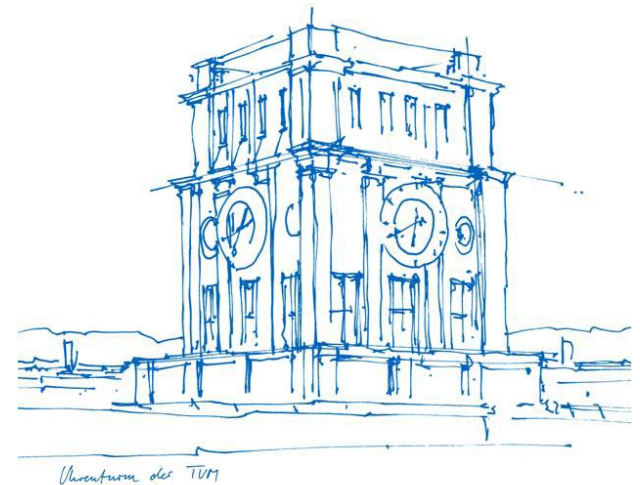


Modellgestützte Bilanzierung und Optimierung von Nährstoffkreisläufen in landwirtschaftlichen Betriebssystemen



KTBL-Tage in Weimar, 19. März 2024

- **Problemstellung**

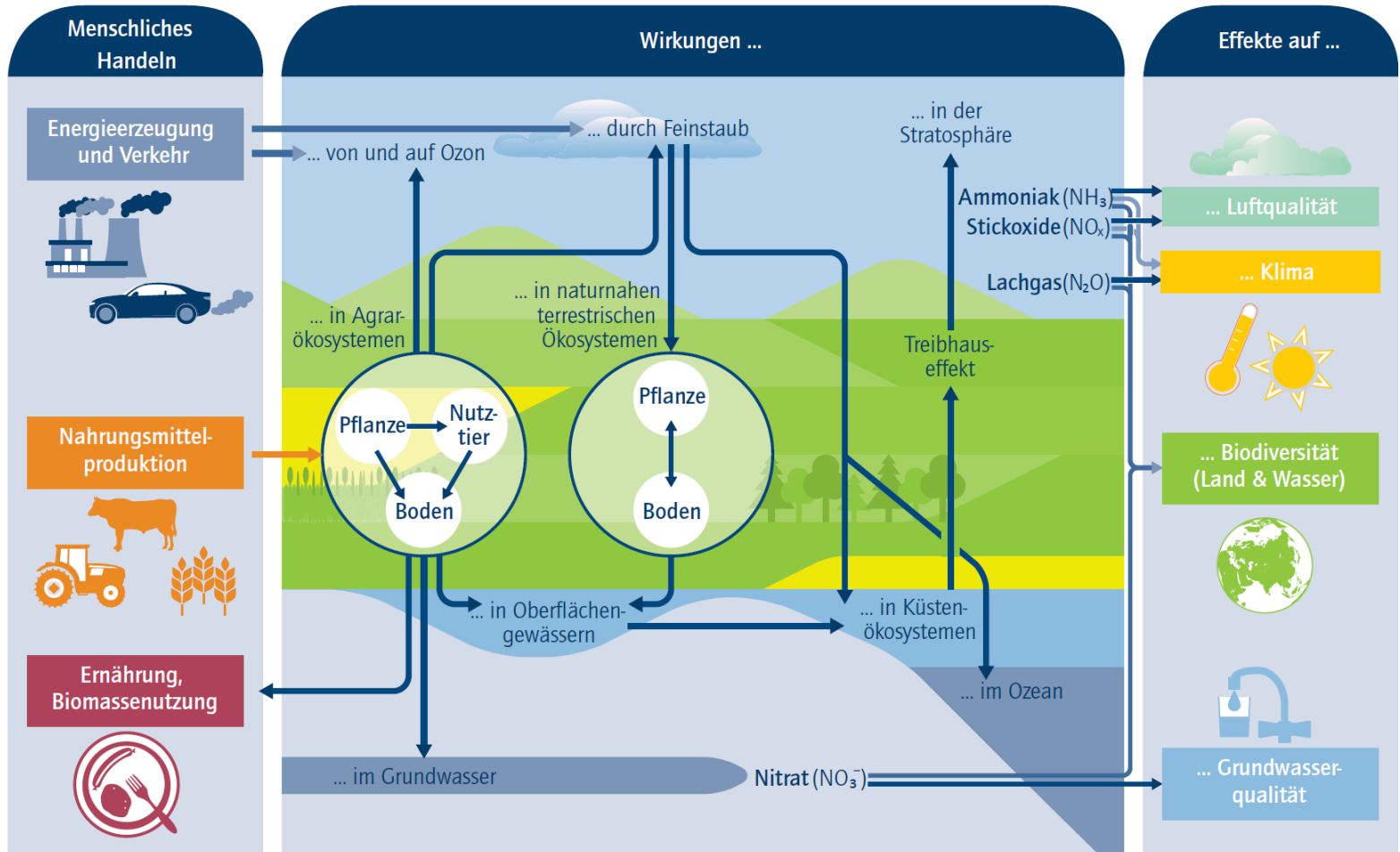
- **Modellierung von Nährstoffkreisläufen mit REPRO**
 - Methodische Grundlagen
 - Ergebnisse der Modellanwendung – Netzwerk der Pilotbetriebe

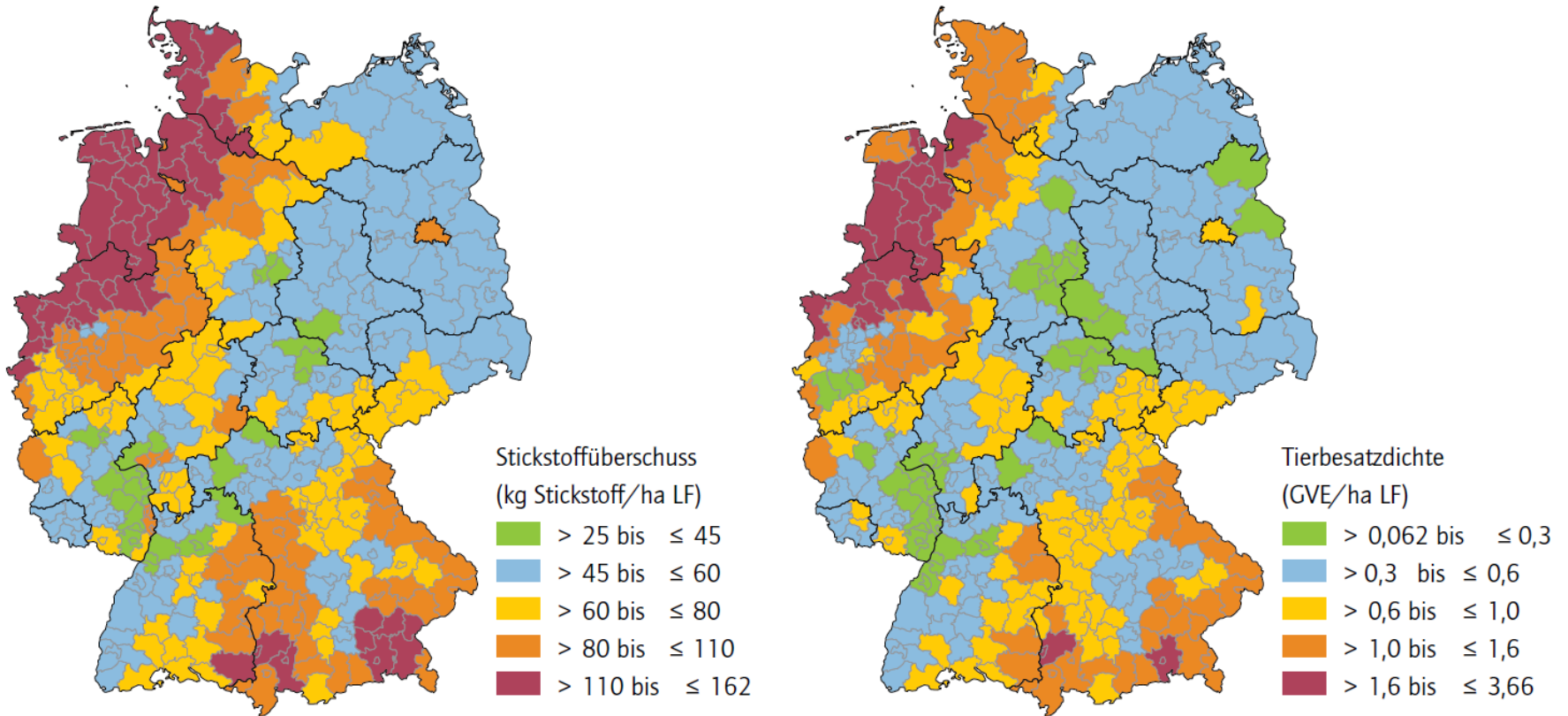
- **Webbasiertes Nährstoffmanagement mit webBESyD/Web-Man**
 - Modellstruktur und Fachmodule
 - Teilflächenspezifische Nährstoffbilanzierung

