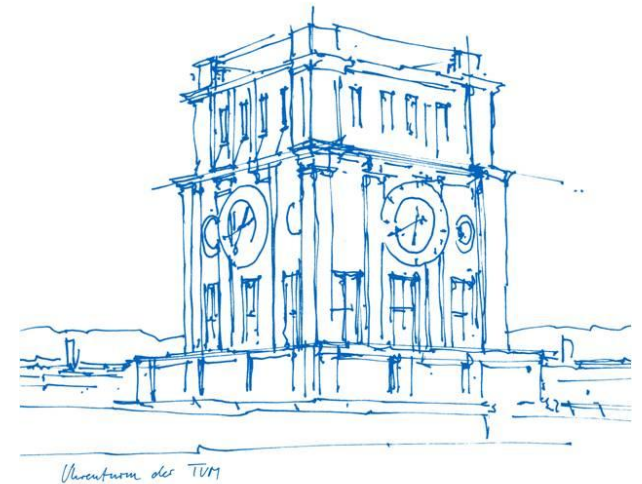


Landwirtschaft 2045 Quo vadis

– aus dem Blickwinkel des Pflanzenbaus



260 Jahre Leipziger Ökonomische Societät, 29. Januar 2025



- **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**

Weltweit vernetzte Warenströme und Nährstoffflüsse

- **Gesellschaftliche Erwartungen**

Klima-, Umwelt- und Ressourcenschutz, Lebensmittelsicherheit, Tiergerechtigkeit, ...



- **Nährstoffhaushalt und Ressourceneffizienz**

Lösung des Stickstoffüberschuss- und Nitratproblems, Energieautarker Pflanzenbau

- **Klimawirkungen und Klimaanpassung**

Treibhausgasemissionen, Bodenkohlenstoffbindung, Klimaresilienter Pflanzenbau

- **Bodenfruchtbarkeit, Bodenbelastungen, Bodenschutz**

Ertragsfähigkeit der Böden, Bodenschadverdichtung, Humusmanagement

- **Digitalisierung im Pflanzenbau**

Precision Farming Technologien, digitale Transformation, Praxistauglichkeit digitaler Systeme

- **Ökologischer Landbau**

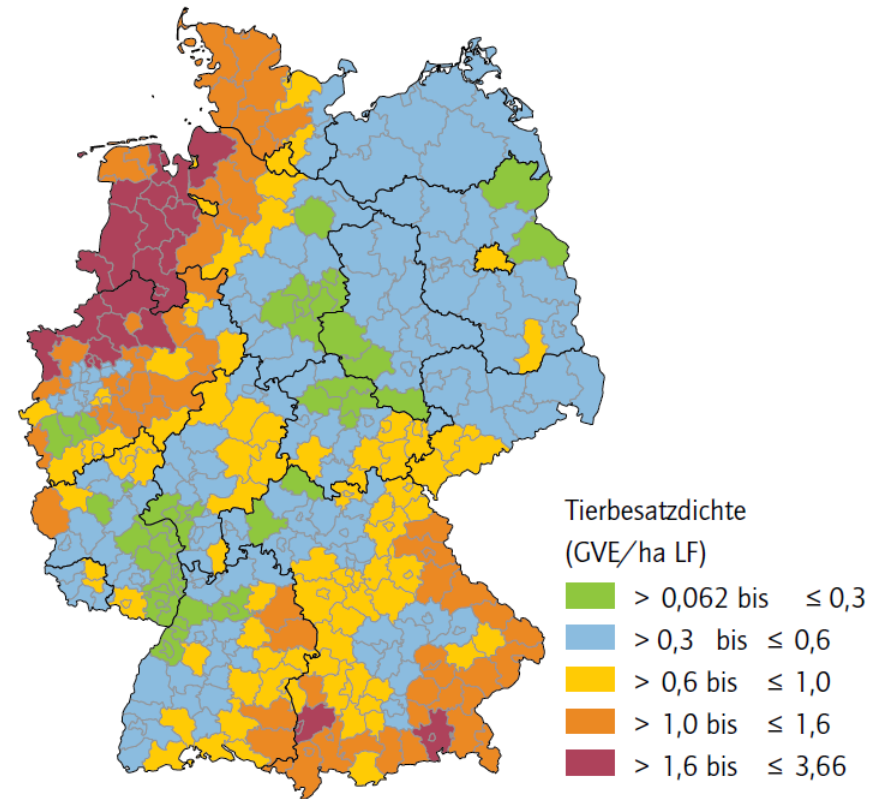
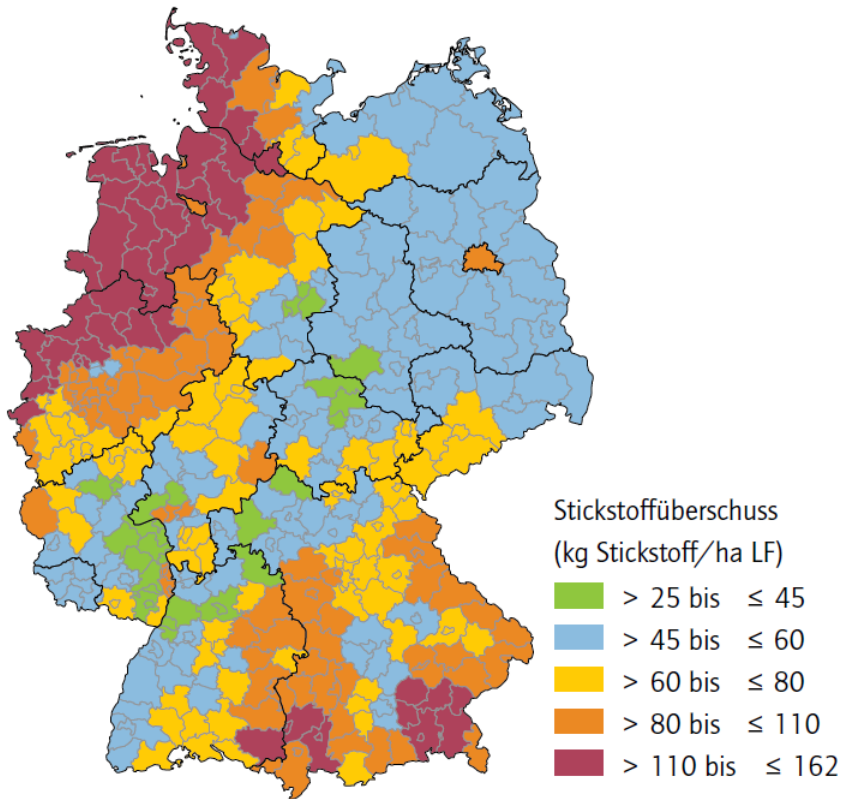
Ziel: Öko-Anbaufläche 25 % EU, 30 % D, Umwelt- und Klimawirkungen, aber: Ertragslücke

Nährstoffhaushalt und Ressourceneffizienz

Lösung des Stickstoffüberschuss- und Nitratproblems

Energieautarker Pflanzenbau

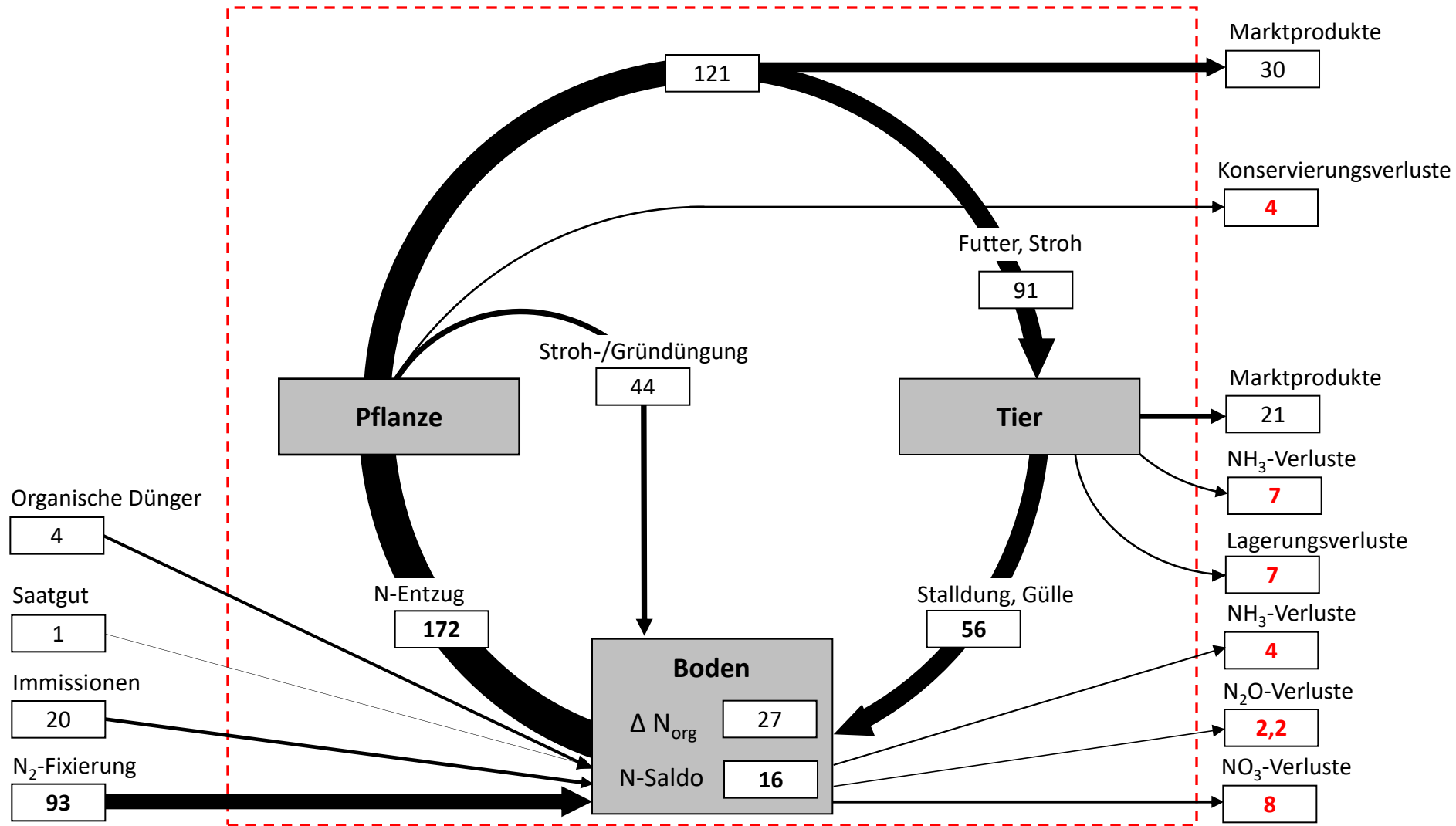






Stickstoffkreislauf eines Pilotbetriebes

Ökologischer Gemischtbetrieb mit Milchviehhaltung [kg N ha⁻¹ a⁻¹]



