, Winterraps, TUM 40/50/105 = 195 kg N ha^{-1} (ASS)

Versuchsstation Roggenstein (Vinzent, Maidl & Hülsbergen 2014)



N_2O- und N_{min}-Dynamik unter Winterraps in Abhängigkeit von der Düngung (Versuchsstation Roggenstein, 2014/15)



European Journal of Agronomy 89 (2017) 88–96

Contents lists available at ScienceDirect

European Journal of Agronomy

journal homepage: www.elsevier.com/locate/eja

Efficacy of agronomic strategies for mitigation of after-harvest N_2O emissions of winter oilseed rape

Beat Vinzent[a,*], Roland Fuß[b], Franz-Xaver Maidl[a], Kurt-Jürgen Hülsbergen[a]

[a] Technische Universität München, Chair of Organic Agriculture and Agronomy, Liesel-Beckmann-Straße 2, 85354 Freising, Germany
[b] Thünen Institute of Climate-Smart Agriculture, Bundesalle 50, 38116 Braunschweig, Germany

ARTICLE INFO

Keywords:
Rapeseed
N_2O emission
Residue management
Crop rotation
Nitrogen
Tillage management

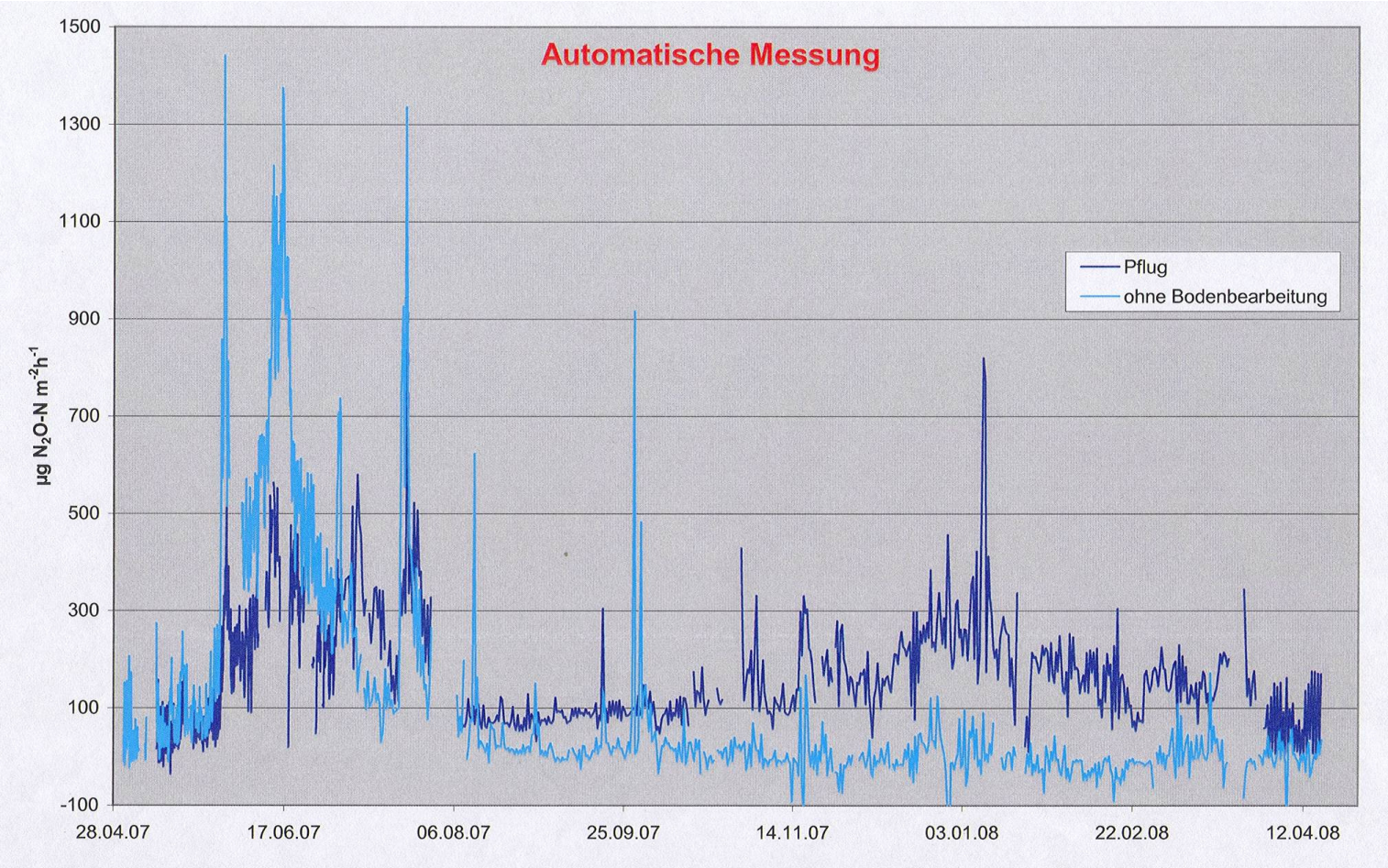
ABSTRACT

Winter rapeseed is one of the most important field crops in Germany. In comparison to other crops, nitrogen (N) surplus of rapeseed is usually high and increased values of mineral nitrogen are observed in soil after harvest. N losses via nitrate leaching or emissions of nitrous oxide (N_2O) have a negative impact on the greenhouse gas (GHG) balance of biodiesel produced from rapeseed. So far, the effects of different post-harvest management options on these losses after rapeseed cultivation have not been assessed. The aim of this study was to investigate agronomic measures, such as different following main crops (wheat and barley) as well as different catch crops (mustard respectively ryegrass) and varied tillage intensity for their effectiveness in reducing high soil nitrate contents and the associated N_2O emissions after rapeseed harvest.

Dauerfeldexperiment Scheyern

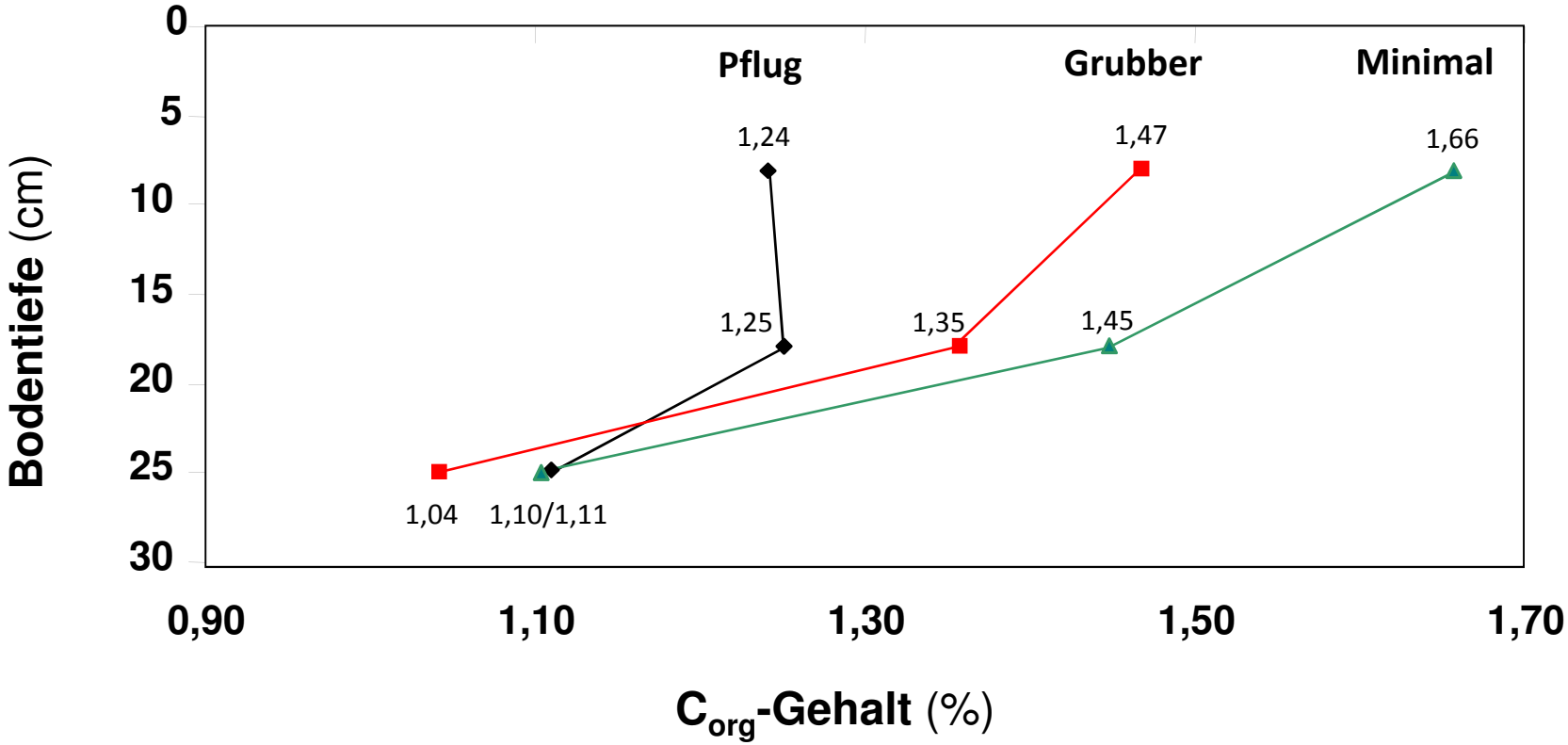
N_2O-Messungen mit automatischem Messsystem

N_2O Emissionen im Systemversuch Scheyern



C_{org}-Gehalte in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung

Systemversuch Scheyern, Küstermann, Munch & Hülsbergen (2013): Europ. J. Agronomy 49, 61-73.