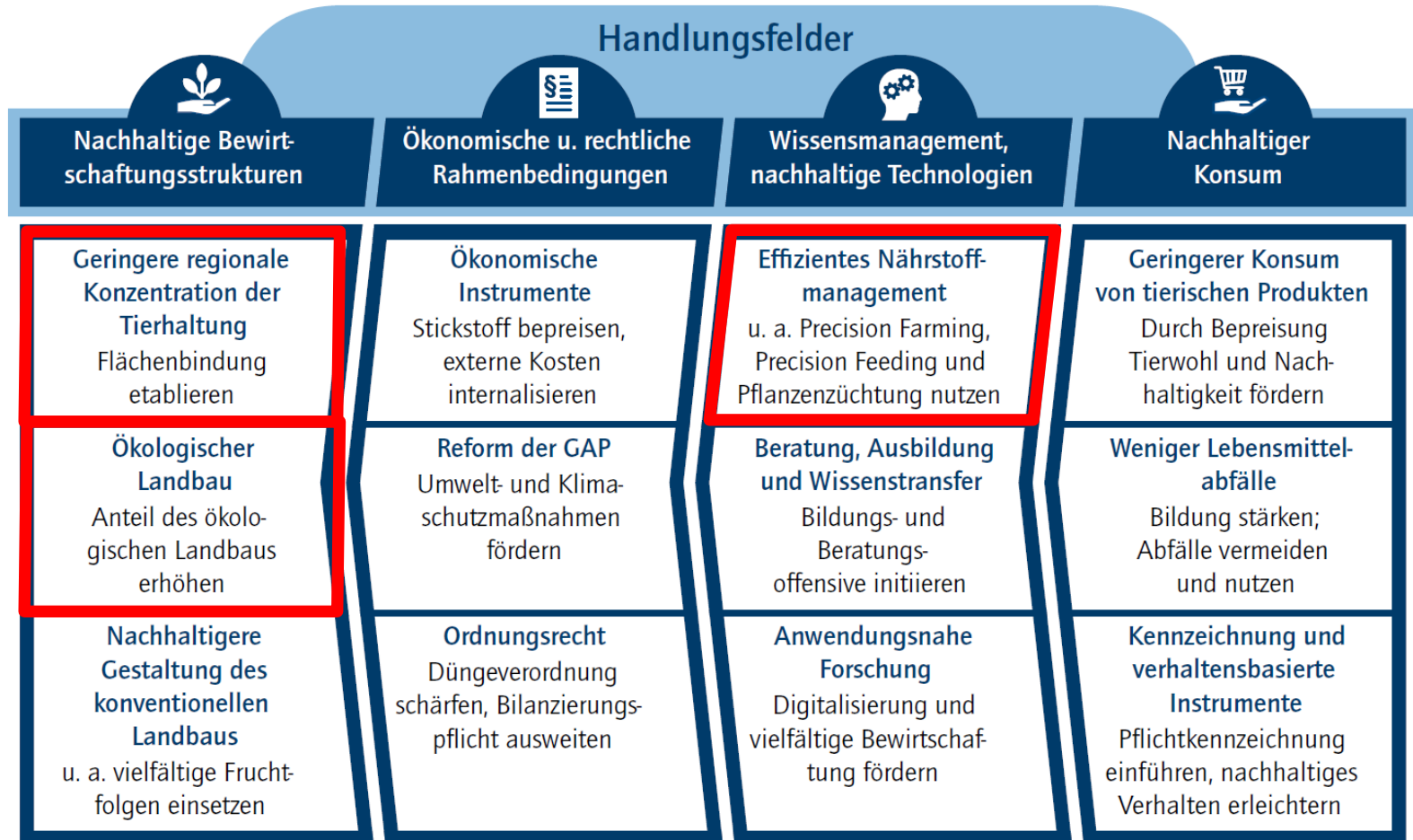
- **Schlussfolgerungen und Ausblick**

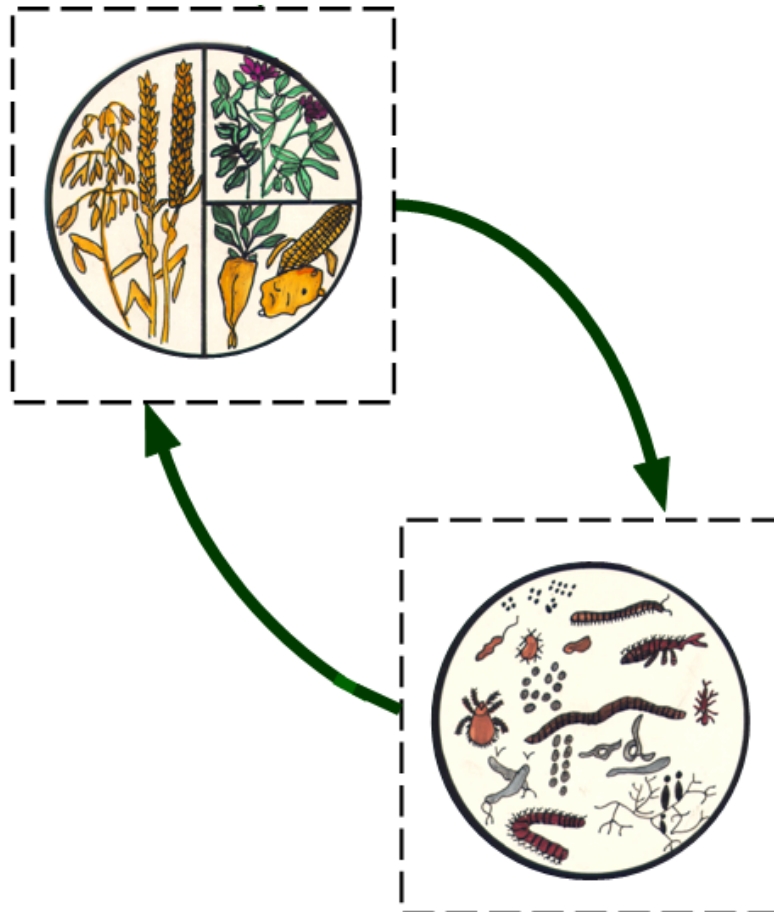


Die Stickstoffkaskade







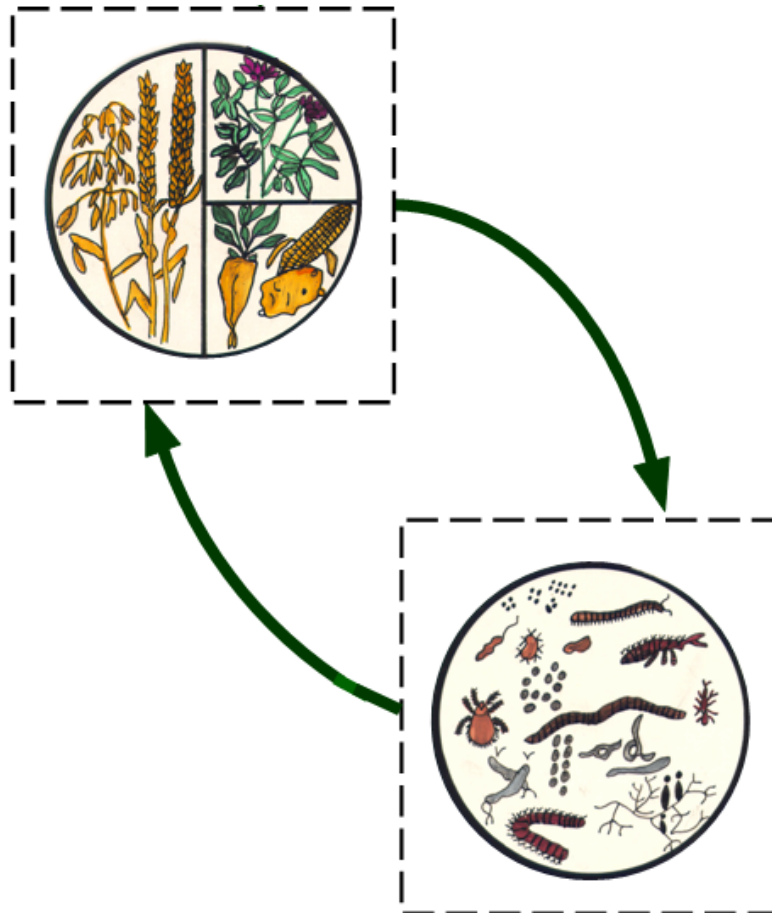


Spezialisierung Marktfruchtbetriebe

- C- und N-Kreislauf, Emissionen
- Bodenfruchtbarkeit, Humus
- Fruchtfolge, Fruchtartendiversität
- Ertrag, Qualität