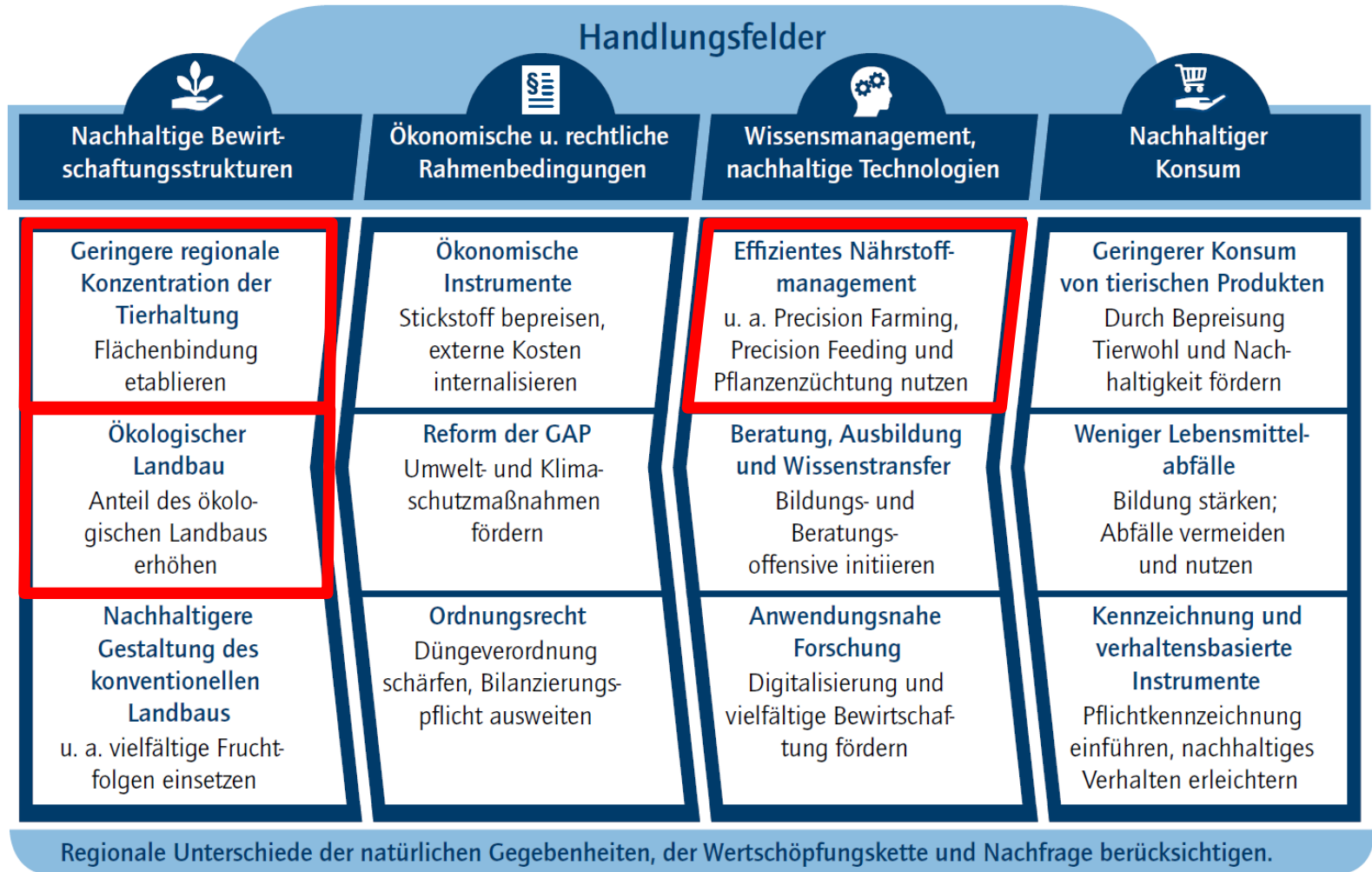


Nitrogen balance of organic and conventional farming systems

Network of Pilot Farms



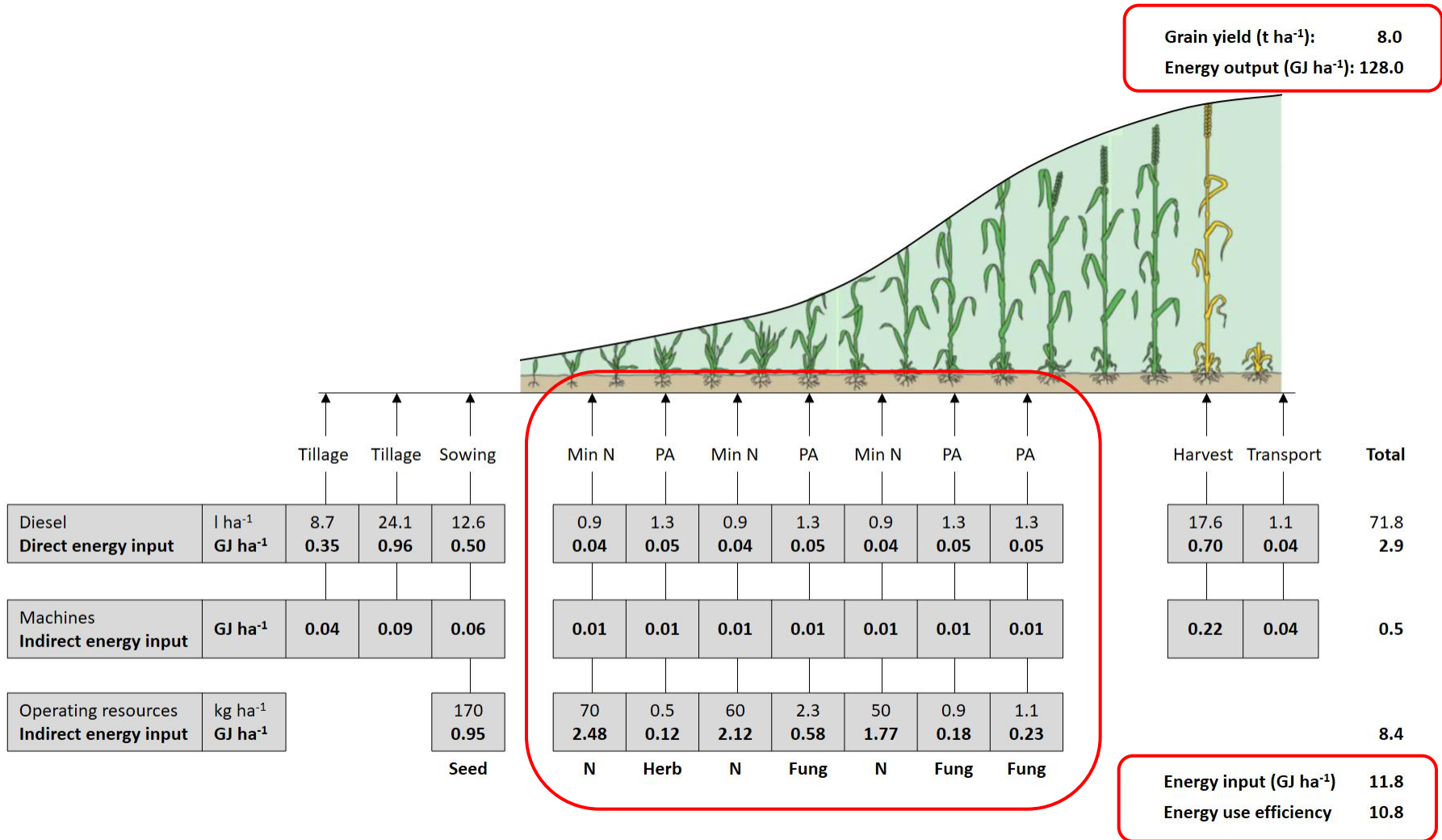
Parameter	Organic farming		Conventional farming	
	Arable farm (n = 12)	Dairy farm (n = 18)	Arable farm (n = 12)	Dairy farm (n = 1)
N Input (kg ha ⁻¹ yr ⁻¹)	142 a	173 a	246 b	280 b
N ₂ fixation	44 c	52 c	3 a	21 b
Organic fertilizer	37 a	91 b	26 a	134 c
Mineral fertilizer	0 a	0 a	158 b	91 c
Straw/green manure	38 b	10 a	37 b	11 a
N output (kg ha ⁻¹ yr ⁻¹)	116 a	166 b	186 b	222 c
NUE (%)	83 ab	95 b	77 a	80 a
N surplus (kg ha ⁻¹ yr ⁻¹)	26 a	8 a	60 b	58 b





Einsatz fossiler Energie beim Anbau von Winterweizen

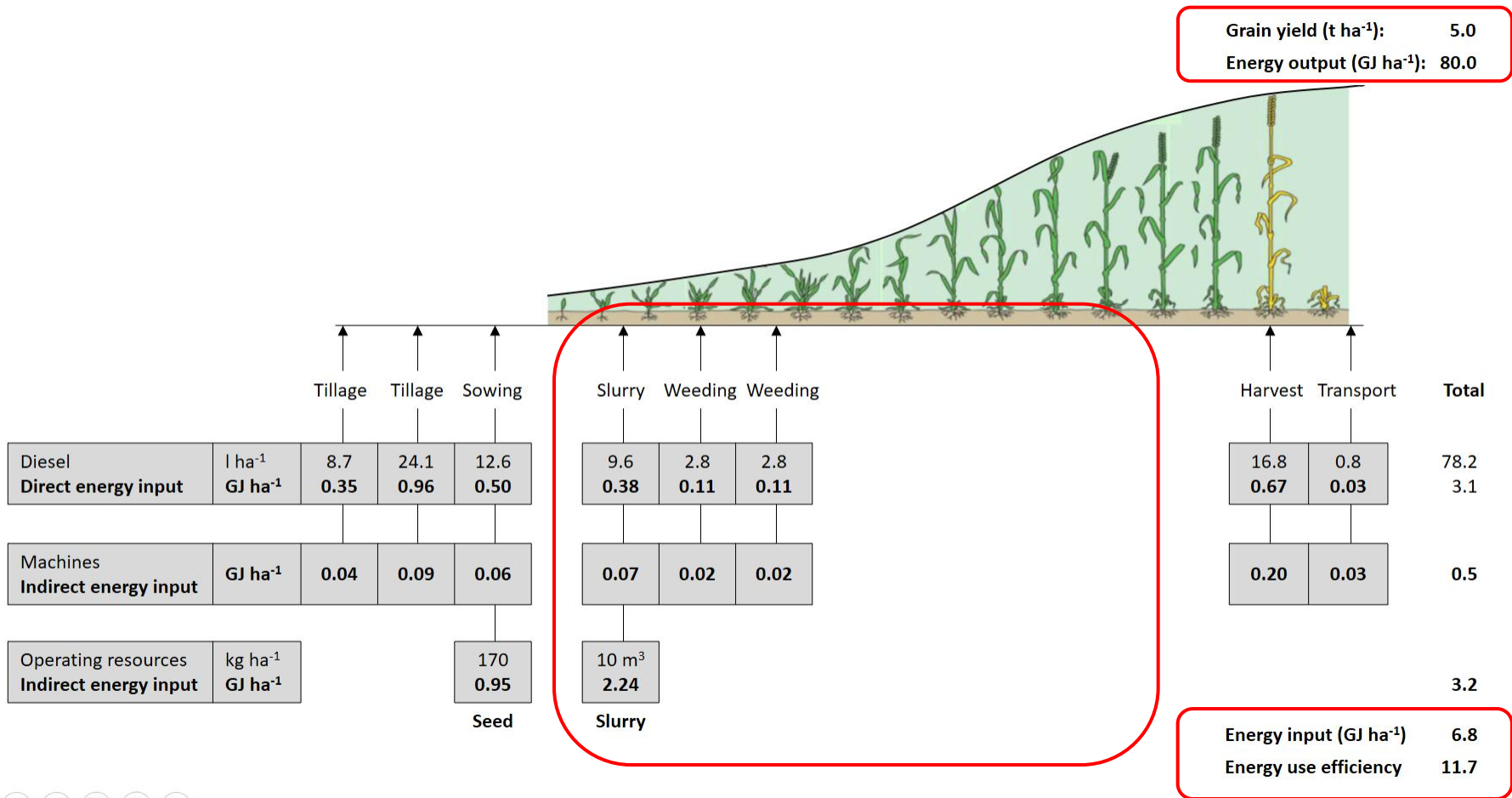
Konventioneller Pilotbetrieb, Netzwerk der Pilotbetriebe