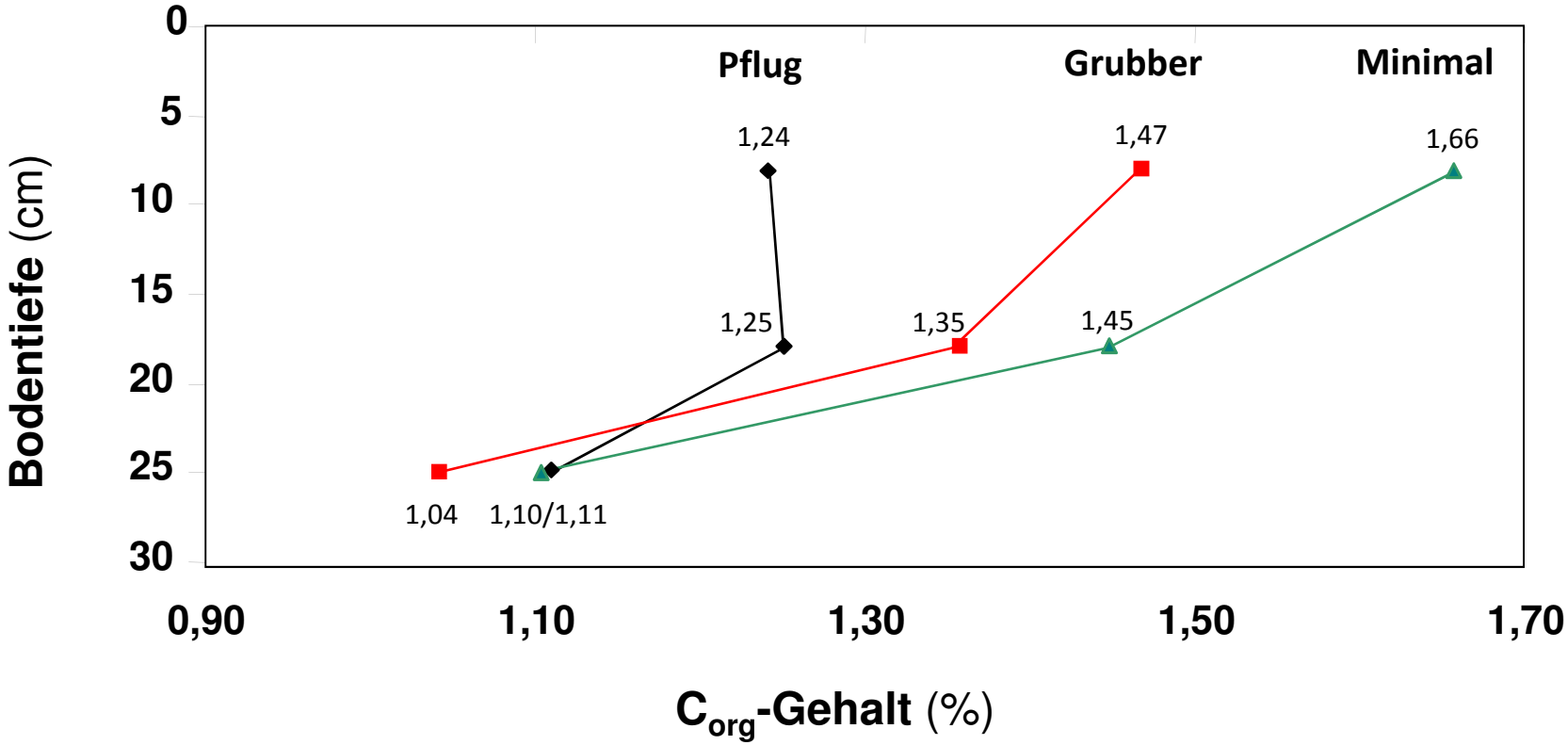


Anlagejahr: 1992 Messung: 2005

Fruchtfolge: Mais – Winterweizen – Kartoffeln – Winterweizen

C_{org}-Gehalte in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung

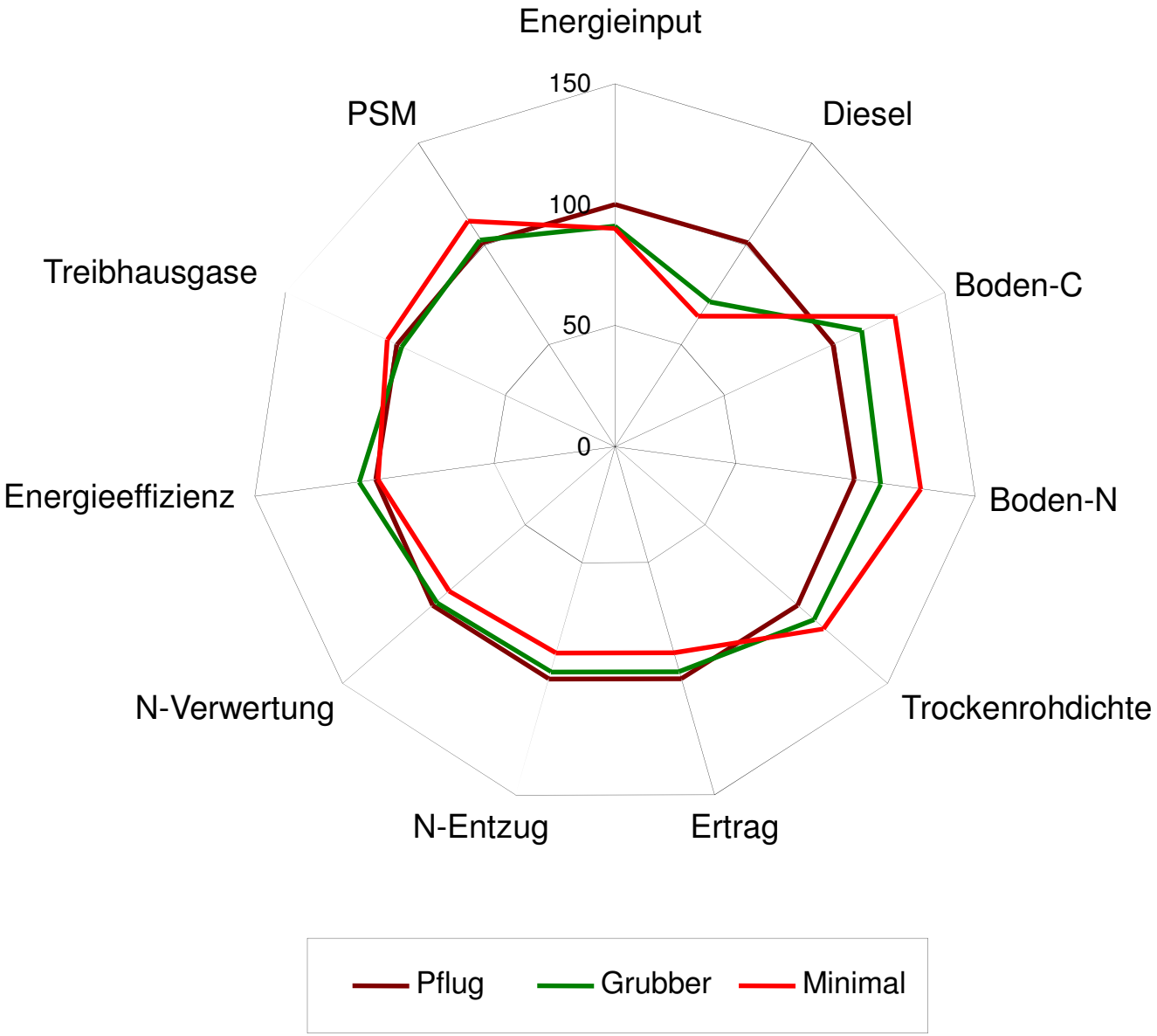
Systemversuch Scheyern, Küstermann, Munch & Hülsbergen (2013): Europ. J. Agronomy 49, 61-73.