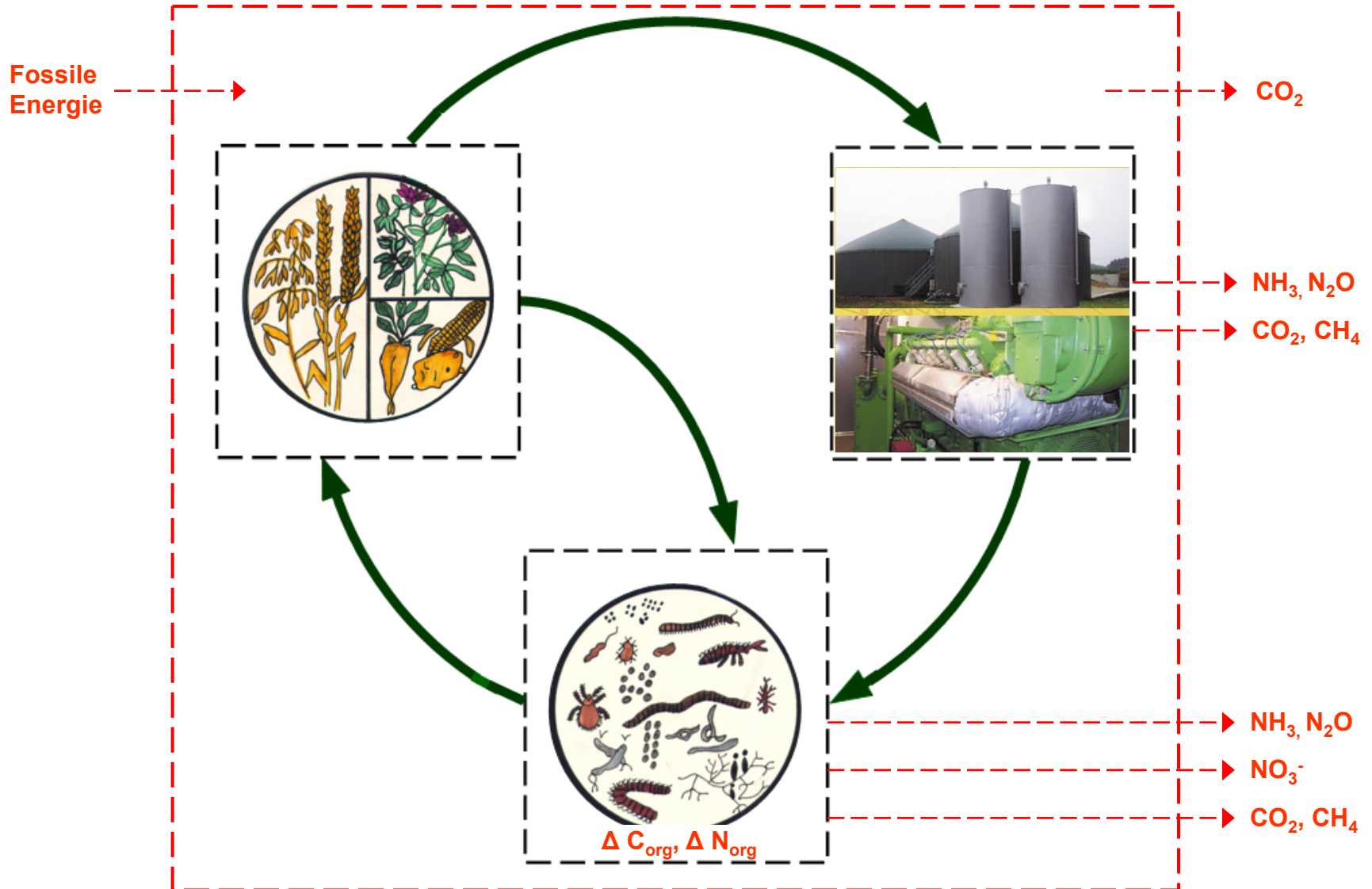


Stoffkreisläufe im Landwirtschaftsbetrieb



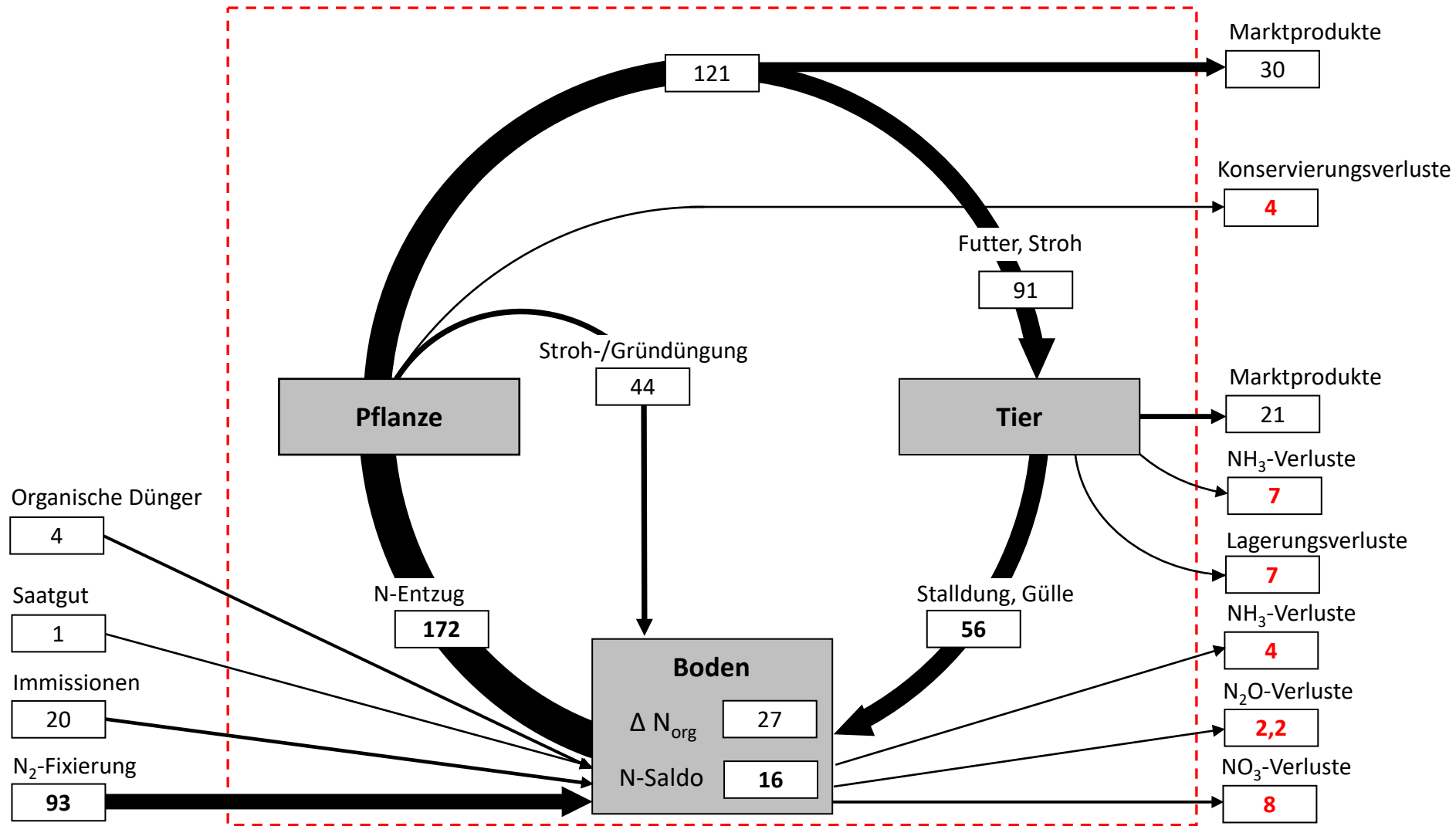


Stoffkreisläufe im Landwirtschaftsbetrieb





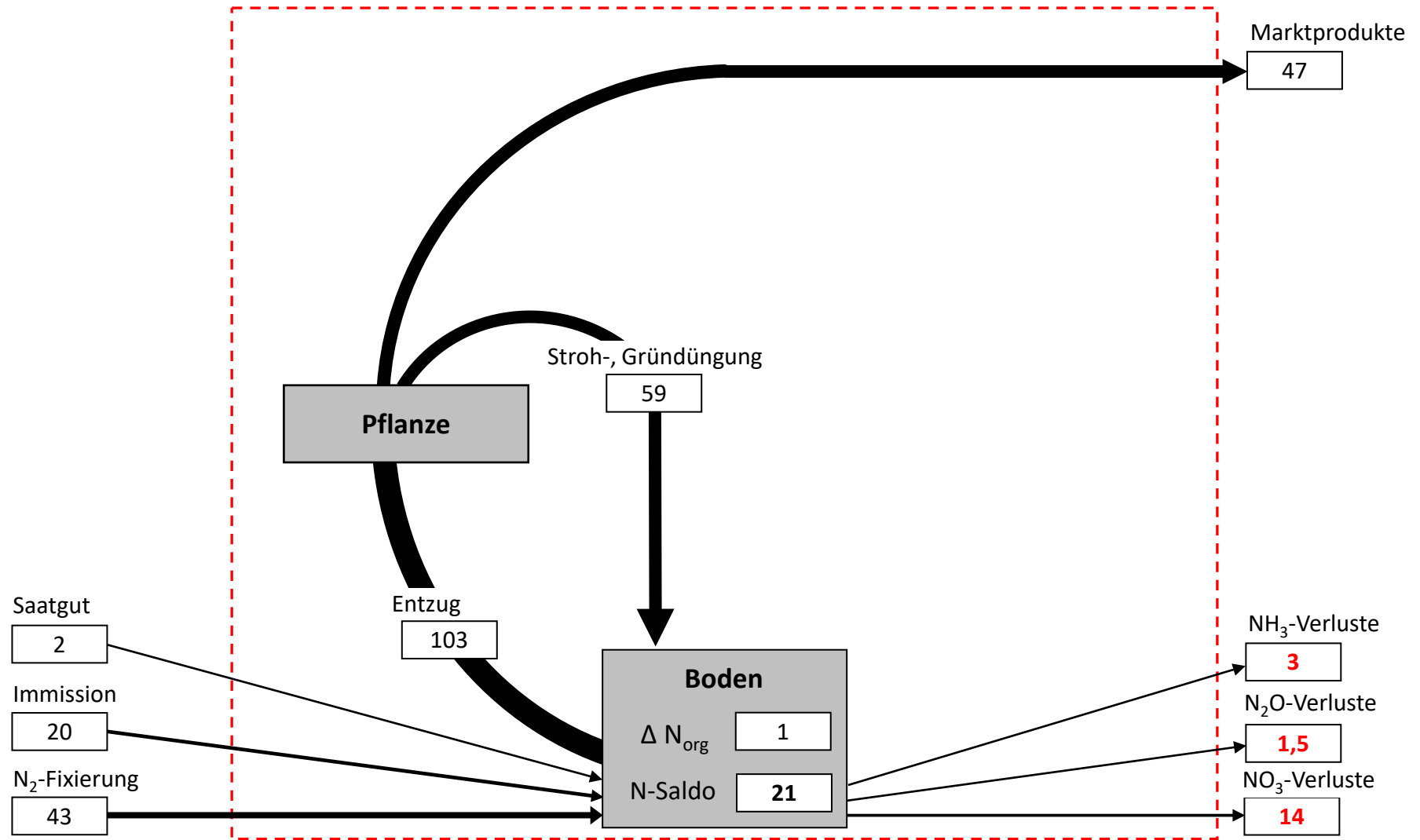
Stickstoffkreislauf eines ökologischen Gemischtbetriebes mit Milchviehhaltung [kg N ha⁻¹ a⁻¹]