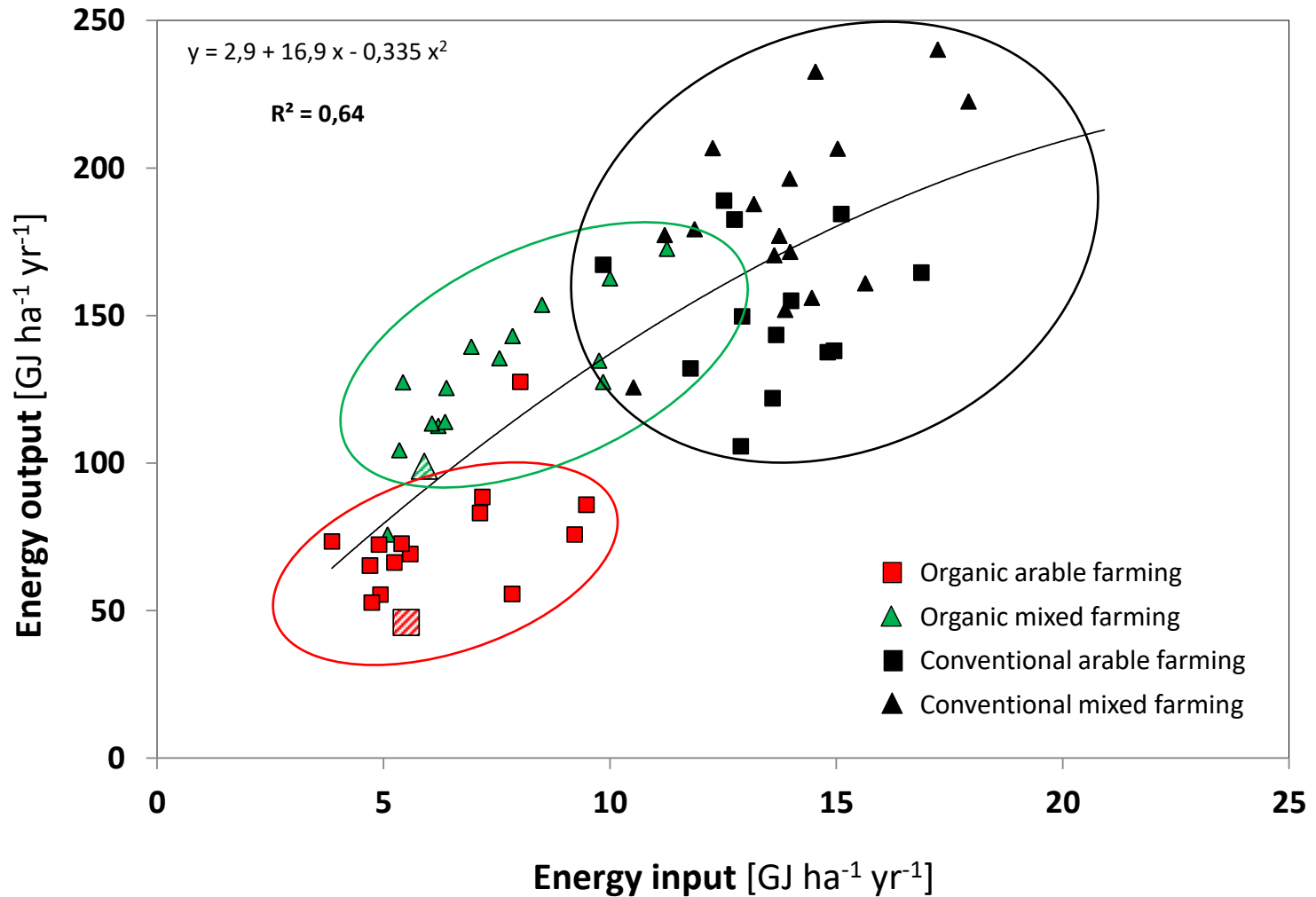




Einsatz fossiler Energie beim Anbau von Winterweizen

Ökologischer Pilotbetrieb, Netzwerk der Pilotbetriebe

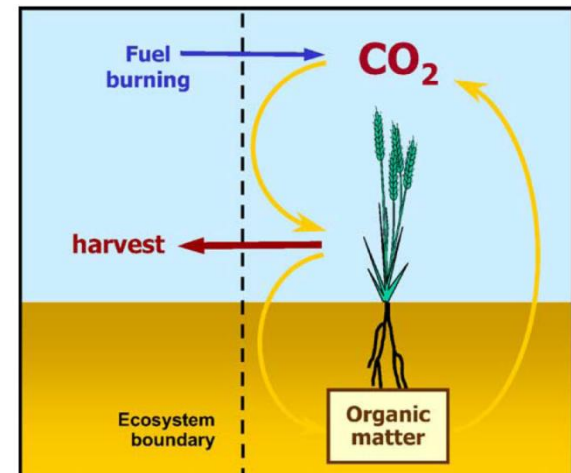




Klimawirkungen und Klimaanpassung

Treibhausgasemissionen, Bodenkohlenstoffbindung

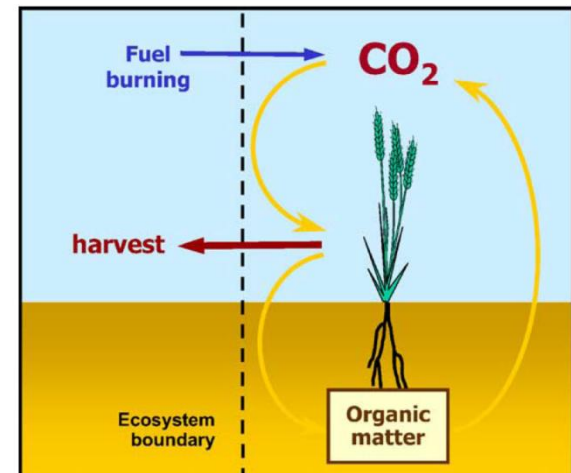
Klimaresilienter Pflanzenbau

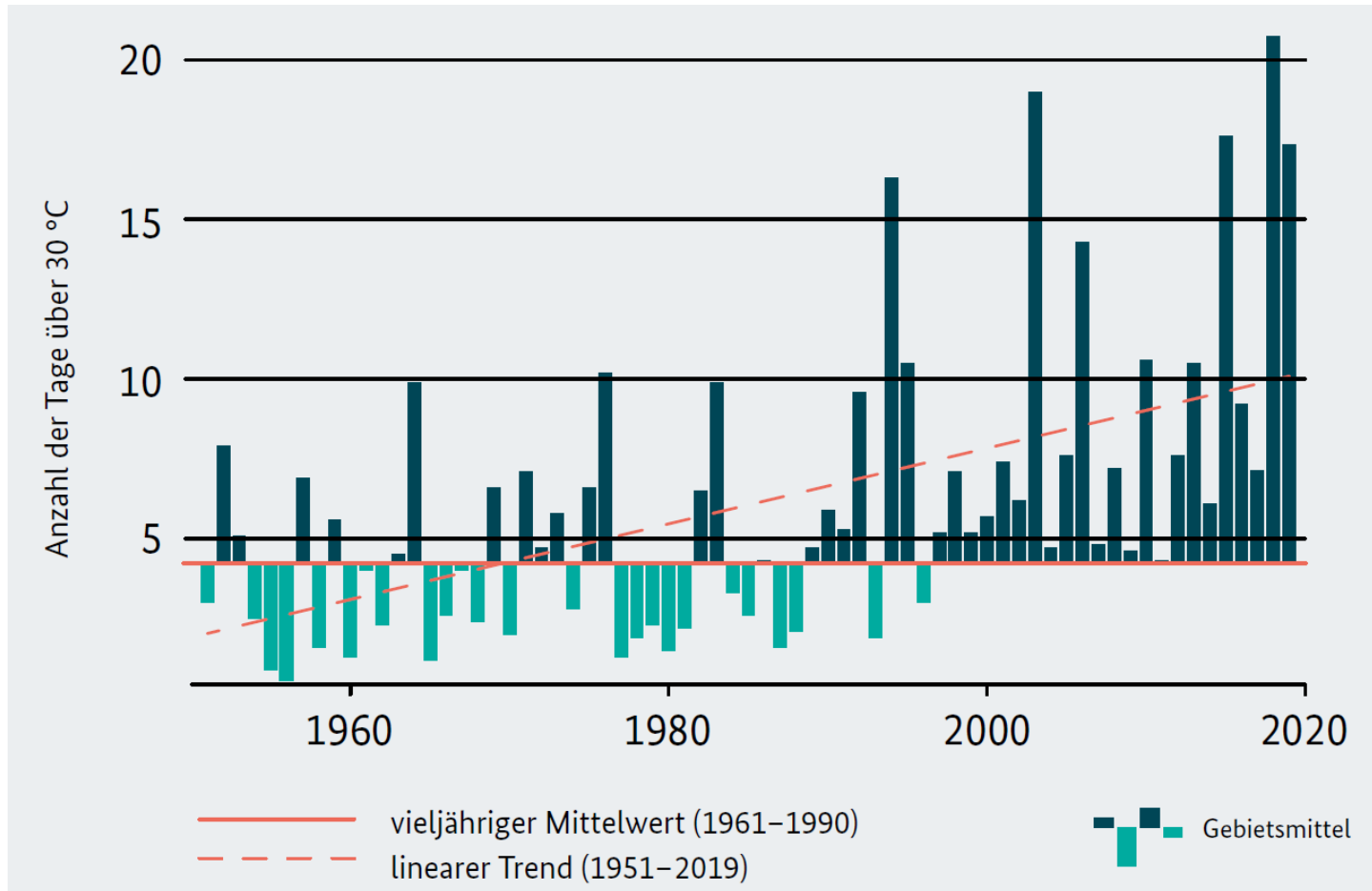


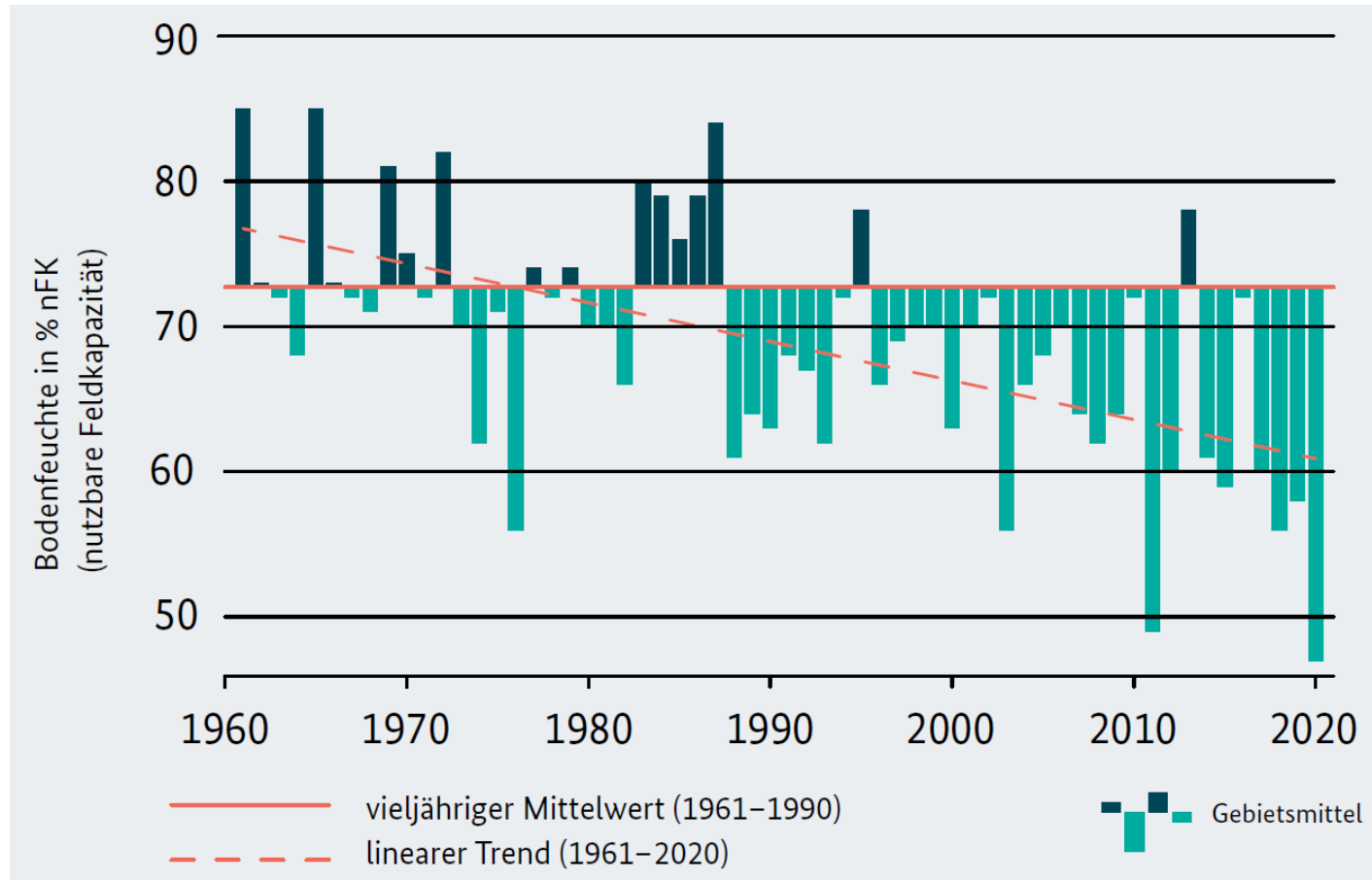
- Energieeinsatz und CO₂-Emissionen
- C-Bindung von Böden durch Humusaufbau
- N₂O-Emissionen aus Böden und Düngung
- CH₄-Emissionen der Tierhaltung