	Pflug	Grubber	Minimal
C_{org} (t ha^{-1})	41,1	46,3	52,5
Δ C_{org} (kg ha^{-1} a^{-1})	- 300	+ 500	+ 150

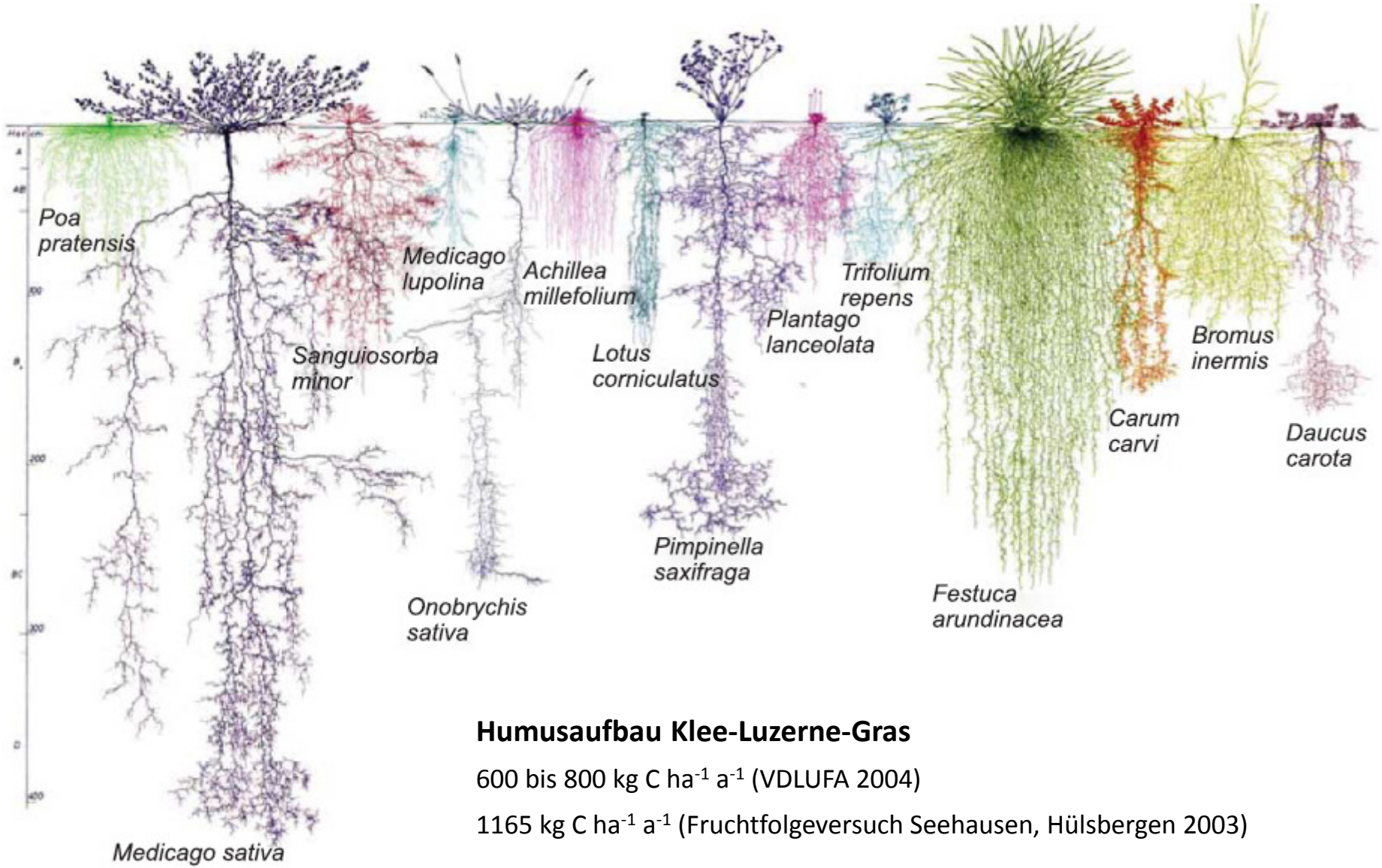
Vergleich der Bodenbearbeitungssysteme

(Küstermann, Munch & Hülsbergen 2013)



Root distribution pattern of species used in a grass-clover mixture

Braun M., Schmid H., Grundler T. & Hülsbergen, K.-J. (2010): Plant Biosystems 144, 414-419.



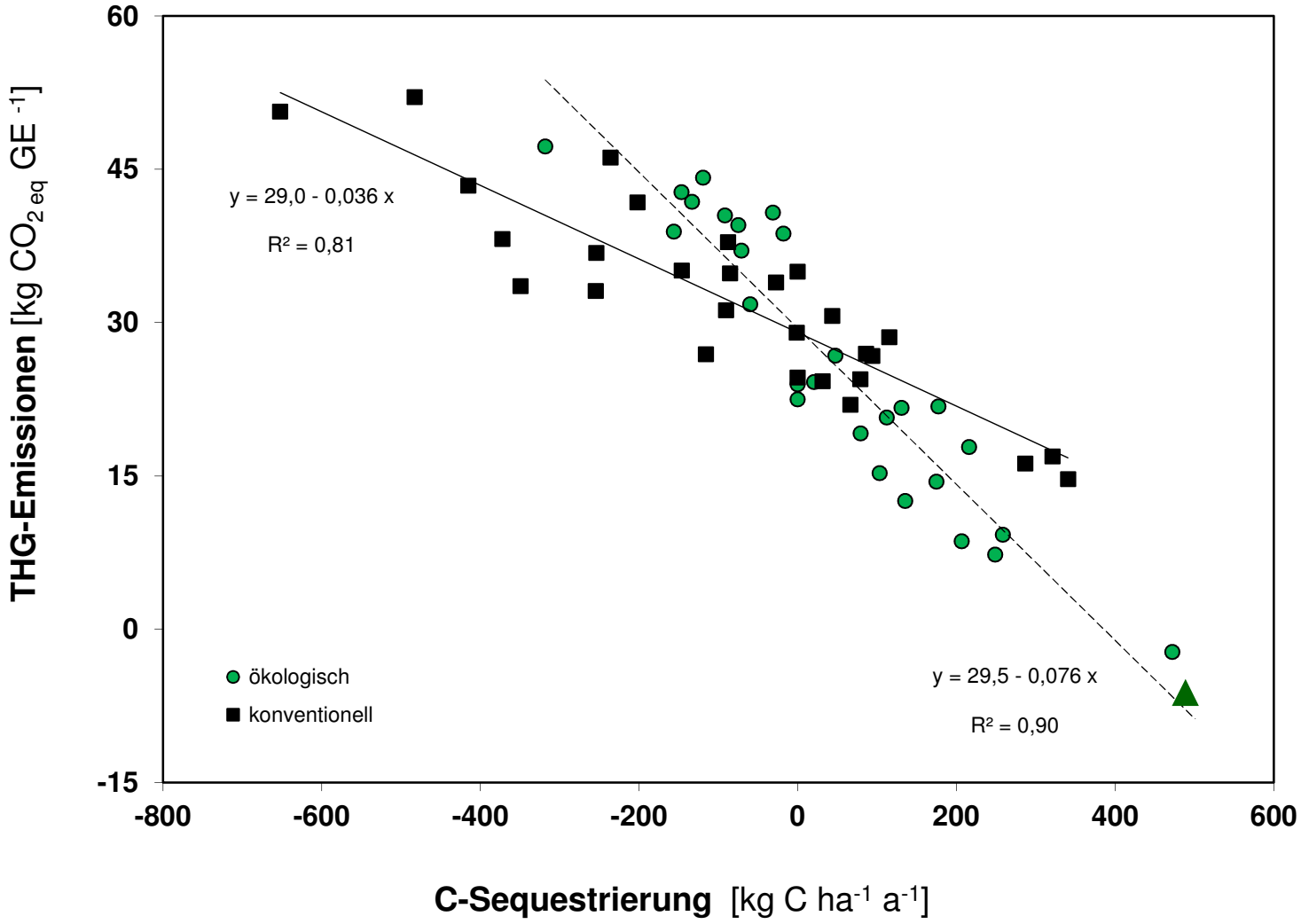
Humusaufbau Klee-Luzerne-Gras

600 bis 800 kg C ha^{-1} a^{-1} (VDLUFA 2004)

1165 kg C ha^{-1} a^{-1} (Fruchtfolgeversuch Seehausen, Hülsbergen 2003)

Beziehung zwischen C-Sequestrierung und THG-Emissionen

Netzwerk der Pilotbetriebe



Schmid H, Hülsbergen K-J (2013): Thünen-Report 8.