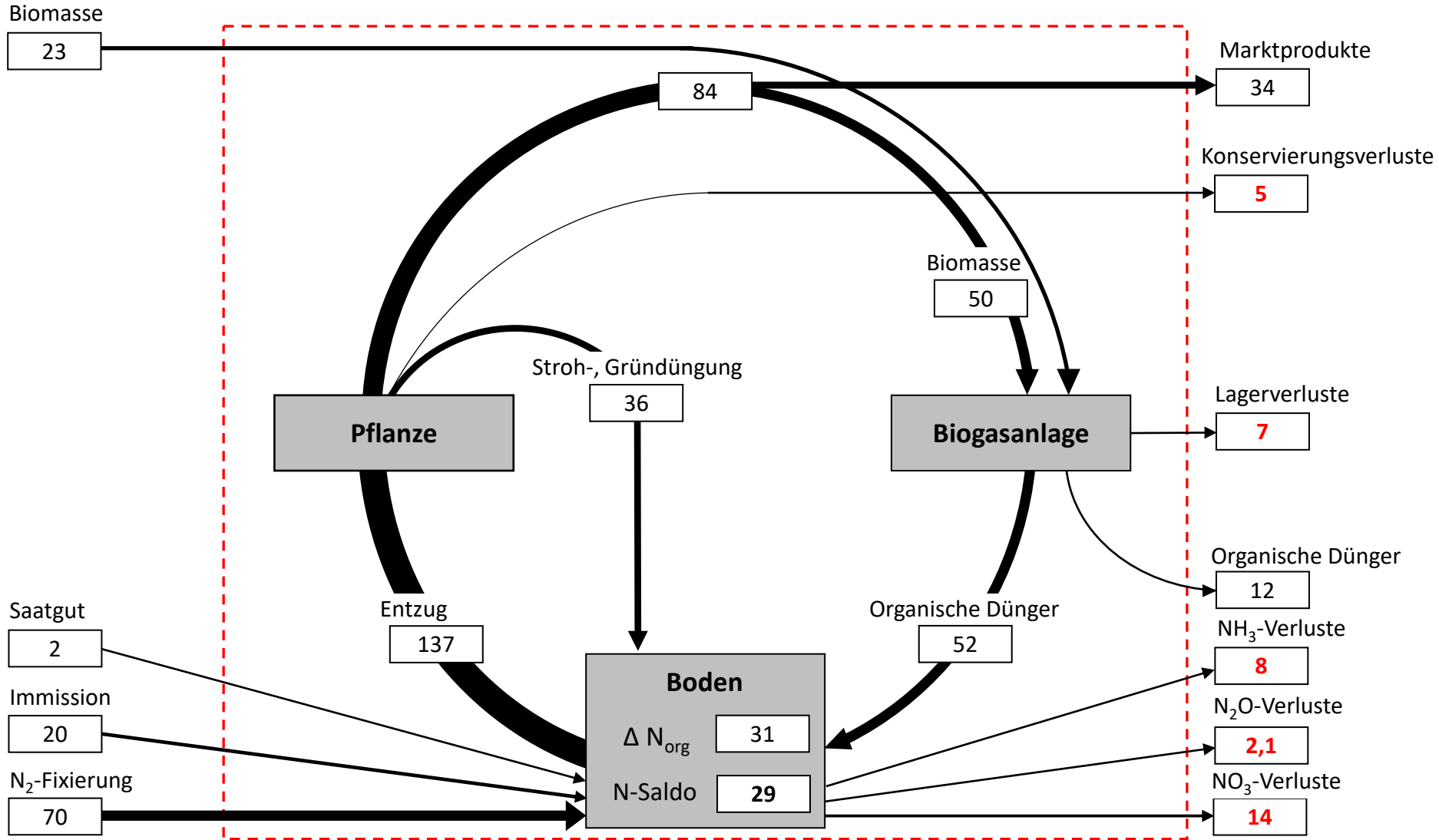
Stickstoffkreislauf eines ökologischen Marktfruchtbetriebes

[kg N ha⁻¹ a⁻¹]



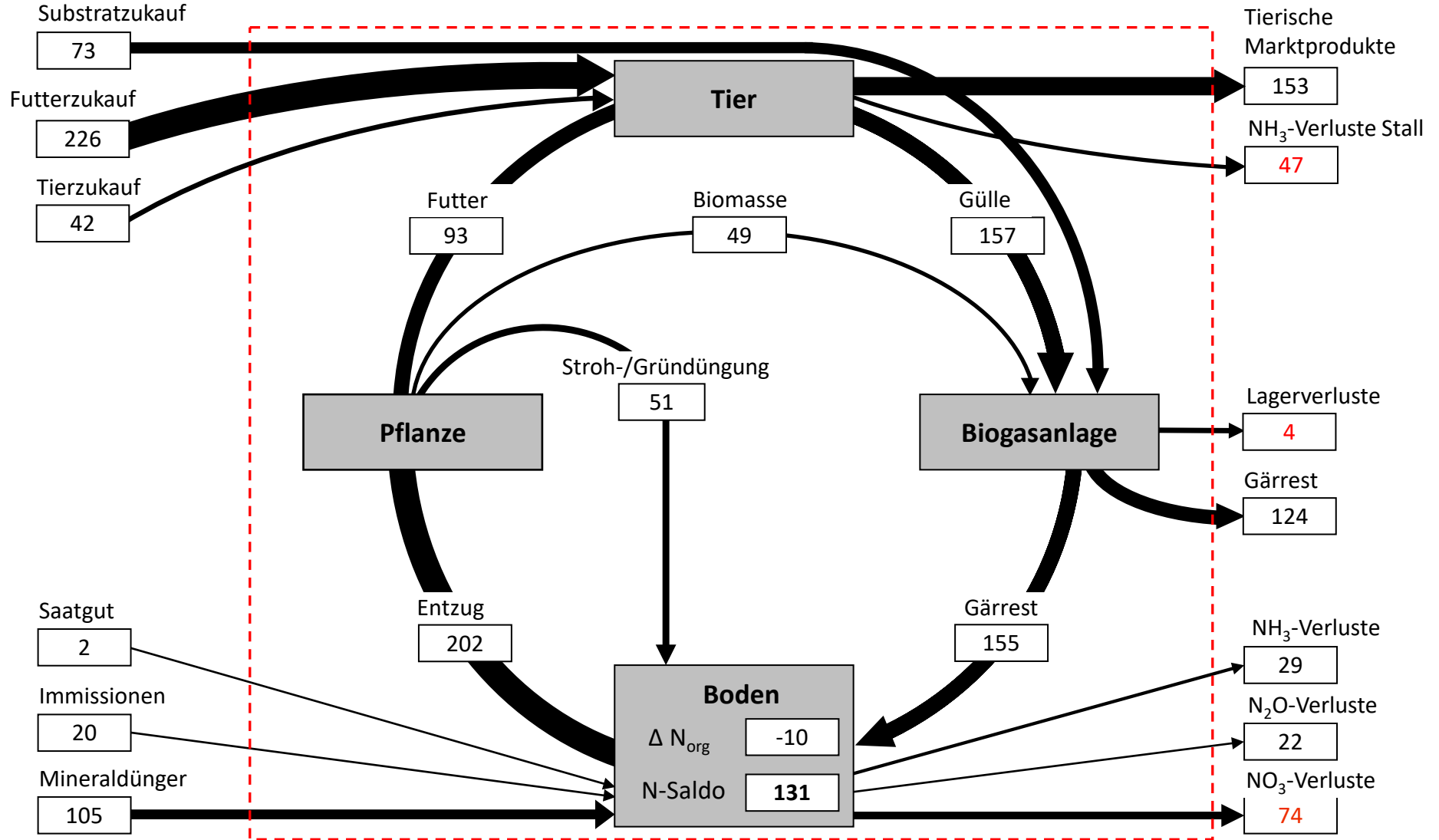


Stickstoffkreislauf eines ökologischen Marktfruchtbetriebes mit Biogasanlage [kg N ha⁻¹ a⁻¹]

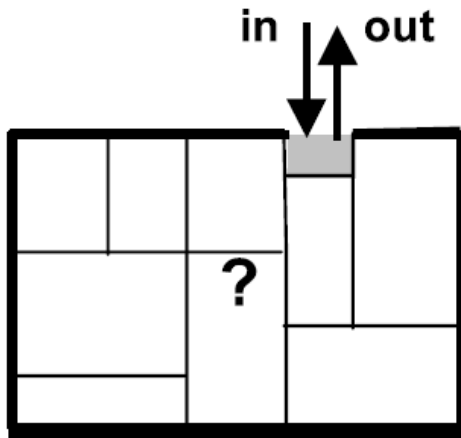




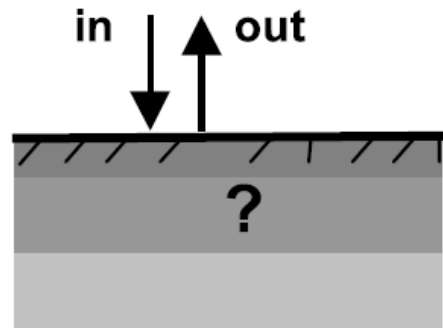
Stickstoffkreislauf eines konventionellen Betriebes mit Schweinemast und Biogasanlage [kg N ha⁻¹ a⁻¹]