CO₂ eq / ha (Fläche)

CO₂ eq / GJ (Produkt)









Klimaresilienter Pflanzenbau

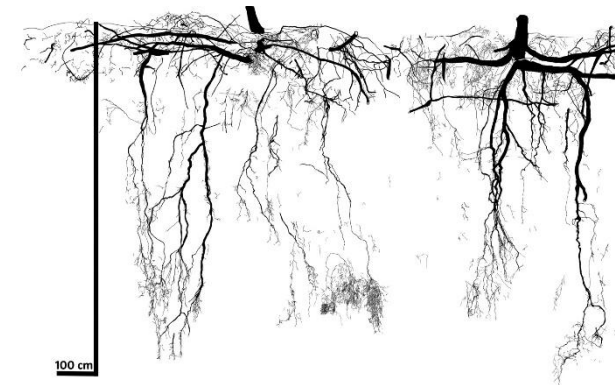
- **Züchtung hitze- und trockenstress-toleranter Sorten**
- **Wassermanagement, ressourcenschonende Bewässerungsverfahren**
- **Angepasste Düngestrategie und Düngerapplikationsverfahren**
- **Konservierende Bodenbearbeitung, Minderung der Bodenerosion**
- **Vermeidung von Bodenschadverdichtung**
- **Optimierung der Humusversorgung**
- **Fruchtfolgeoptimierung, Diversifizierung, Risikoverteilung**
- **Agroforstsysteme**

Agrarökologische und pflanzenbauliche Effekte

- Schutz vor Wind- und Wassererosion
- Verdunstungsschutz, Verbesserung Bodenwasserhaushalt
- Aufbau von Bodenkohlenstoff und THG-Minderung
- Förderung der Biodiversität
- Verbesserung der Landschaftsästhetik

Restriktionen, Herausforderungen

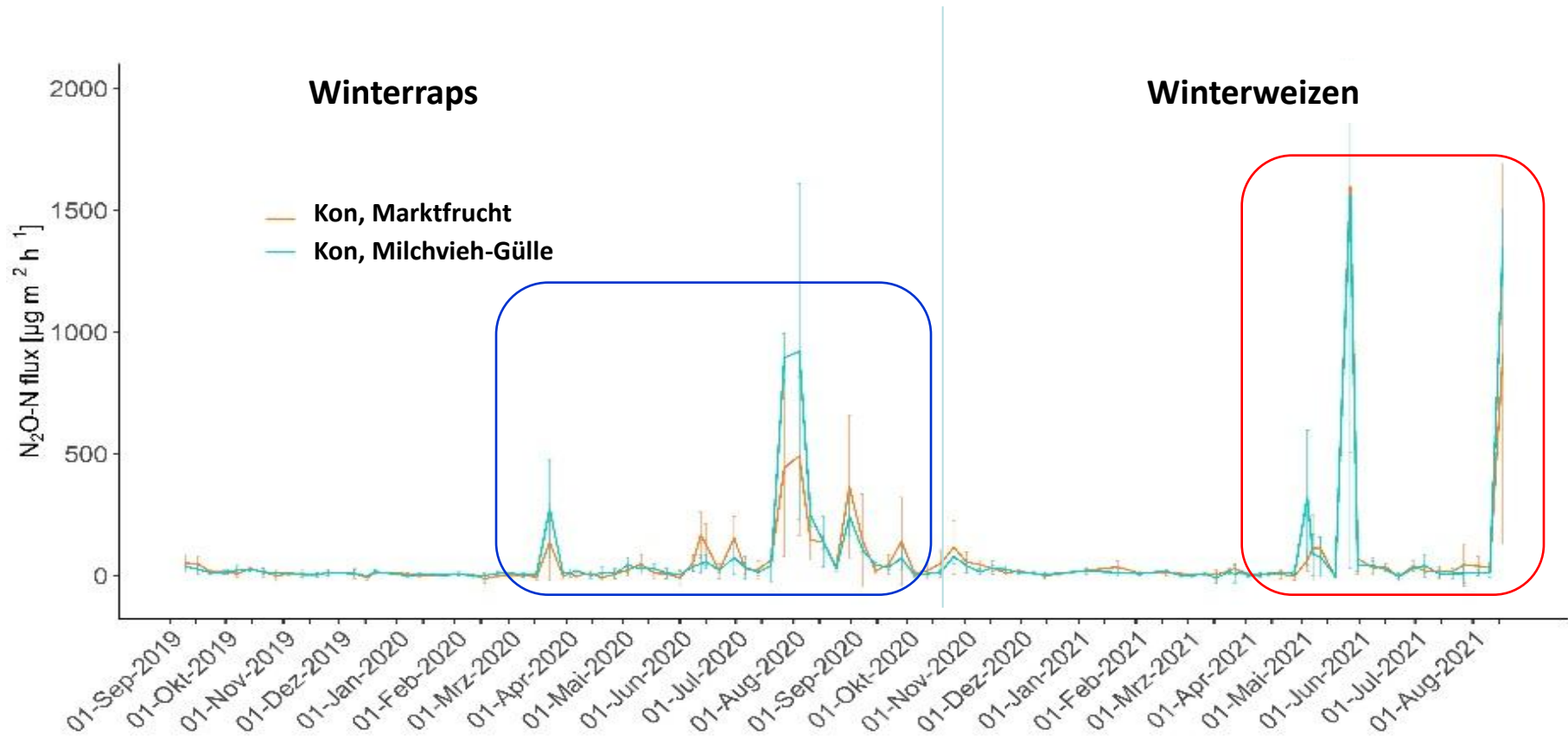
- Pflanzung der Bäume (Etablierung der AFS)
- lange Festlegung der Nutzung (20 Jahre)
- fehlende Erfahrungen und Technik bei Landwirten
- Rekultivierung der Flächen





Lachgasmessung mit der Closed-Chamber-Methode

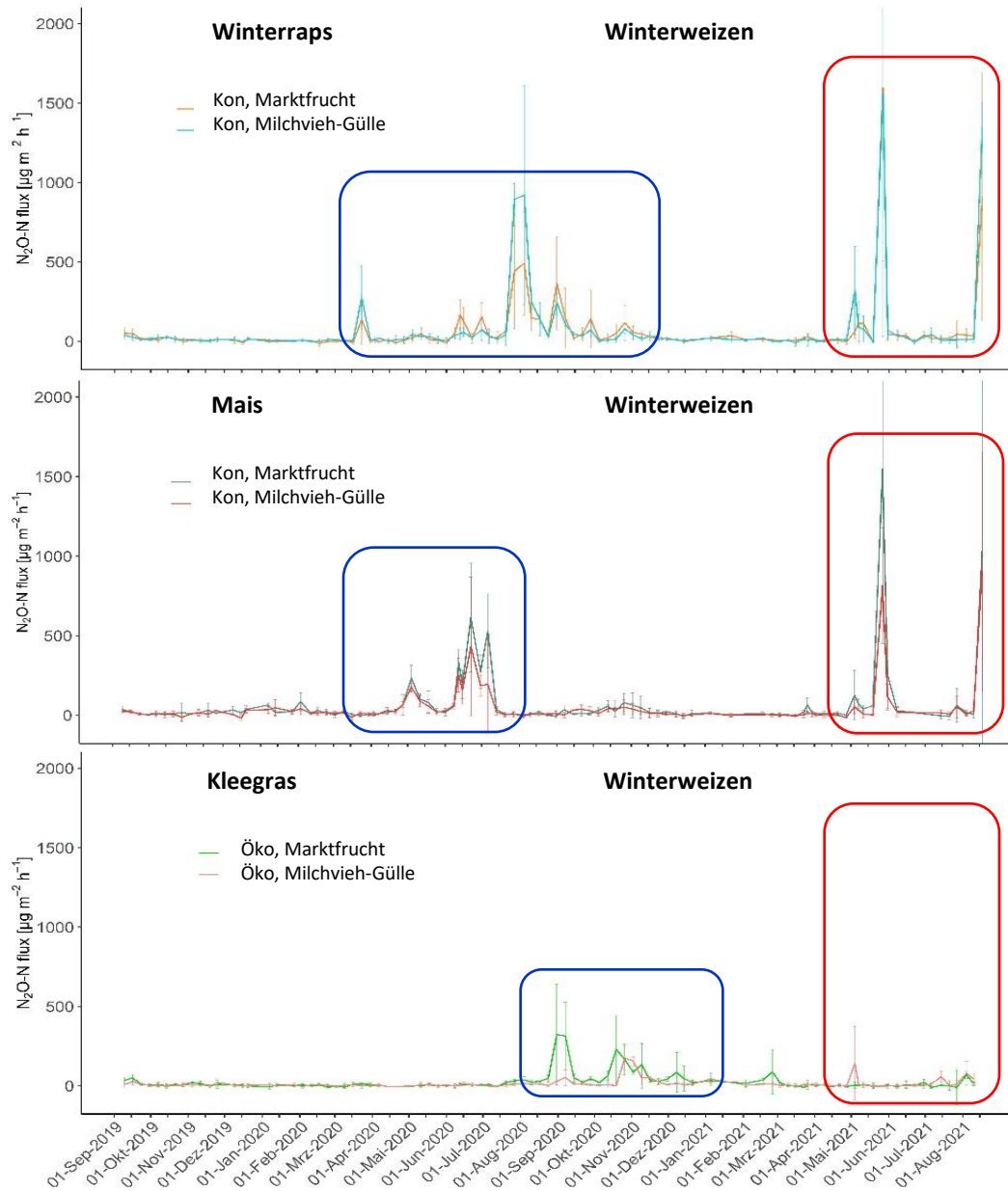
in einem Klee grasbestand (links) und in einem Weizenbestand mit Haubenverlängerung (rechts)
in der Versuchsstation Viehhausen der Technischen Universität München