Fazit: Treibhausgasemissionen

- **Die Prozesse der Treibhausgasbildung müssen aufgeklärt werden, um wirksame Maßnahmen und Minderungsstrategien ableiten zu können.**

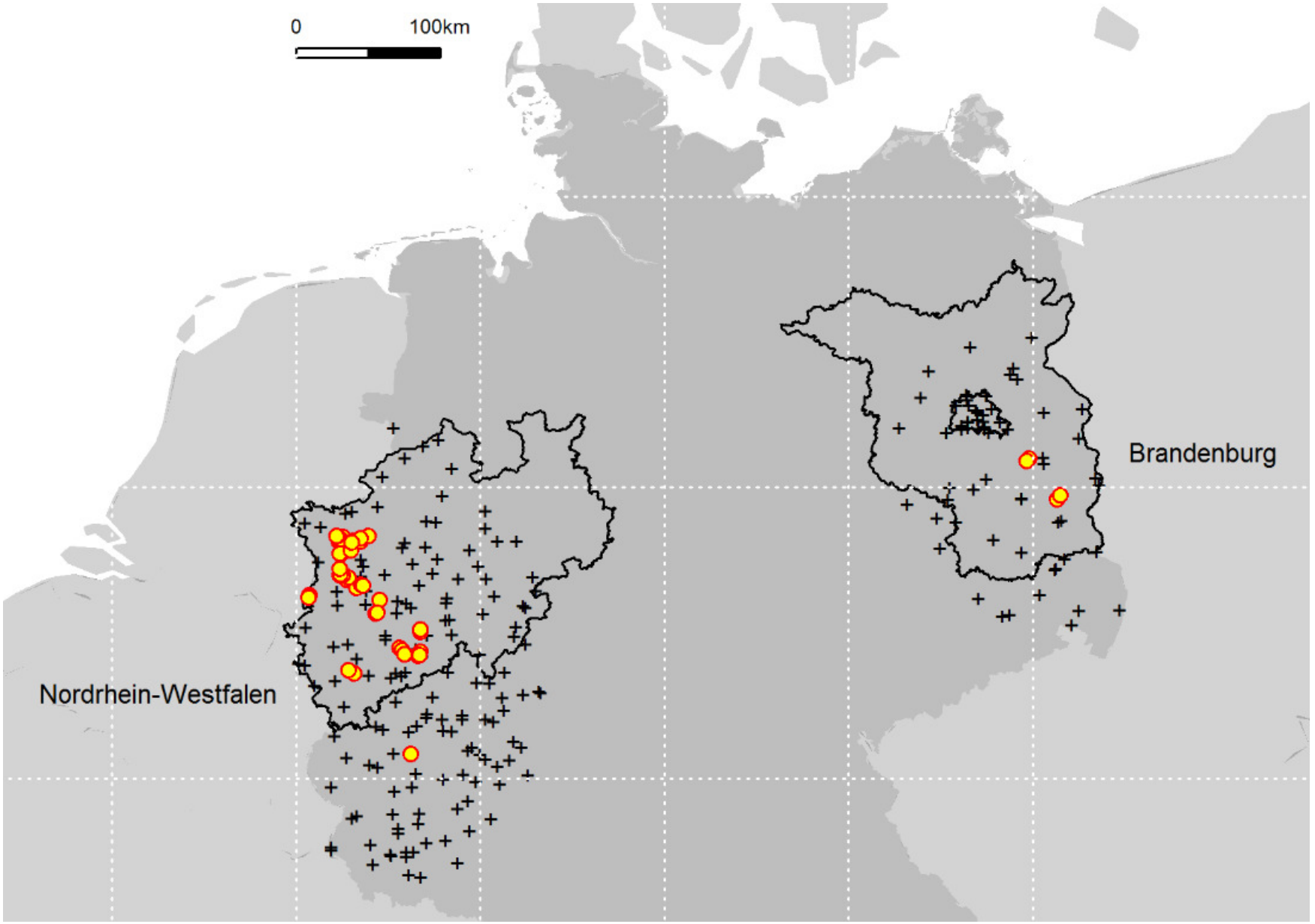
- **N_2O-Minderungspotenziale im Pflanzenanbau: Hohe N-Effizienz durch realistische Ertragsannahmen und Düngebedarfsermittlung, moderne Düngesysteme und Sensoren, teilflächenspezifische N-Düngung, stabilisierter N, Nacherntemanagement (Zwischenfrüchte), …**

- **Die Landwirtschaft kann wesentlich zur CO_2-Vermeidung (Bioenergie) und C-Bindung durch Humusaufbau beitragen. Beispiele: konservierende Bodenbearbeitung, Fruchtfolge mit mehrjährigen Leguminosen, …**

Biodiversität in Agrarlandschaften

Untersuchungsregionen in Deutschland

(Hallmann CA, Sorg M, Jongejans E, Siepel H, Hofland N, et al. (2017) PLOS ONE 12(10))