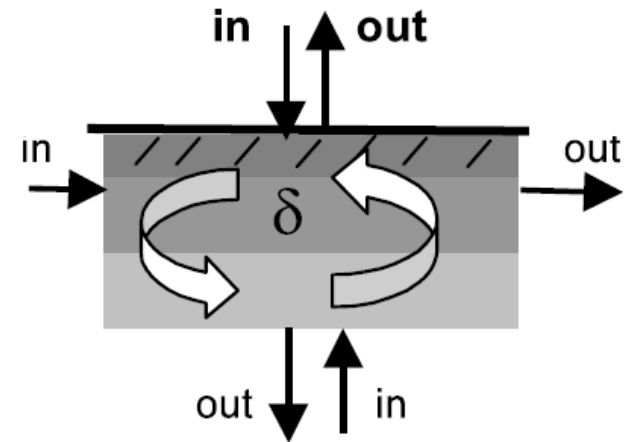
Farm-gate budget



Soil surface budget



Soil system budget





Nitrogen cycle of the organic farming system Scheyern

(1999 – 2002) [kg N ha⁻¹ a⁻¹]



Forage, straw

34

Animals

4

Farm Gate Nitrogen Balance

(Black-Box-Approach)

N Surplus: 68 kg ha⁻¹ LF

N Efficiency: 41,4 %

Seed

2

N deposition

16

N₂ fixation

60

Cash products

24

Conservation losses

9

Cash products

23

NH₃ emission

19

Slurry

5

NH₃ emission

9

N₂O emission

4

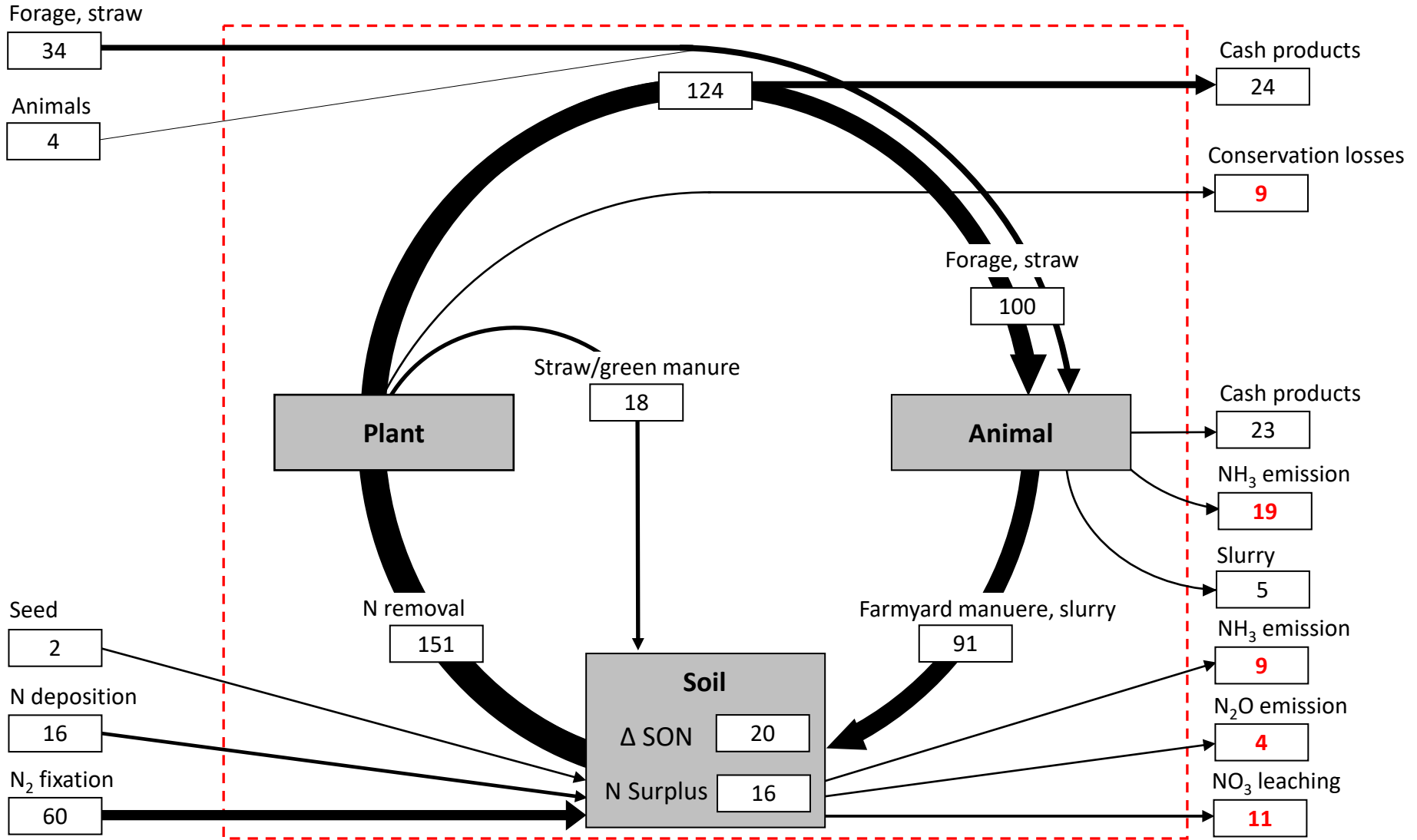
NO₃ leaching

11



Nitrogen cycle of the organic farming system Scheyern

(1999 – 2002) [kg N ha⁻¹ a⁻¹]