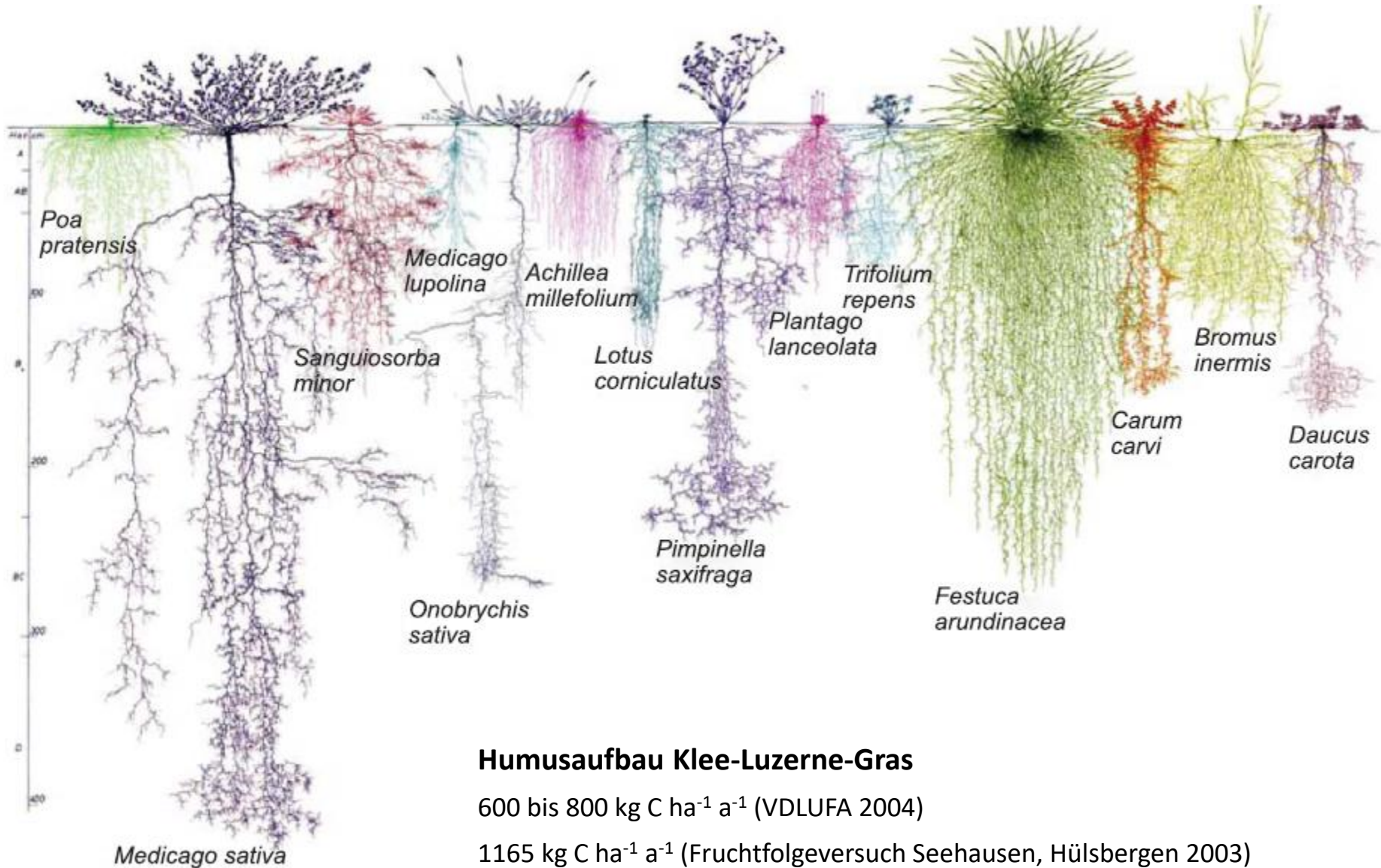


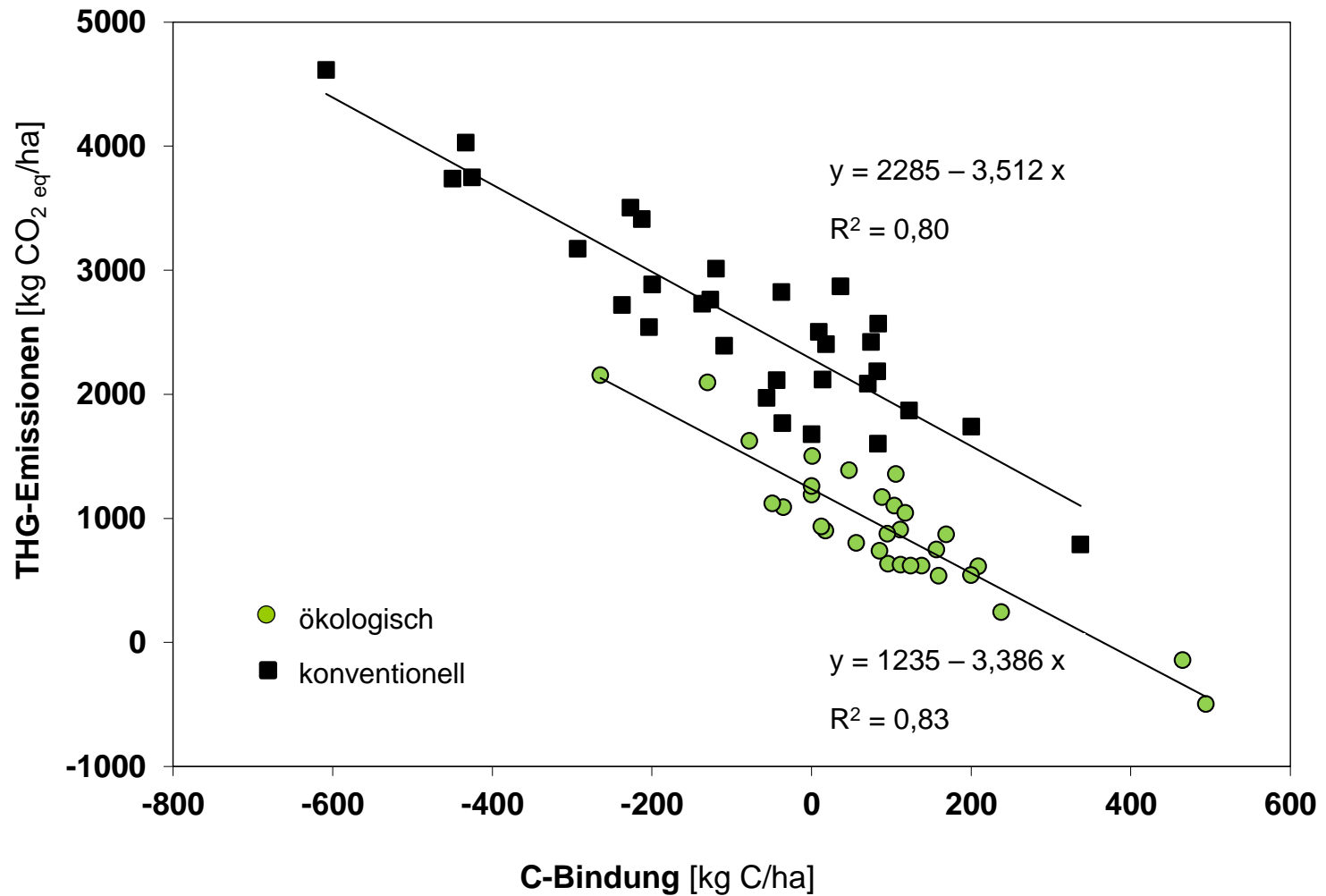


N₂O-Emissionen ökologischer und konventioneller Systeme

Versuchsstation Viehhausen, Systemversuch





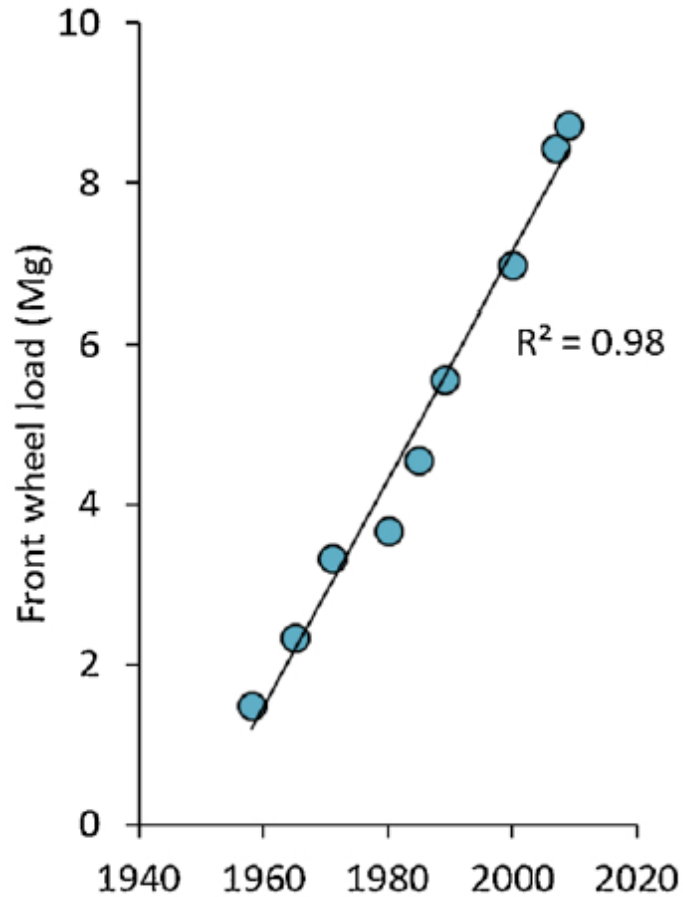


Bodenfruchtbarkeit, Bodenschutz

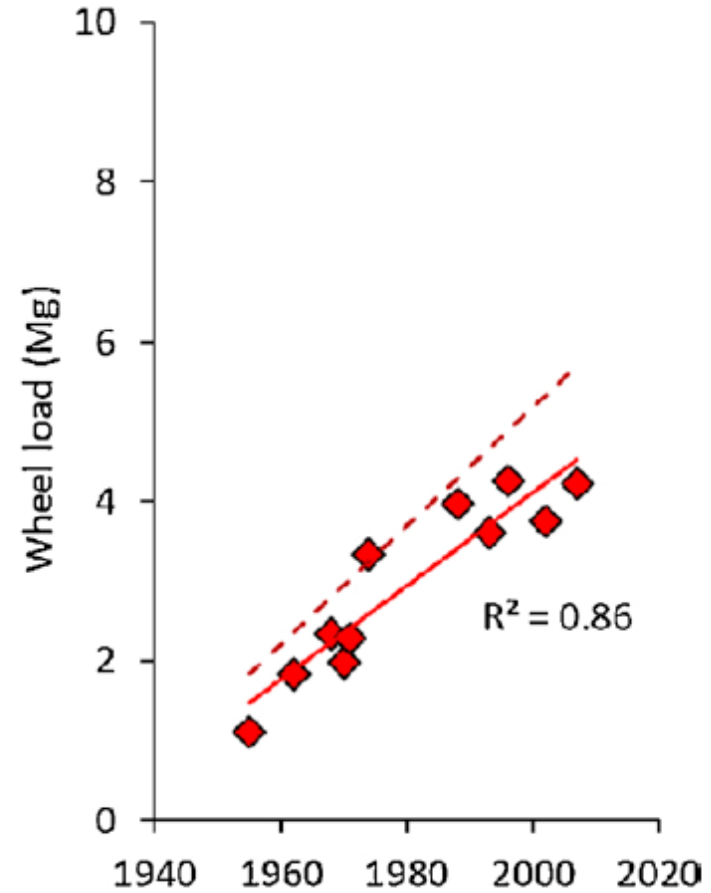
Ertragsfähigkeit der Böden

Bodenschadverdichtung, Bodenerosion, Humusmanagement





a) Front wheel loads of combine harvesters



b) Rear wheel loads of tractors

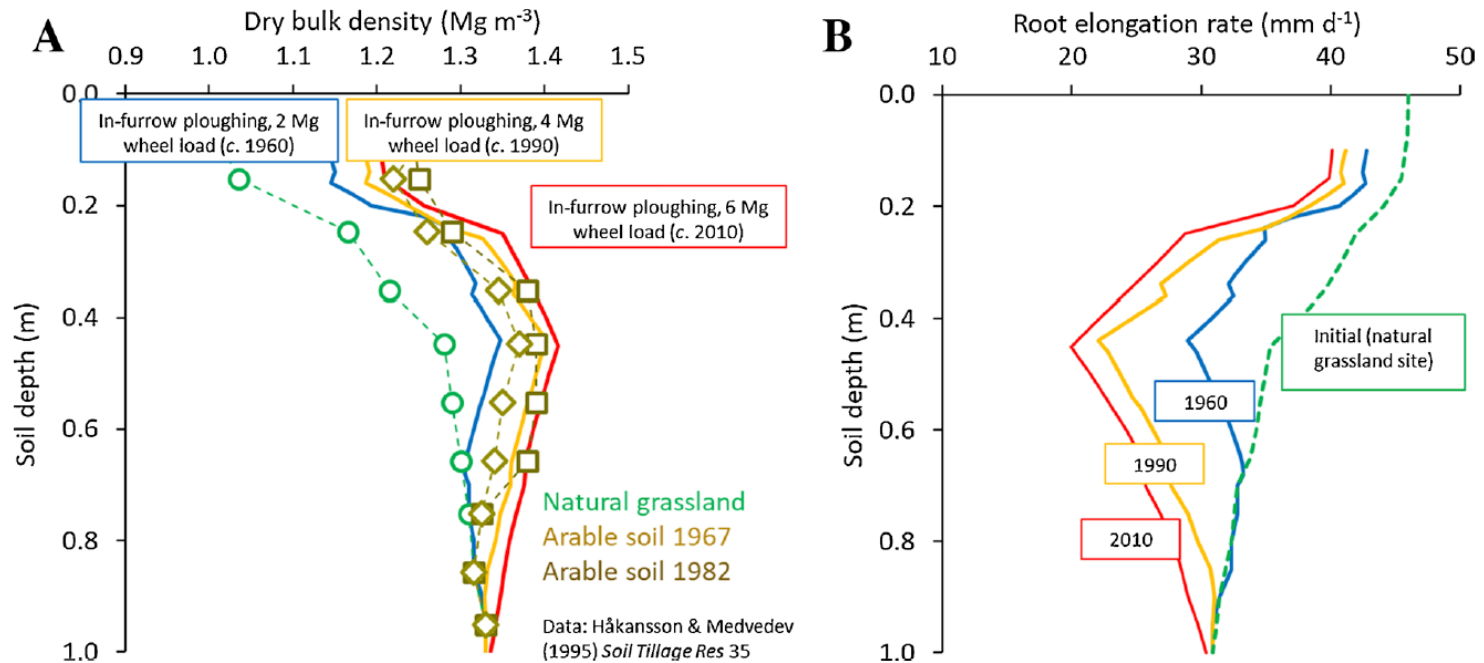


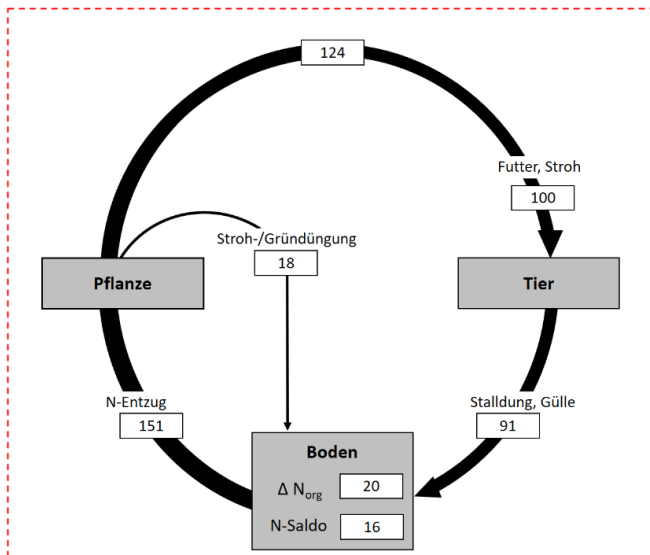
Fig. 3. a) The evolution of bulk density in an arable soil caused by increase in machinery weight. Measurements from Håkansson and Medvedev (1995): bulk density in an unmanaged soil (initial conditions; green), and in a nearby arable field 1967 (rhombi) and 1982 (squares). Solid curves represent simulations for an in-furrow wheel of a