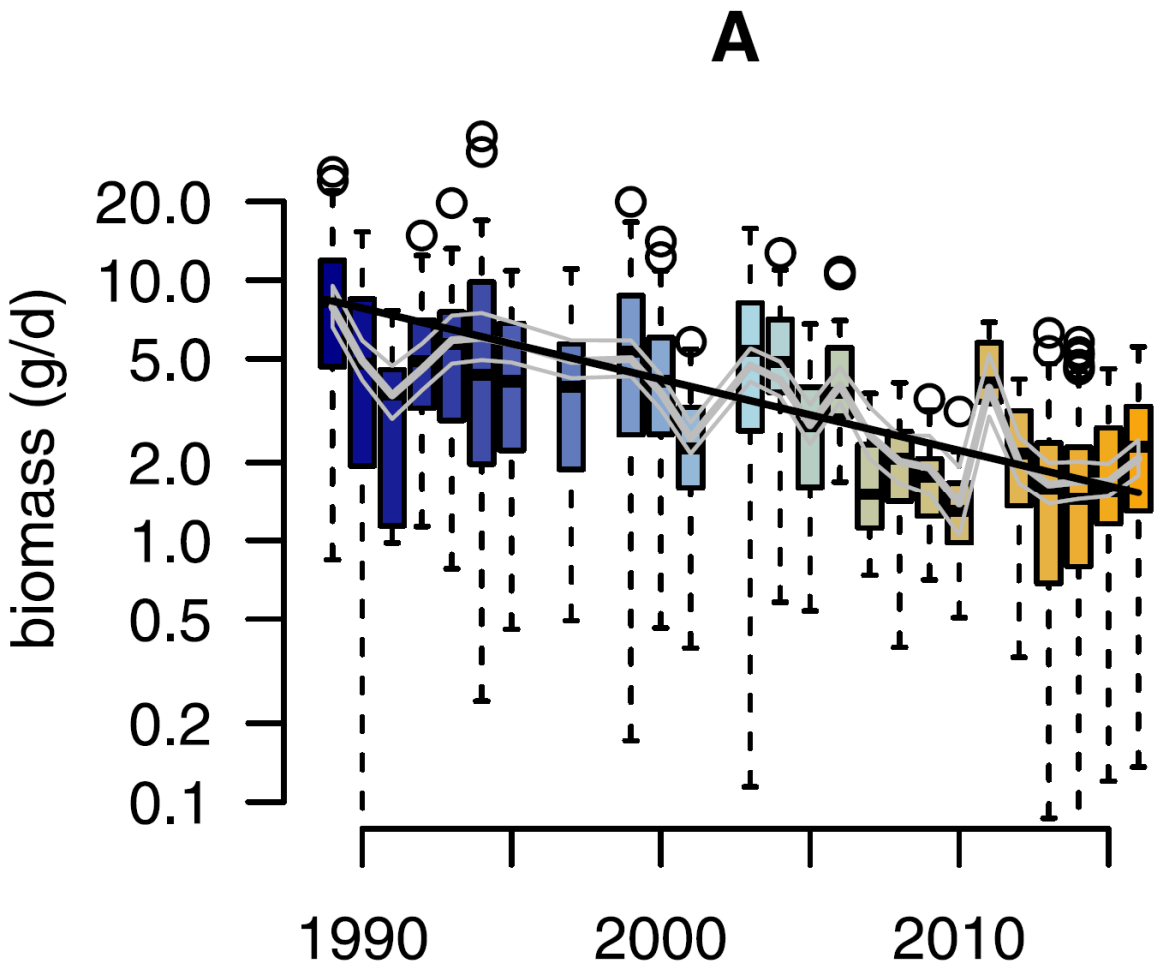


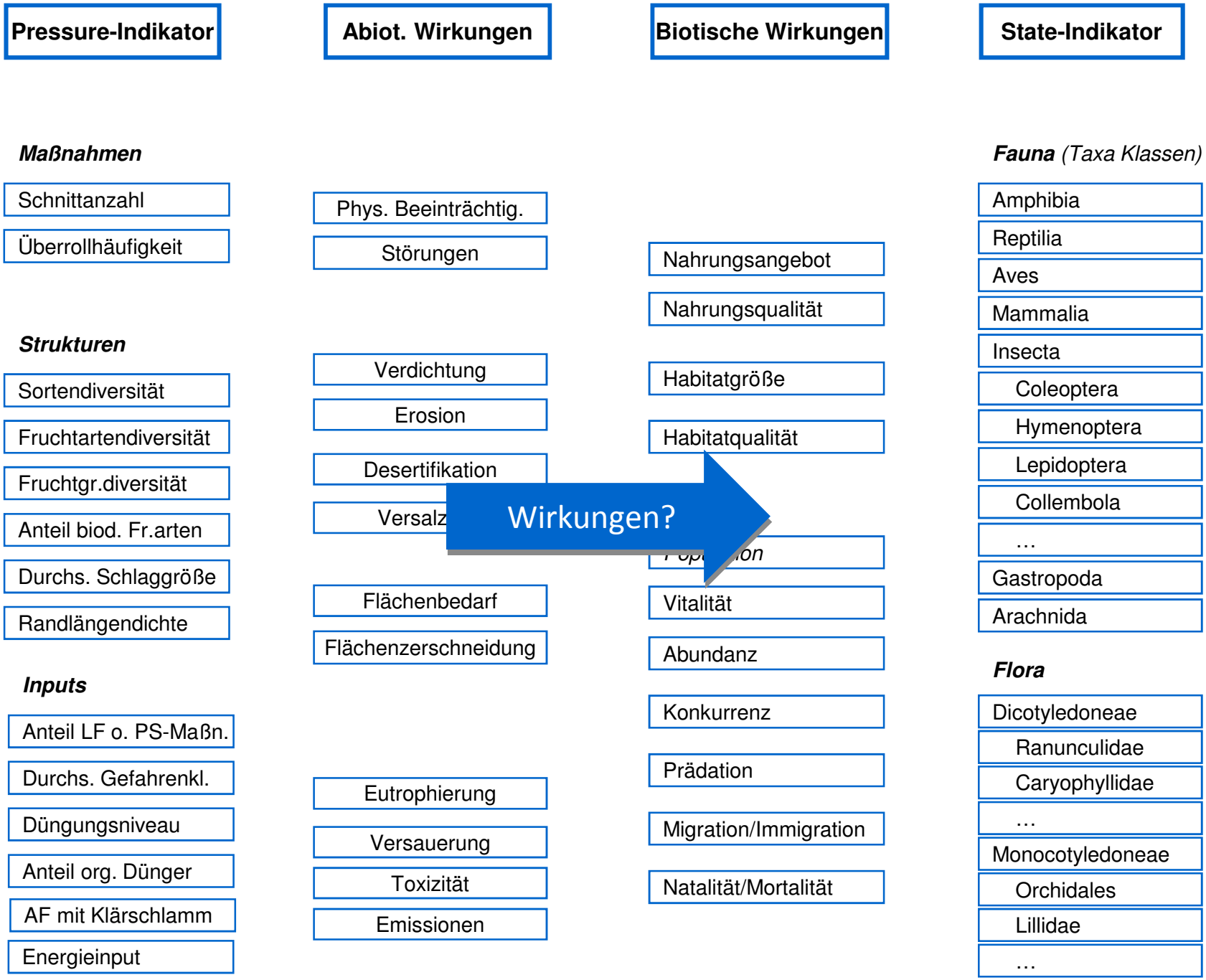
Beispiel für Untersuchungsflächen in Westdeutschland

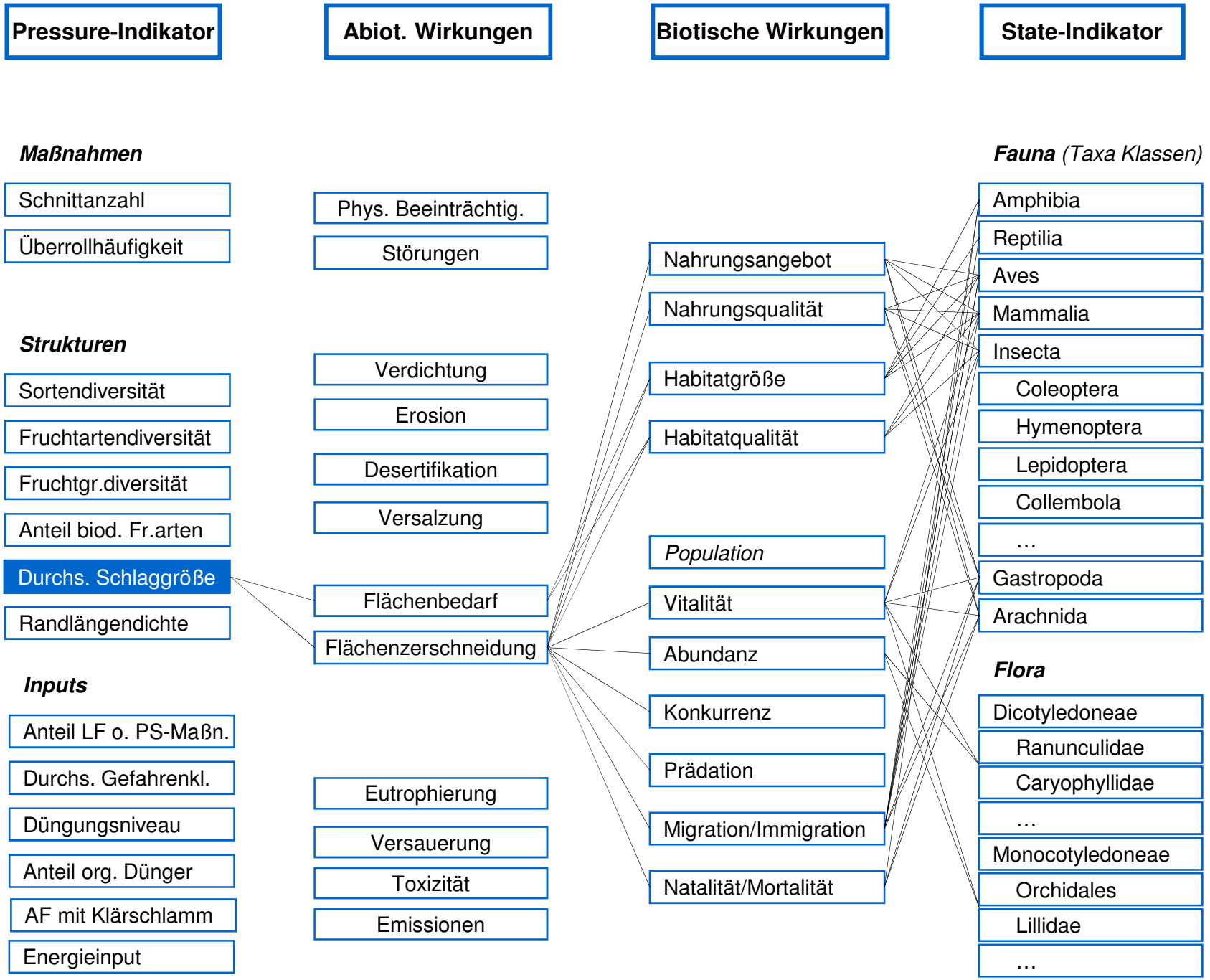
(Hallmann CA, Sorg M, Jongejans E, Siepel H, Hofland N, et al. (2017) PLOS ONE 12(10))