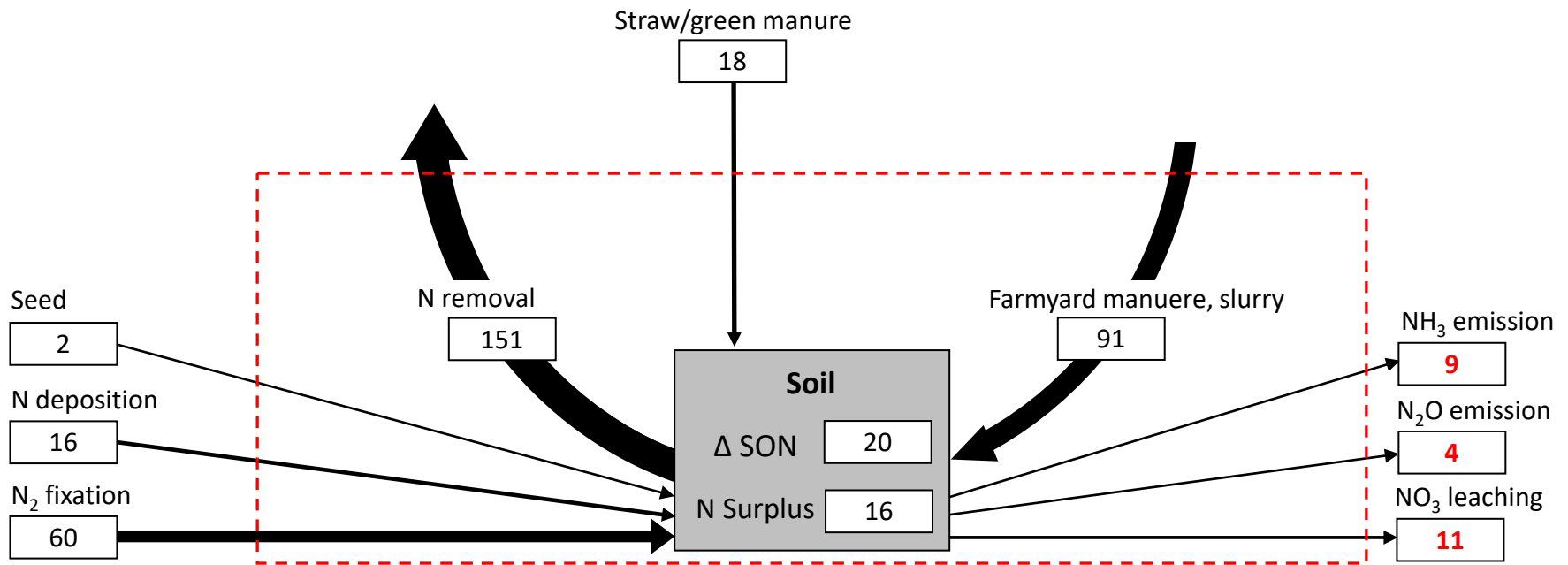




Soil Surface Balance

N Surplus: 16 kg ha⁻¹ LF

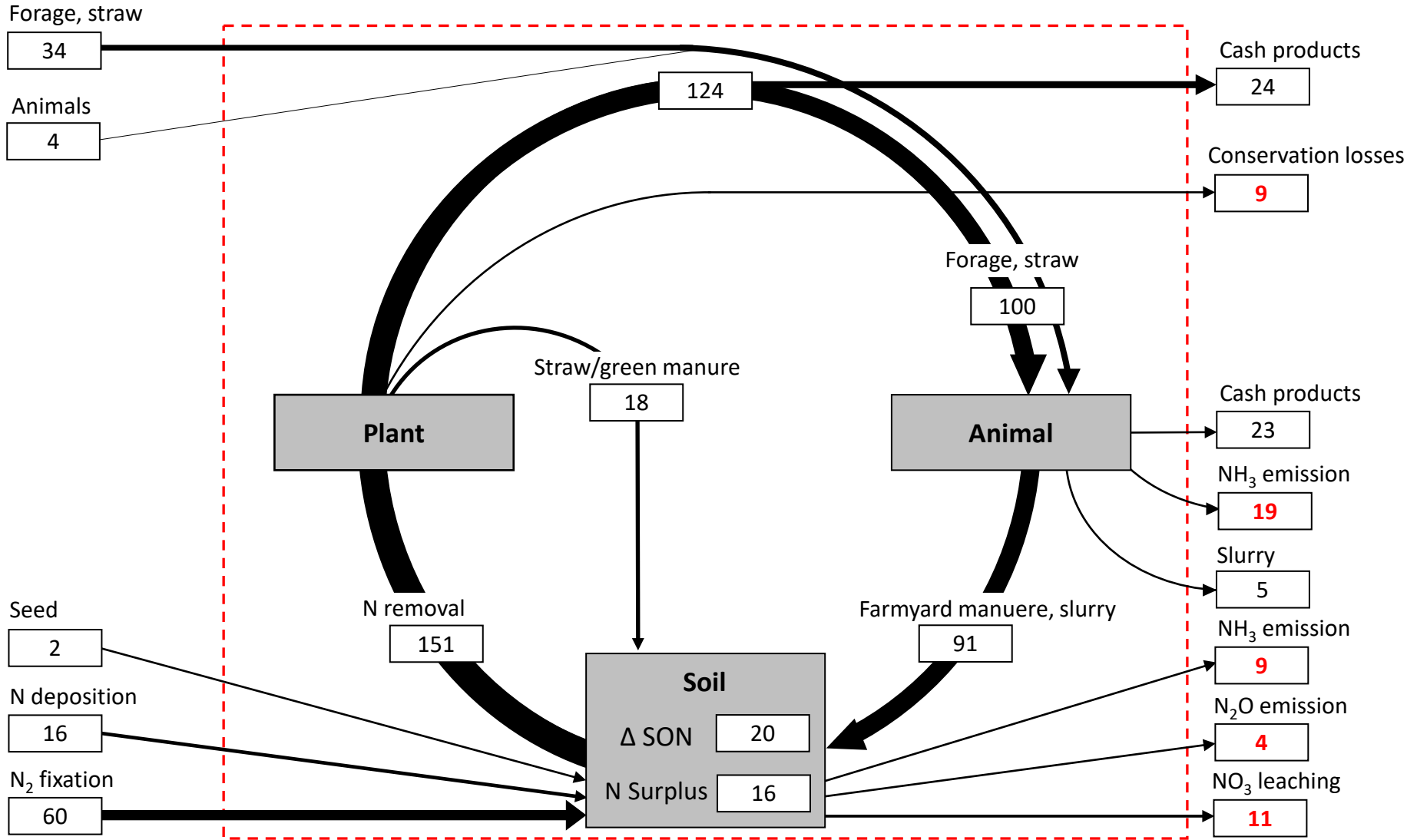
N Efficiency: 80,7 %





Nitrogen cycle of the organic farming system Scheyern

(1999 – 2002) [kg N ha⁻¹ a⁻¹]





Nitrogen cycle of the organic farming system Scheyern

(1999 – 2002) [kg N ha⁻¹ a⁻¹]



Forage, straw

34

Animals

4

Forage, straw

100

Animal

Cash products

23

NH₃ emission

19

Slurry

5

Farmyard manure, slurry

91

Barn Nitrogen Balance

N Surplus: 19 kg ha⁻¹ LF

N Efficiency: 13,8 % (83,3 %)

▪ **Methodische Herausforderungen**

- **Vernetzung der Teilbilanzen, Systembewertung**
- **Konsistente Modellierung** der betrieblich vernetzten Stickstoffflüsse:
Die Outputs des einen Subsystems sind die Inputs des anderen Subsystems
- **Digitale Systeme:** Datenverfügbarkeit, Datenqualität, Datensicherheit, Datenintegration ...

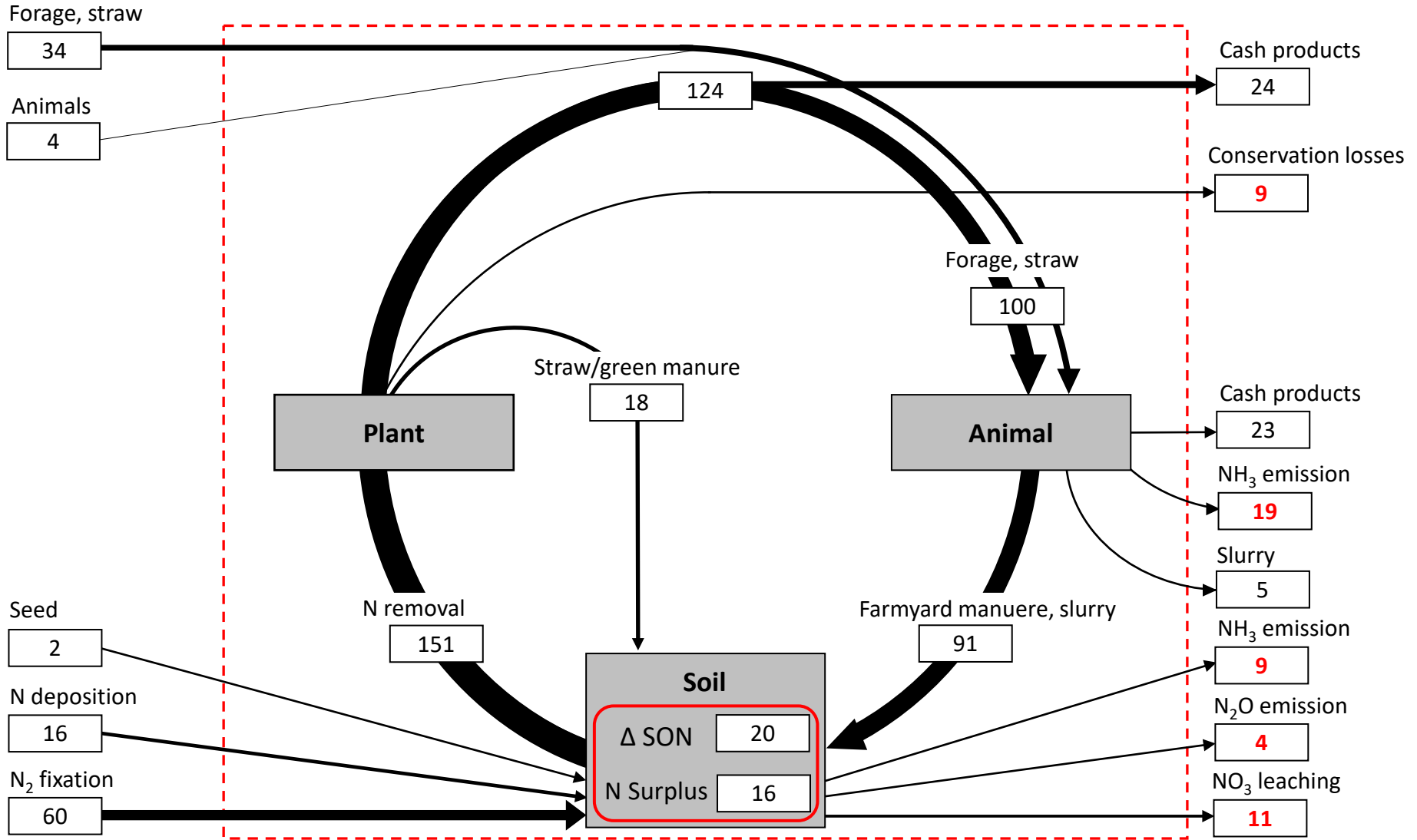
▪ **Anwendungsgebiete**

- **Betriebliches Stickstoffmanagement:** Schwachstellenanalyse und Optimierung
- **Trinkwasserschutz:** Standort- und betriebsspezifische Nitratminderungsstrategien
- **Umwelt- und Nachhaltigkeits-Zertifizierung**
- **Kontrolle:** Düngeverordnung, Stoffstrombilanzverordnung
- ...



Nitrogen cycle of the organic farming system Scheyern

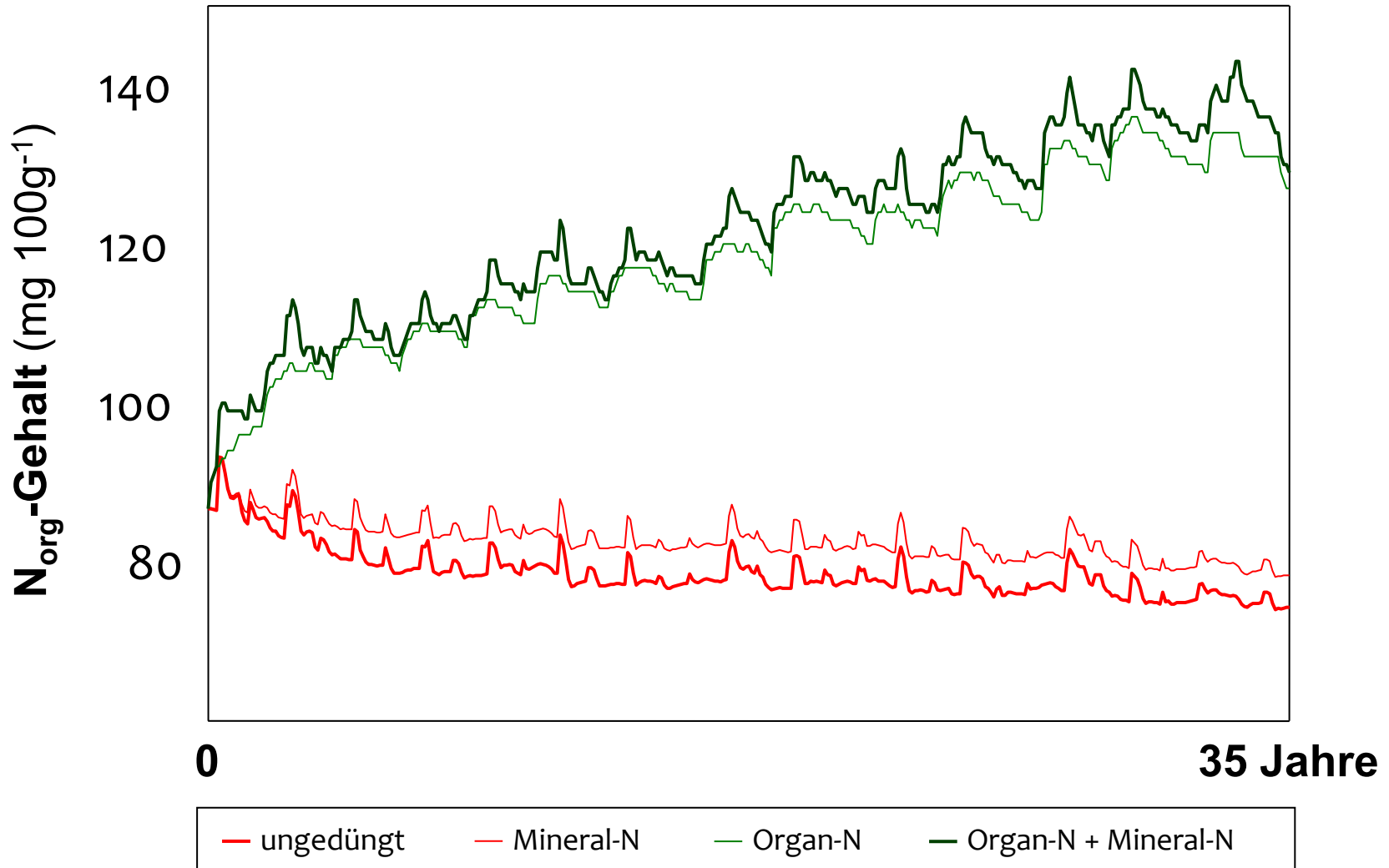
(1999 – 2002) [kg N ha⁻¹ a⁻¹]