tractor with wheel loads of 2 Mg (c. 1960; blue), 4 Mg (c. 1990; yellow) and 6 Mg (c. 2010; red). **b)** Estimated root elongation rates using Eqs. (1) and (2) corresponding to the bulk density profiles in a).

Digitalisierung im Pflanzenbau

Precision Farming Technologien

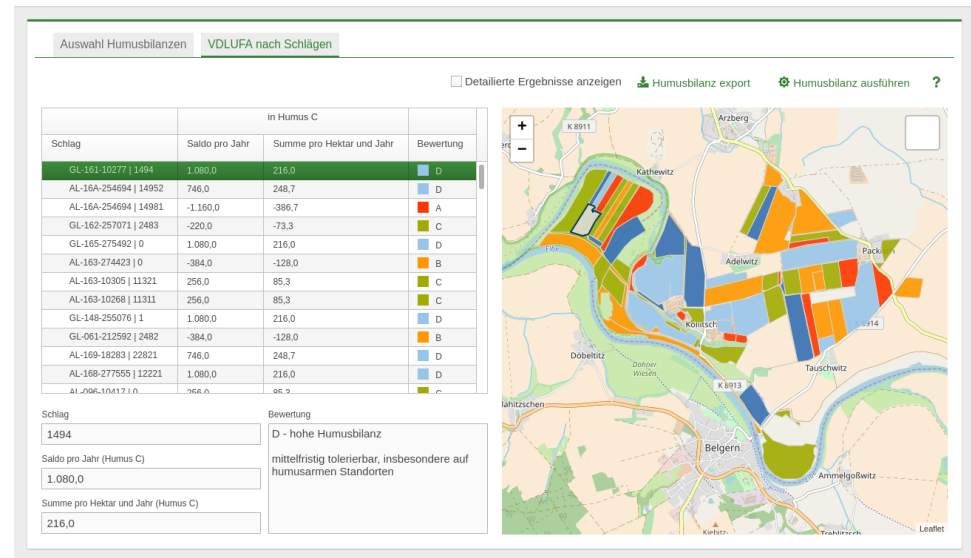
Digitale Transformation, Praxistauglichkeit digitaler Systeme

Entwicklung digitaler Umwelt- und Nährstoff-Managementsystemen Modellvalidierung und Praxistransfer



Modell REPRO

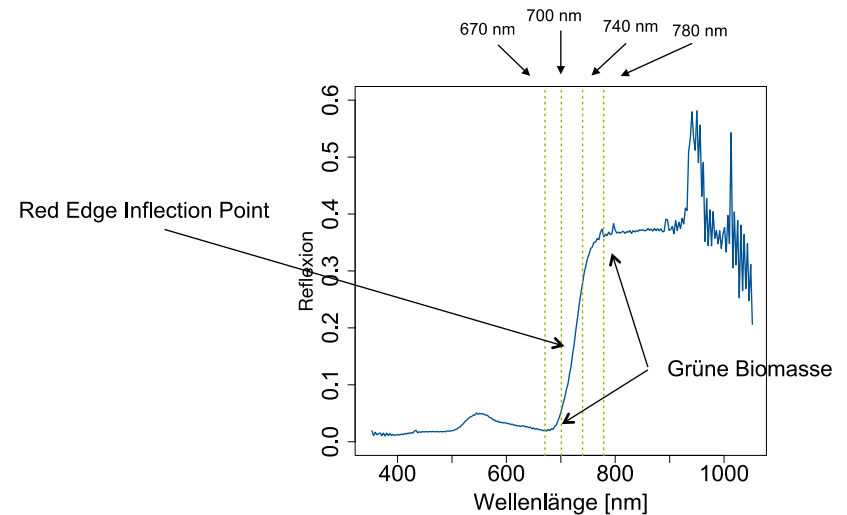
Entwicklung seit 1996



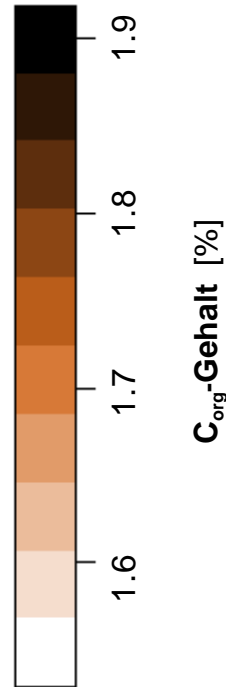
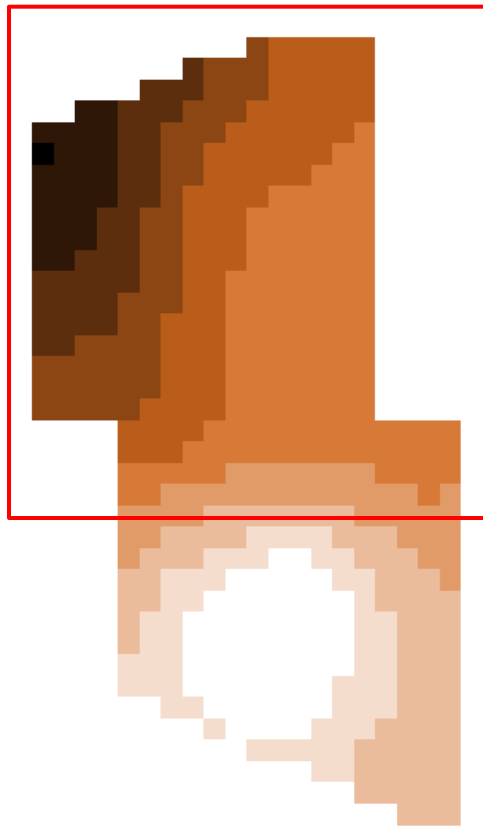
Modell webBESyD / Web-Man

Entwicklung seit 2016

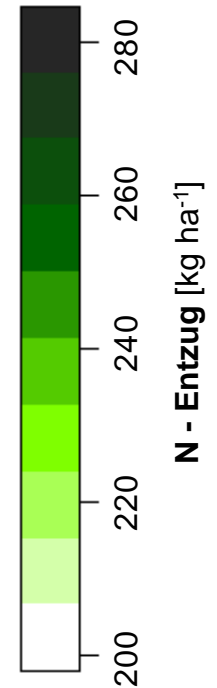
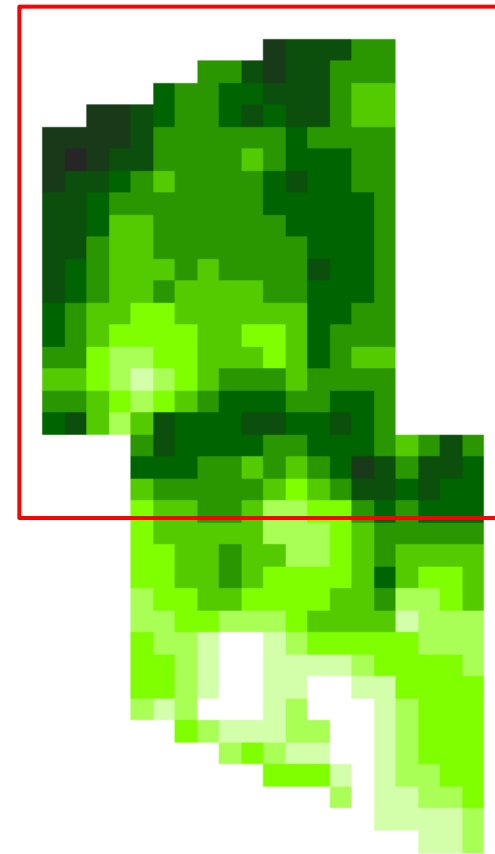
Entwicklung von Vegetationsindices und Algorithmen für sensorgestützte Düngesysteme, Modellvalidierung und Praxistest