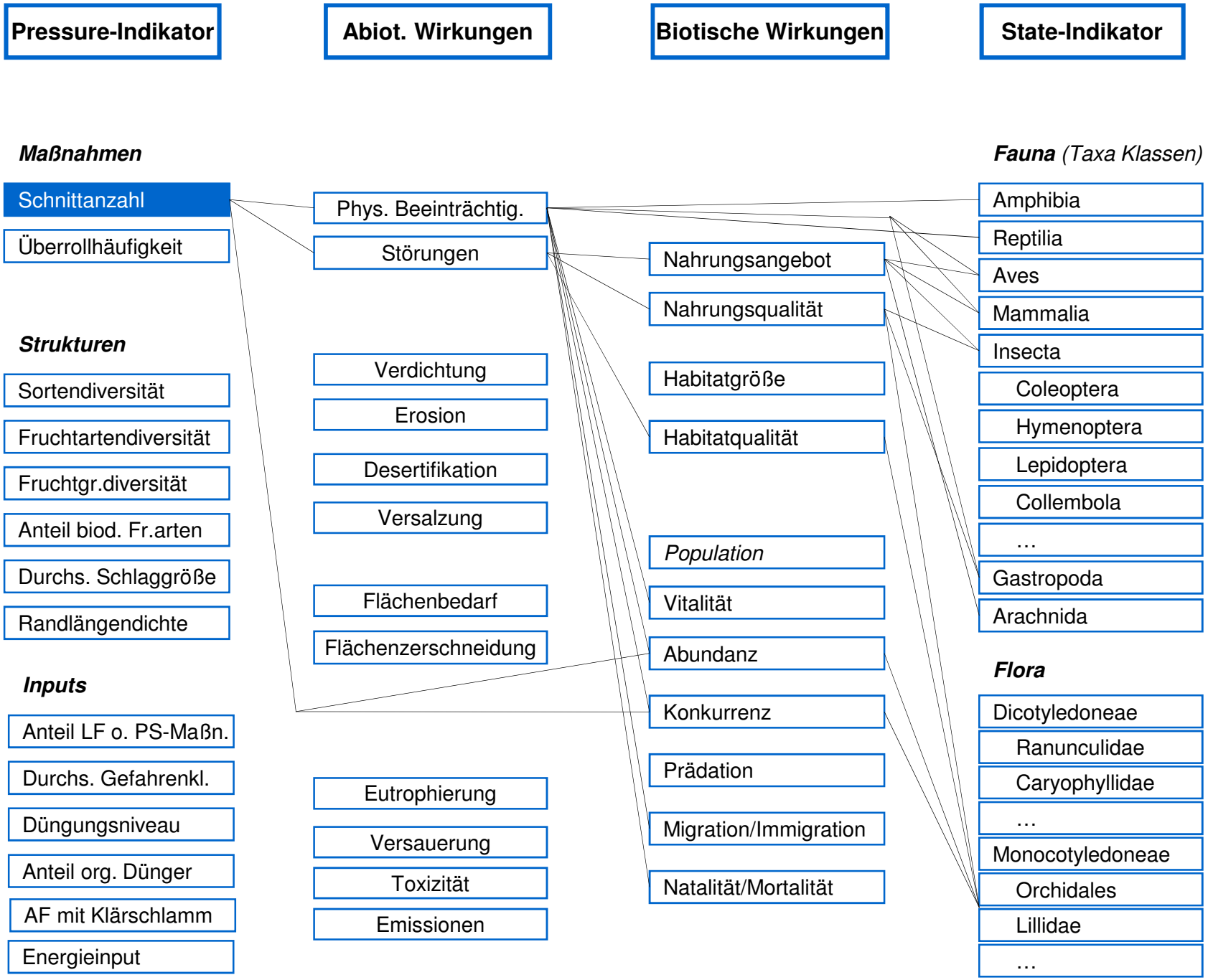
Temporal distribution of insect biomass

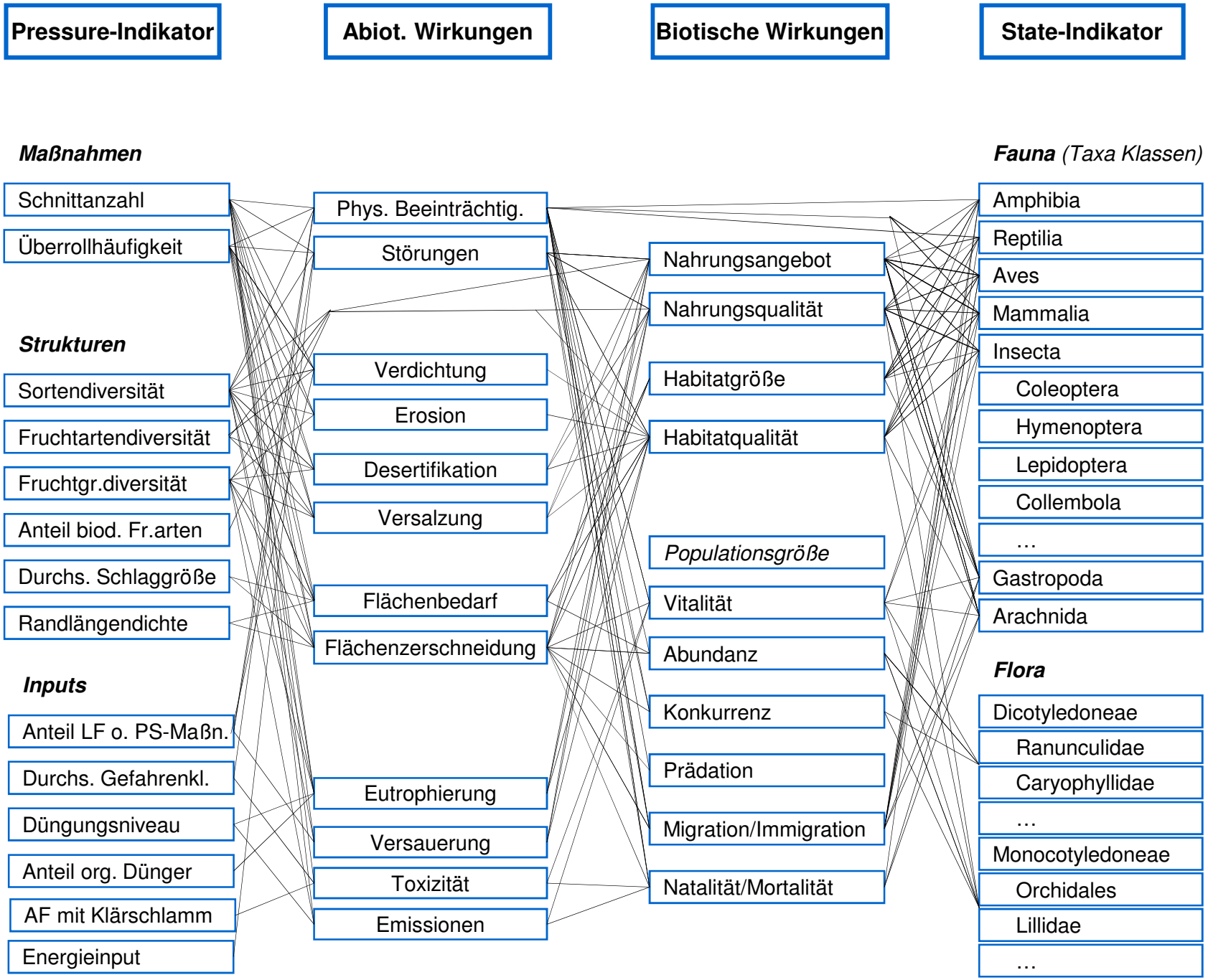
(Hallmann CA, Sorg M, Jongejans E, Siepel H, Hofland N, et al. (2017) PLOS ONE 12(10))




Pressure-Indikator
Abiot. Wirkungen
Biotische Wirkungen
State-Indikator
Maßnahmen
Schnittanzahl
Überrollhäufigkeit
Strukturen
Sortendiversität
Fruchtartendiversität
Fruchtgr.diversität
Anteil biod. Fr.arten
Durchs. Schlaggröße
Randlängendichte
Inputs
Anteil LF o. PS-Maßn.
Durchs. Gefahrenkl.
Düngungsniveau
Anteil org. Dünger
AF mit Klärschlamm
Energieinput
Phys. Beeinträchtig.
Störungen
Verdichtung
Erosion
Desertifikation
Versalz
Flächenbedarf
Flächenzerschneidung
Eutrophierung
Versauerung
Toxizität
Emissionen
Wirkungen?
Nahrungsangebot
Nahrungsqualität
Habitatgröße
Habitatqualität
Vitalität
Abundanz
Konkurrenz
Prädation
Migration/Immigration
Natalität/Mortalität
Fauna (Taxa Klassen)
Amphibia
Reptilia
Aves
Mammalia
Insecta
Coleoptera
Hymenoptera
Lepidoptera
Collembola
…
Gastropoda
Arachnida
Flora
Dicotyledoneae
Ranunculidae
Caryophyllidae
…
Monocotyledoneae
Orchidales
Lillidae
…