Entwicklung der N_t -Gehalte, Simulationswerte

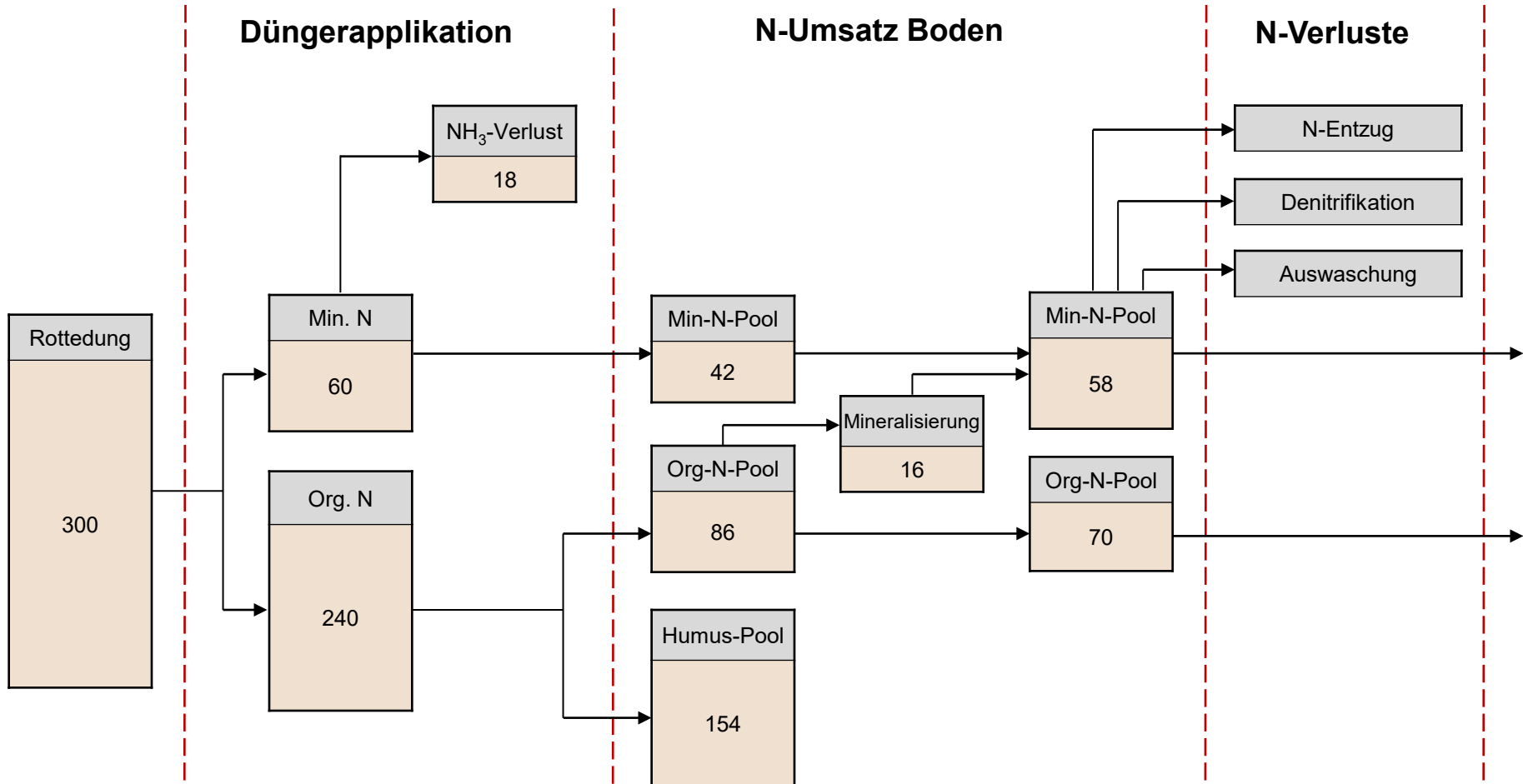
Düngungsversuch Seehausen, Modell CANDY (Hülsbergen 2003)





Beschreibung des N-Umsatzes (kg N ha⁻¹ a⁻¹)

Modell REPRO, Beispiel Rottedung



Einflussfaktoren

Düngerart, Düngermenge
N-Gehalt, Humusreproduktion
Ausbringungsbedingungen

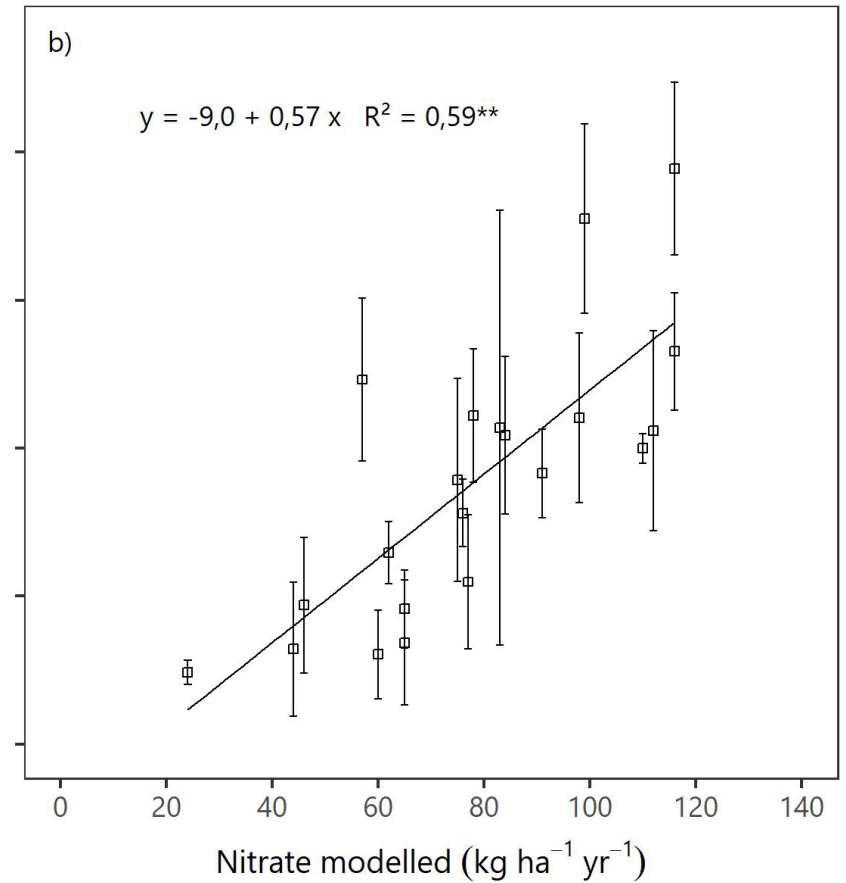
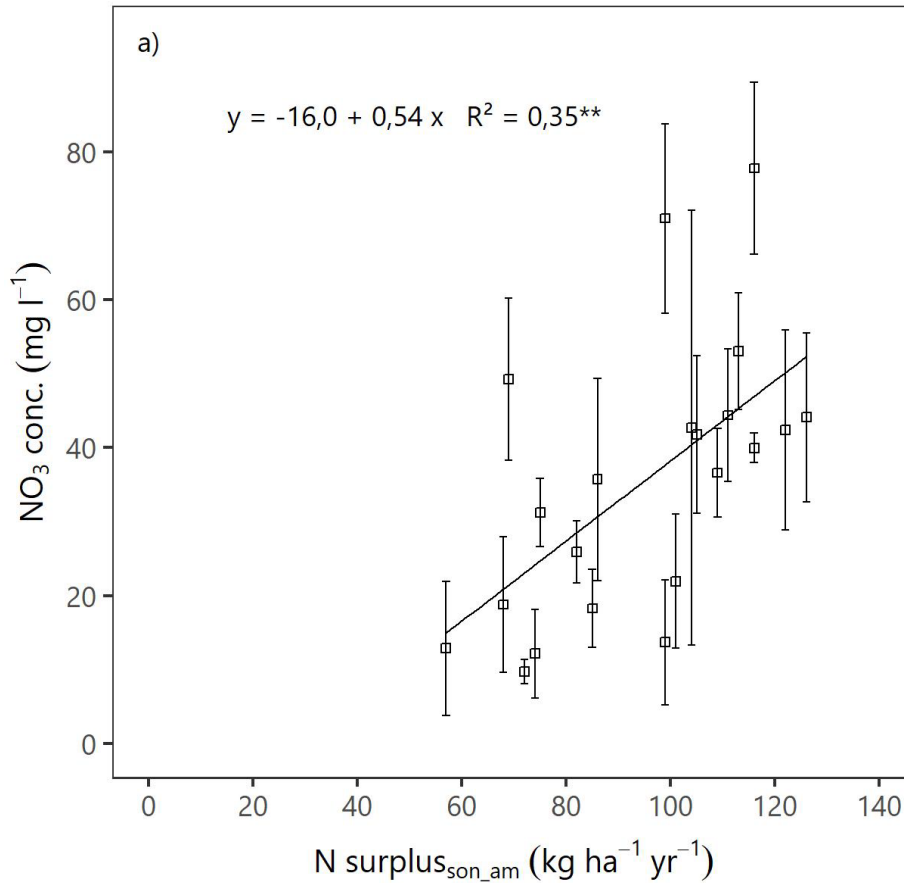
Wirksame Mineralisierungszeit
Bodenart, Temperatur, Niederschlag
Ausbringungstermin