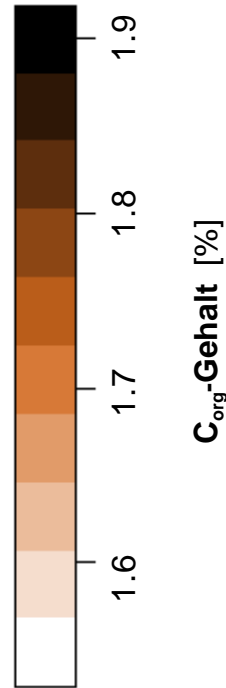
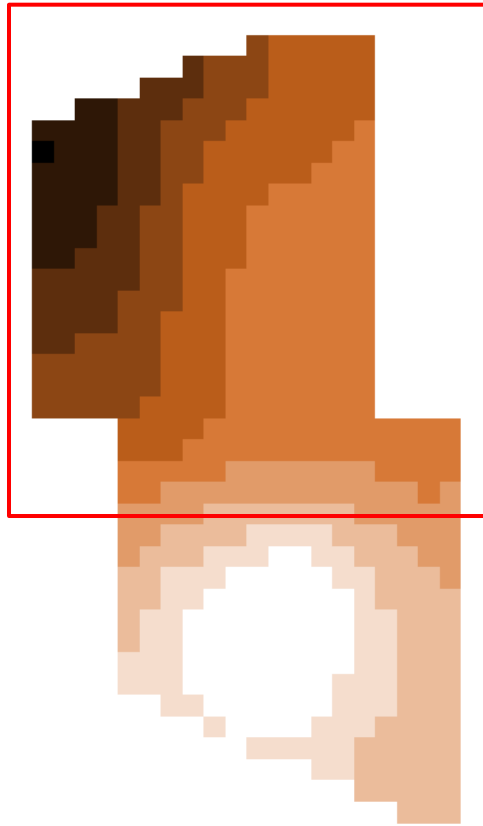
$$REIP = 700 + 40 \frac{0.5 (R_{670} + R_{780}) - R_{700}}{R_{740} + R_{700}} \quad (\text{Bayet \& Guyot, 1988})$$



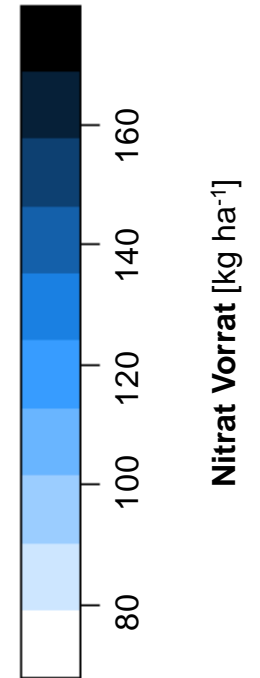
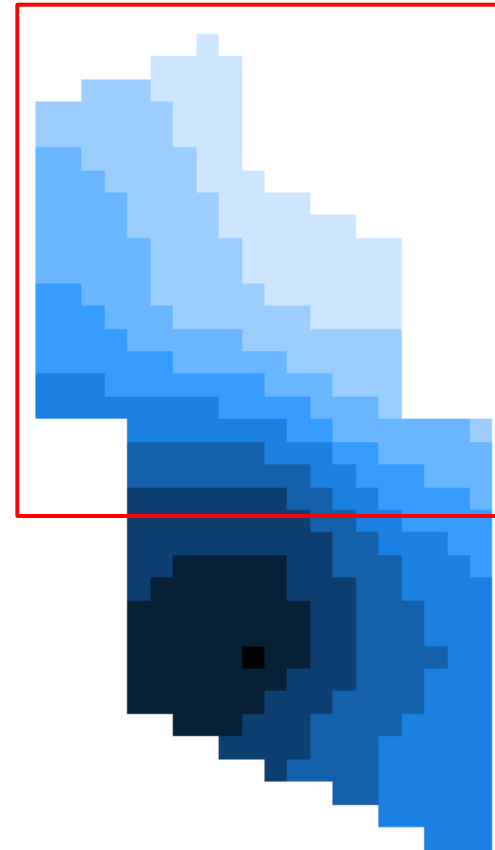
C_{org} -Gehalt, Ap-Horizont



N-Entzug Winterweizen, Sensor



C_{org} -Gehalt, Ap-Horizont

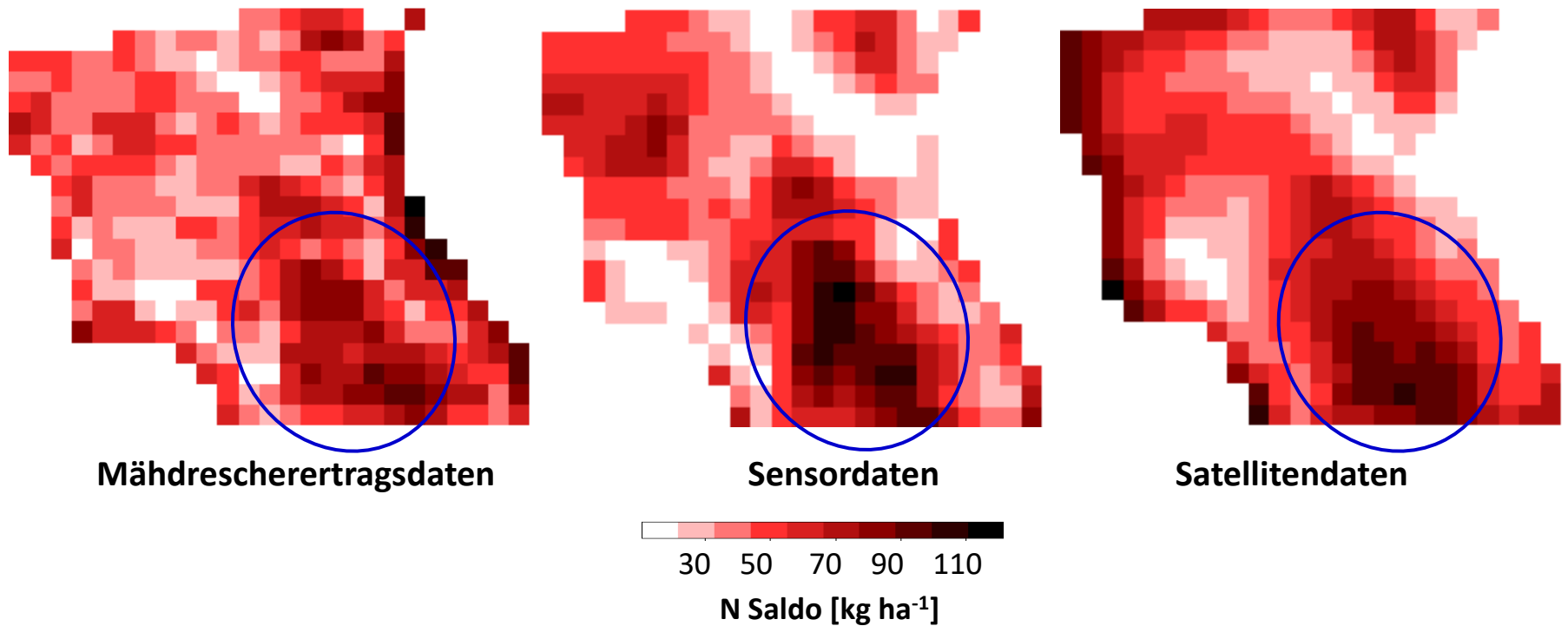


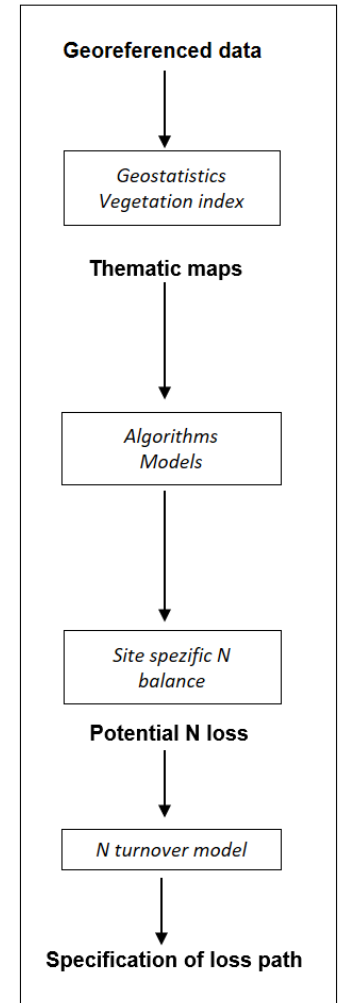
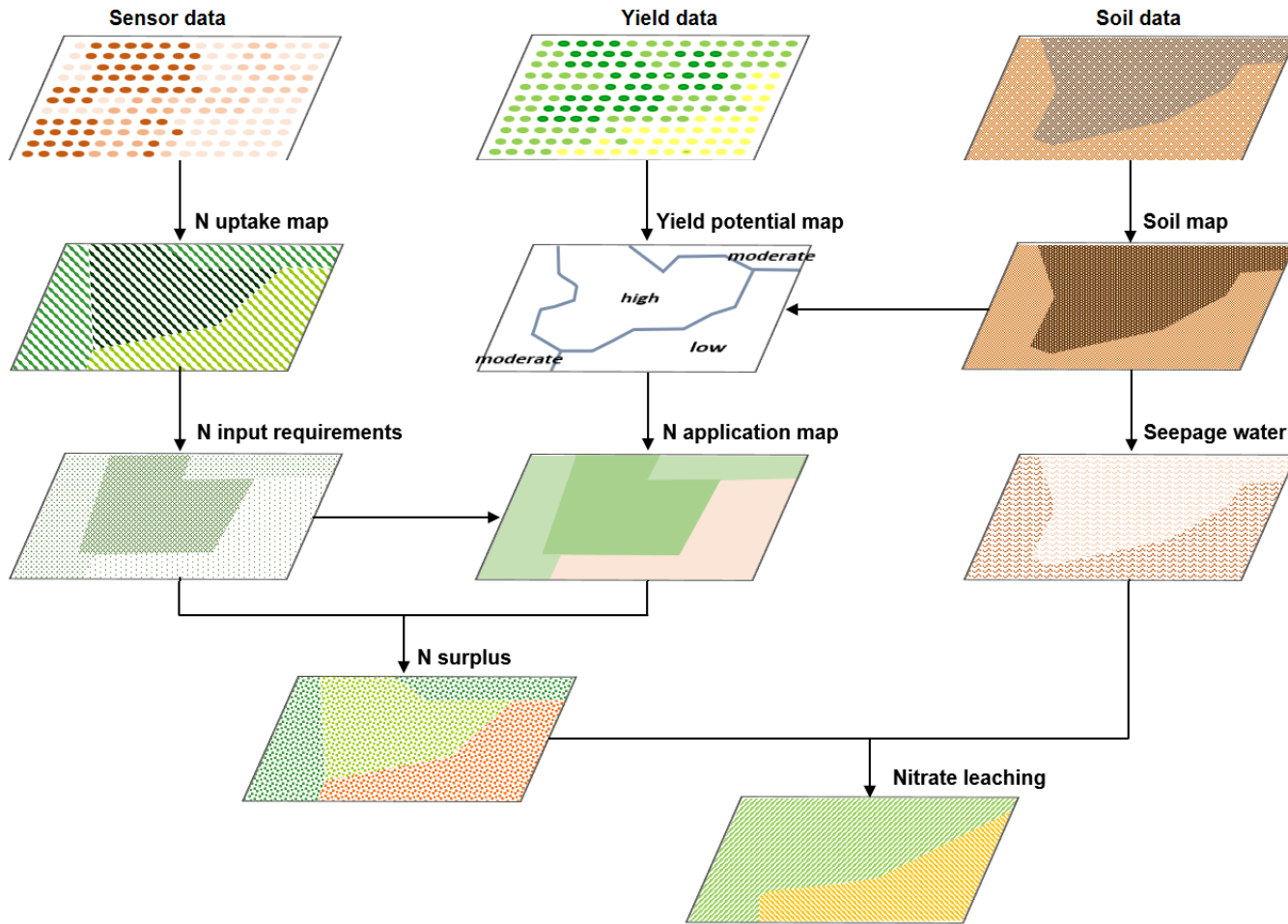
Nitrat-Vorrat (0 – 2,5 m Tiefe)



Räumliche Variabilität des N-Saldo auf einem Ackerschlag

Modellregion Hohenthann, Schlag Hofacker (4,15 ha), Winterweizen (2019)