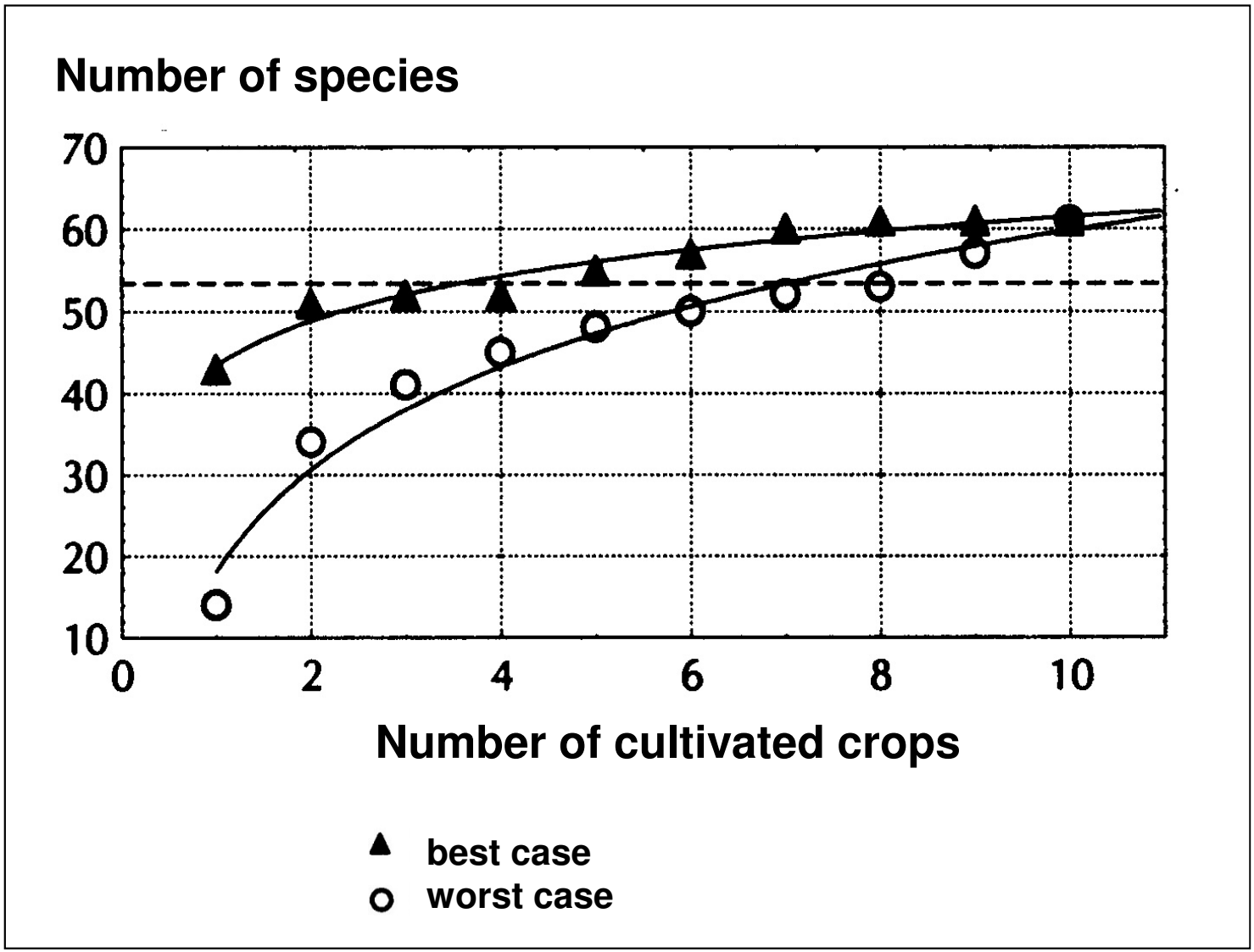

Pressure-Indikator
Abiot. Wirkungen
Biotische Wirkungen
State-Indikator
Maßnahmen
Schnittanzahl
Überrollhäufigkeit
Strukturen
Sortendiversität
Fruchtartendiversität
Fruchtgr.diversität
Anteil biod. Fr.arten
Durchs. Schlaggröße
Randlängendichte
Inputs
Anteil LF o. PS-Maßn.
Durchs. Gefahrenkl.
Düngungsniveau
Anteil org. Dünger
AF mit Klärschlamm
Energieinput
Phys. Beeinträchtig.
Störungen
Verdichtung
Erosion
Desertifikation
Versalzung
Flächenbedarf
Flächenzerschneidung
Eutrophierung
Versauerung
Toxizität
Emissionen
Nahrungsangebot
Nahrungsqualität
Habitatgröße
Habitatqualität
Population
Vitalität
Abundanz
Konkurrenz
Prädation
Migration/Immigration
Natalität/Mortalität
Fauna (Taxa Klassen)
Amphibia
Reptilia
Aves
Mammalia
Insecta
Coleoptera
Hymenoptera
Lepidoptera
Collembola
…
Gastropoda
Arachnida
Flora
Dicotyledoneae
Ranunculidae
Caryophyllidae
…
Monocotyledoneae
Orchidales
Lillidae
…


Pressure-Indikator
Abiot. Wirkungen
Biotische Wirkungen
State-Indikator
Maßnahmen
Schnittanzahl
Überrollhäufigkeit
Strukturen
Sortendiversität
Fruchtartendiversität
Fruchtgr.diversität
Anteil biod. Fr.arten
Durchs. Schlaggröße
Randlängendichte
Inputs
Anteil LF o. PS-Maßn.
Durchs. Gefahrenkl.
Düngungsniveau
Anteil org. Dünger
AF mit Klärschlamm
Energieinput
Phys. Beeinträchtig.
Störungen
Verdichtung
Erosion
Desertifikation
Versalzung
Flächenbedarf
Flächenzerschneidung
Eutrophierung
Versauerung
Toxizität
Emissionen
Nahrungsangebot
Nahrungsqualität
Habitatgröße
Habitatqualität
Population
Vitalität
Abundanz
Konkurrenz
Prädation
Migration/Immigration
Natalität/Mortalität
Fauna (Taxa Klassen)
Amphibia
Reptilia
Aves
Mammalia
Insecta
Coleoptera
Hymenoptera
Lepidoptera
Collembola
…
Gastropoda
Arachnida
Flora
Dicotyledoneae
Ranunculidae
Caryophyllidae
…
Monocotyledoneae
Orchidales
Lillidae
…


Pressure-Indikator
Abiot. Wirkungen
Biotische Wirkungen
State-Indikator
Maßnahmen
Schnittanzahl
Überrollhäufigkeit
Strukturen
Sortendiversität
Fruchtartendiversität
Fruchtgr.diversität
Anteil biod. Fr.arten
Durchs. Schlaggröße
Randlängendichte
Inputs
Anteil LF o. PS-Maßn.
Durchs. Gefahrenkl.
Düngungsniveau
Anteil org. Dünger
AF mit Klärschlamm
Energieinput
Phys. Beeinträchtig.
Störungen
Verdichtung
Erosion
Desertifikation
Versalzung
Flächenbedarf
Flächenzerschneidung
Eutrophierung
Versauerung
Toxizität
Emissionen
Nahrungsangebot
Nahrungsqualität
Habitatgröße
Habitatqualität
Populationsgröße
Vitalität
Abundanz
Konkurrenz
Prädation
Migration/Immigration
Natalität/Mortalität
Fauna (Taxa Klassen)
Amphibia
Reptilia
Aves
Mammalia
Insecta
Coleoptera
Hymenoptera
Lepidoptera
Collembola
…
Gastropoda
Arachnida
Flora
Dicotyledoneae
Ranunculidae
Caryophyllidae
…
Monocotyledoneae
Orchidales
Lillidae
…

Dependence of the carabid population on the number of cultivated crops

Heyer, Hülsbergen, Wittmann, Papaja, Christen (2003): Agric., Ecosys.& Environm. 98, 453-461.



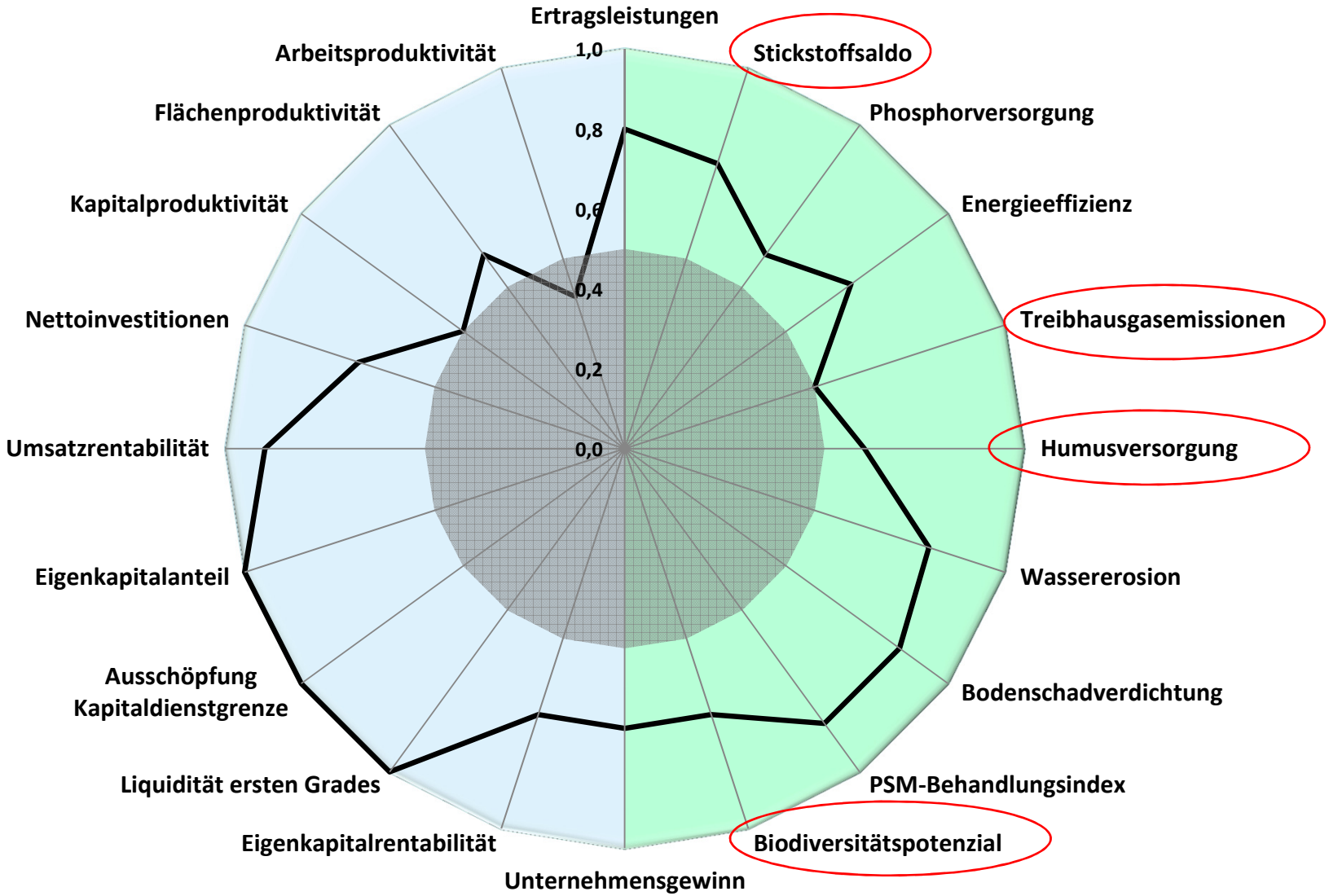
Fazit: Biodiversität

- **Funktionale Biodiversität (Bestäubung, Stoffumsatz – Mineralisierung, Humusaufbau, Regulationsleistungen im Agrarökosystem, …) ist für die Landwirtschaft von entscheidender Bedeutung.**

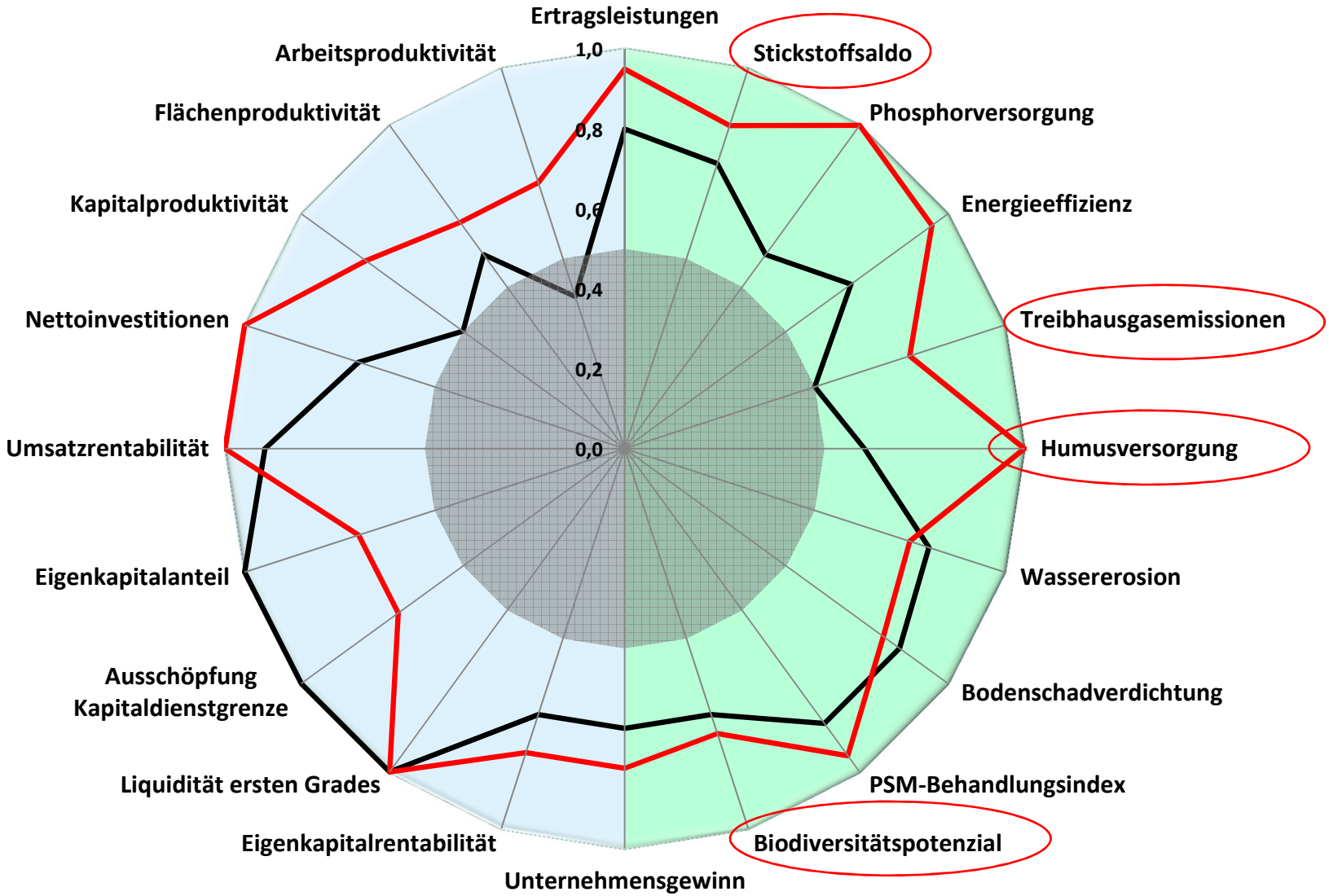
- **Biodiversitätsrückgang hat komplexe Ursachen. Die alleinige Fokussierung auf den chemisch-synthetischen Pflanzenschutz ist nicht zielführend.**

- **Auch in der modernen Landwirtschaft gibt es zahlreiche Optionen zur Biodiversitätsförderung: Fruchtfolgediversität, Strukturvielfalt, Agroforstsysteme, integrierter Pflanzenschutz, ökologischer Landbau, …**

Nachhaltigkeitsbewertung, Betrieb C, Ausgangssituation

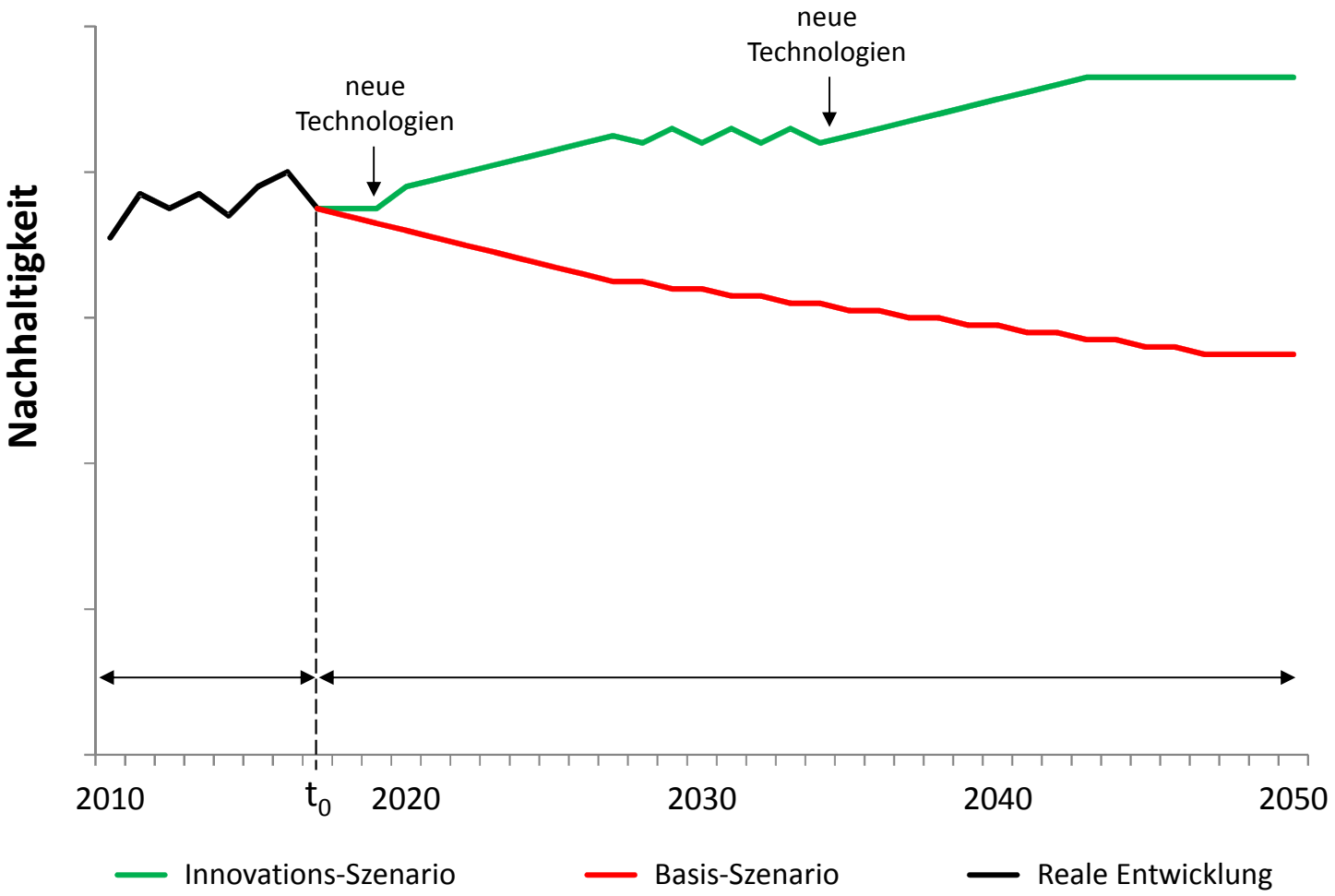


Nachhaltigkeitsbewertung, Betrieb C, Zielvariante



Entwicklung der Nachhaltigkeit eines Agrarsystems

bei unterschiedlichen Szenarien



BMBF-Projektskizze: Agrarsysteme der Zukunft.