Ökologischer Landbau

Entwicklungspotenziale, Umwelt- und Klimawirkungen

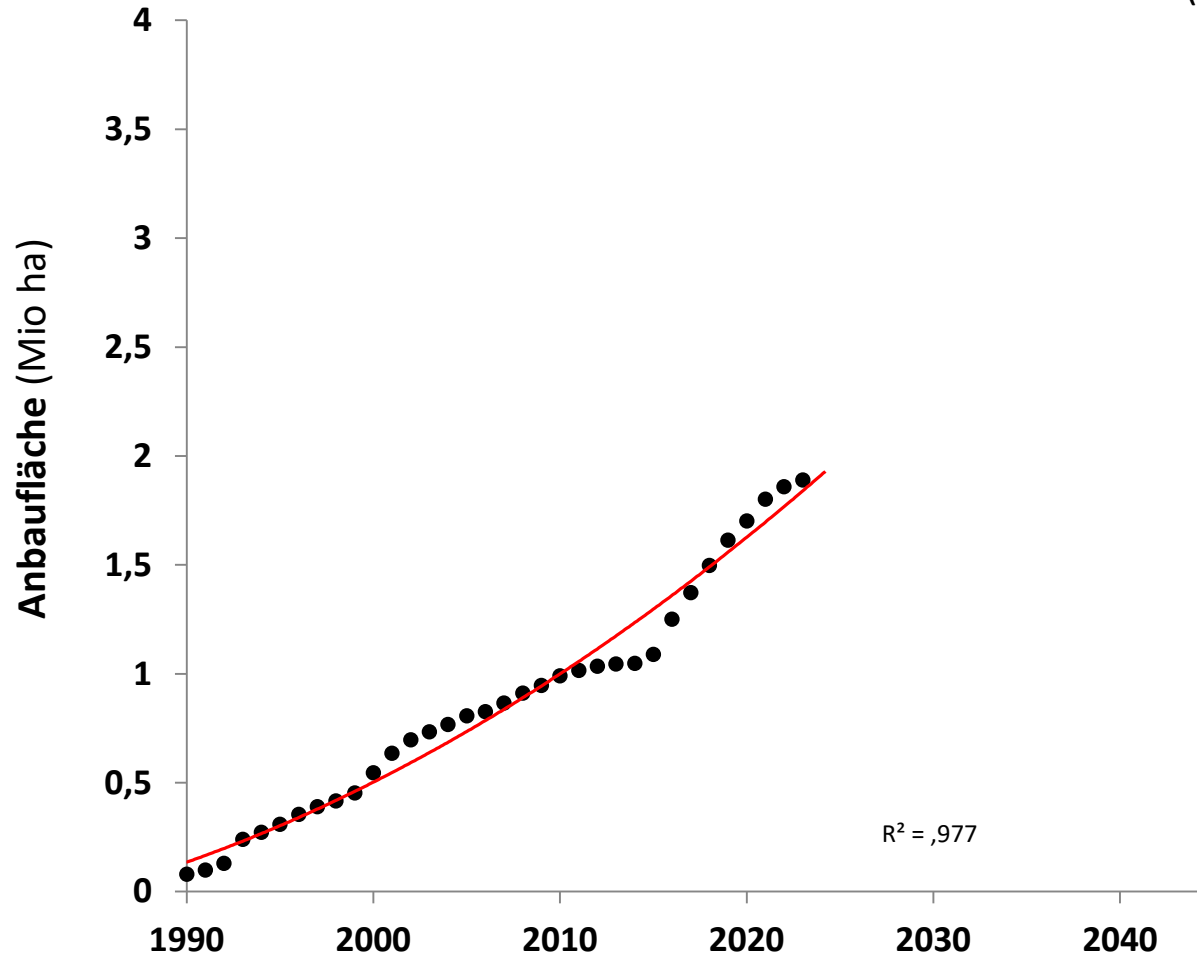
Schließen der Ertragslücke





2023: **1.89 Mio ha** (11,4 % der LN)

2045: **3.73 Mio ha** (22,4 % der LN)

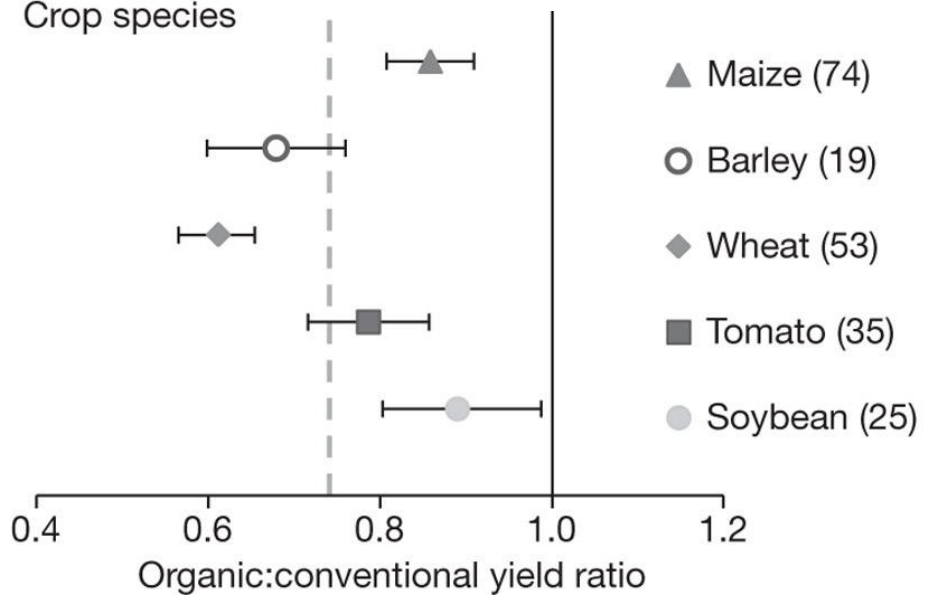




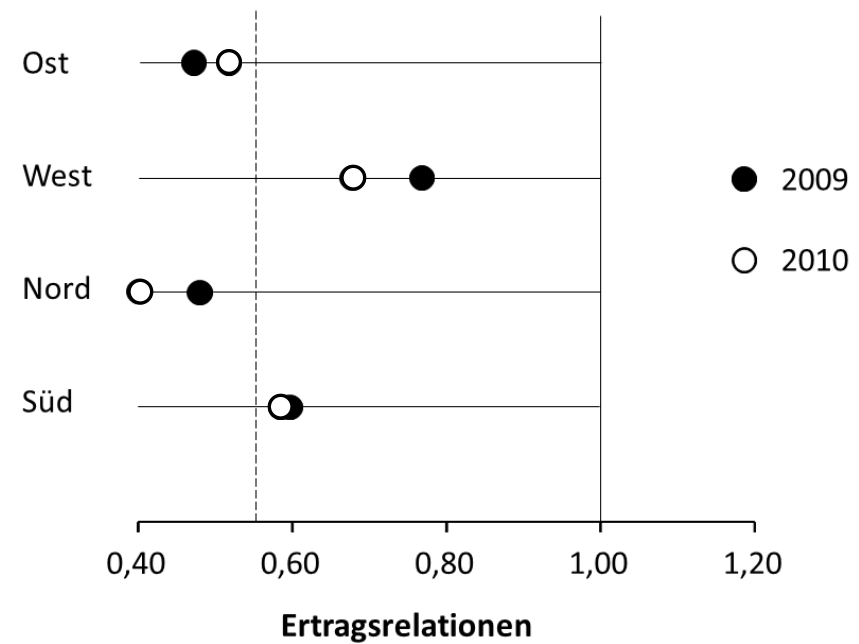
Ertragsrelationen, ökologisch : konventionell

links: Metastudie, rechts: Netzwerk der Pilotbetriebe

Crop species



Winterweizen





Systemversuch Viehhausen

Anlagejahr 2009

**Systemvergleich ökologischer
und konventioneller Landbau**

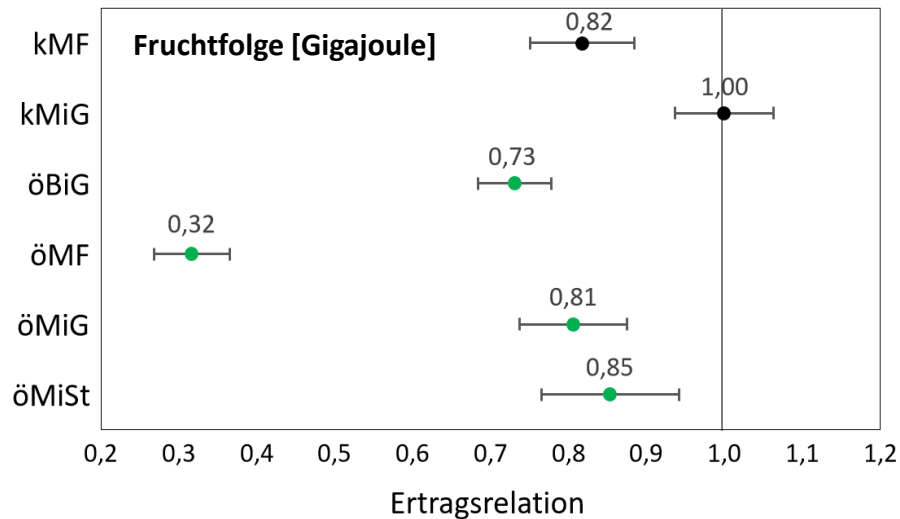
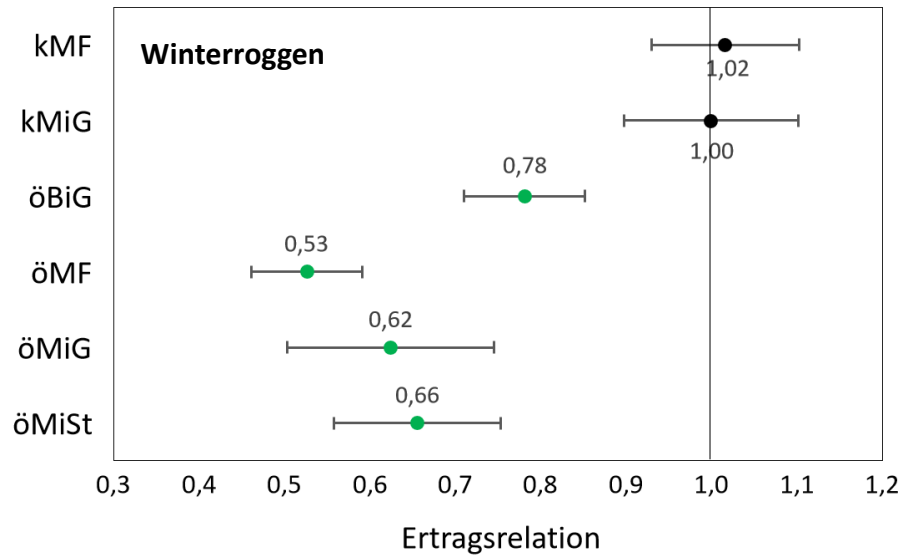
**Langzeitwirkungen auf Böden
und Umwelt**

Ertragsleistungen



Ertragsrelationen, ökologisch : konventionell

Systemversuch Viehhausen





- **Das beherrschende Thema im Pflanzenbau der nächsten 20 Jahre wird die Anpassung an den Klimawandel (zunehmender Hitze- und Trockenstress) sein.**
- **Durch Bodenkohlenstoffbindung wird die Treibhausgasbilanz des Pflanzenbaus verbessert. Humusaufbau ist zudem eine Strategie im klimaresilienten Pflanzenbau.**
- **Die Vorteile der Digitalisierung im Pflanzenbau zur Effizienzsteigerung und Minderung umweltrelevanter Stickstoffverluste sollten konsequent genutzt werden.**
- **Der Flächenanteil des ökologischen Landbaus wird weiter steigen. Die Ertragslücke zu konventionell-intensiven Pflanzenbausystemen muss verringert werden.**