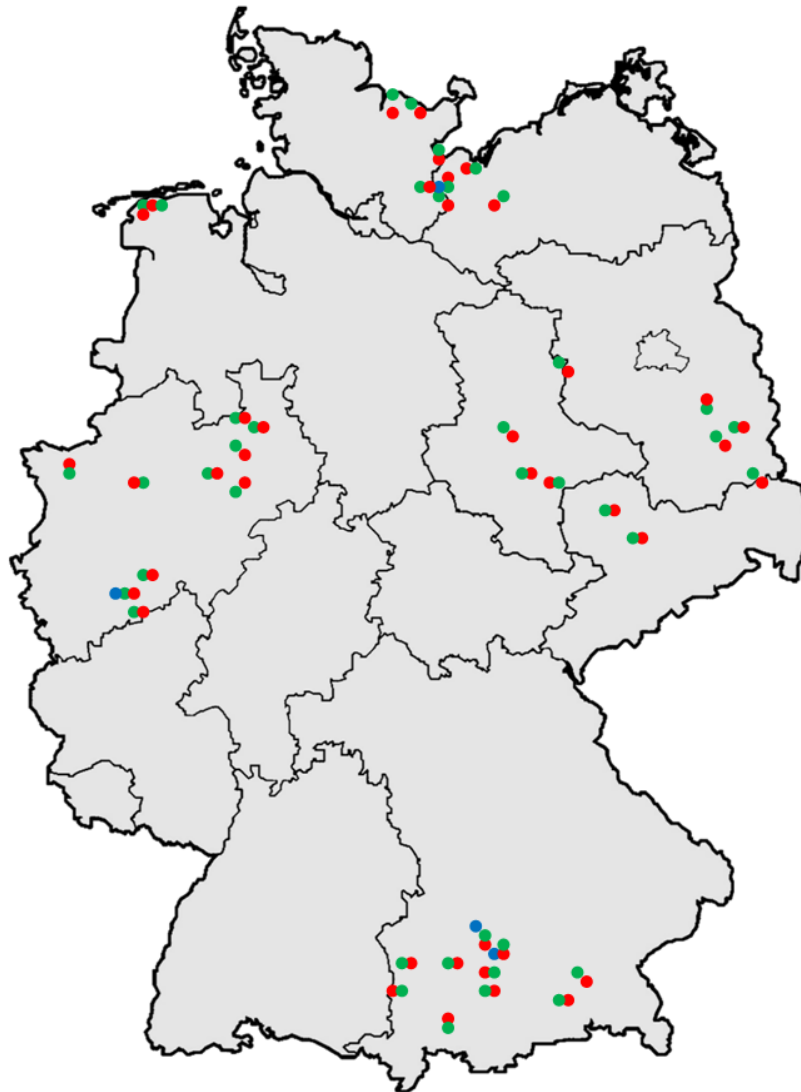
Ertrag
Profilaufbau
Sickerwasser



Beziehung zwischen N-Saldo und Nitratgehalt

ermittelt mit Tiefenbohrungen auf Praxisschlägen





80 Pilotbetriebe

- Pilotbetrieb, ökologischer Landbau
- Pilotbetrieb, konventioneller Landbau
- Versuchsstation



Nitrogen balance of organic and conventional farming systems

Network of Pilot Farms [kg N ha⁻¹ a⁻¹]



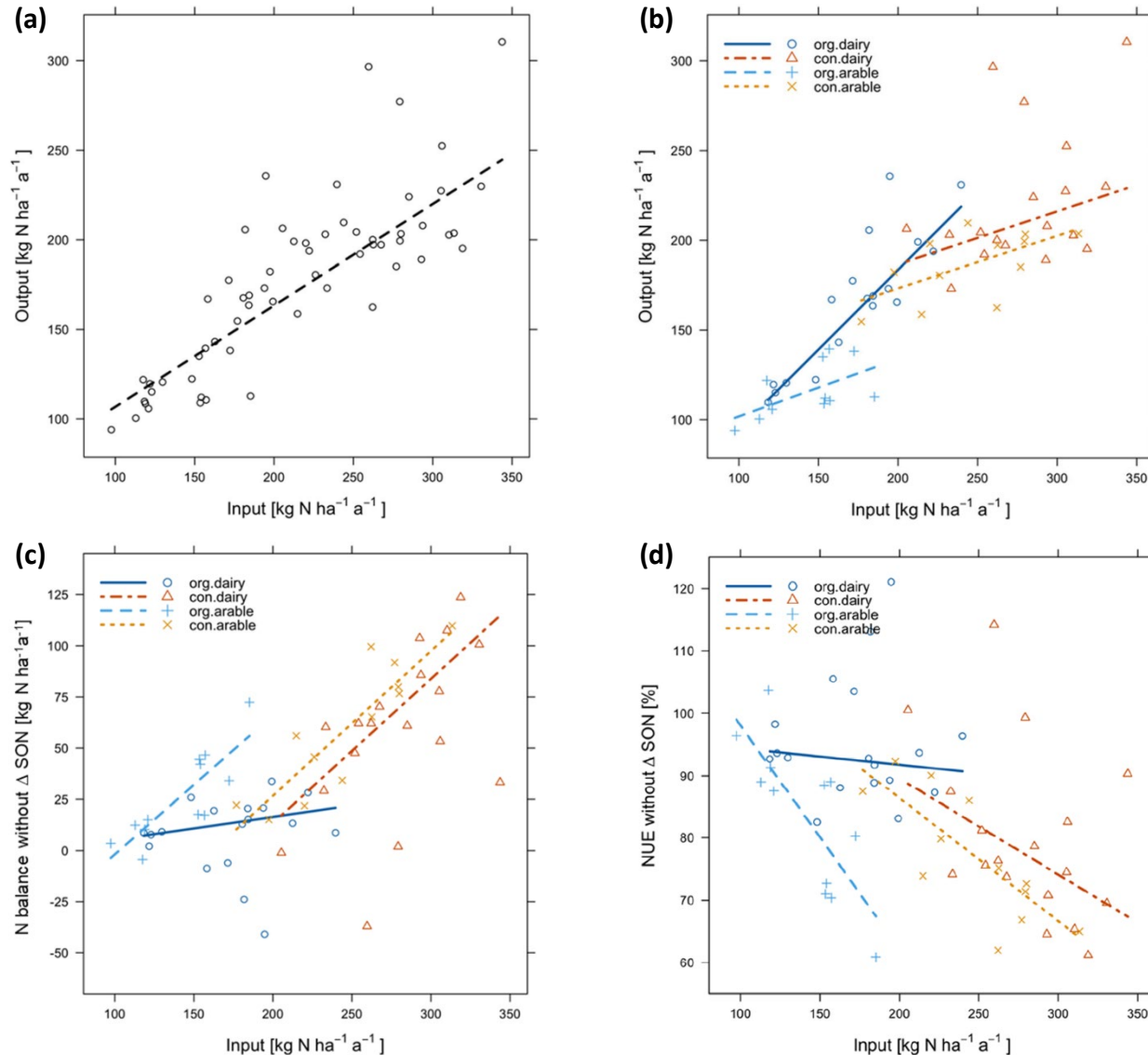
Parameter	Organic farming		Conventional farming	
	Arable farm (n = 12)	Dairy farm (n = 18)	Arable farm (n = 12)	Dairy farm (n = 1)
N Input (kg ha ⁻¹ yr ⁻¹)	142 a	173 a	246 b	280 b
N ₂ fixation	44 c	52 c	3 a	21 b
Organic fertilizer	37 a	91 b	26 a	134 c
Mineral fertilizer	0 a	0 a	158 b	91 c
Straw/green 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



Nitrogen balance of organic and conventional farming systems



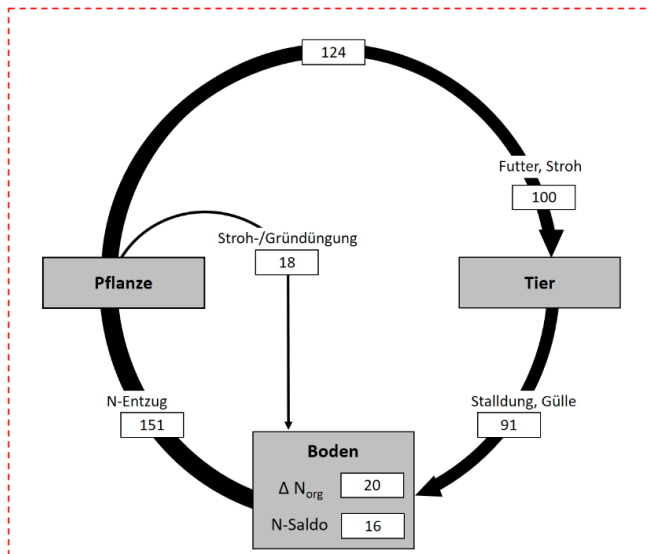
Network of Pilot Farms [kg N ha⁻¹ a⁻¹]





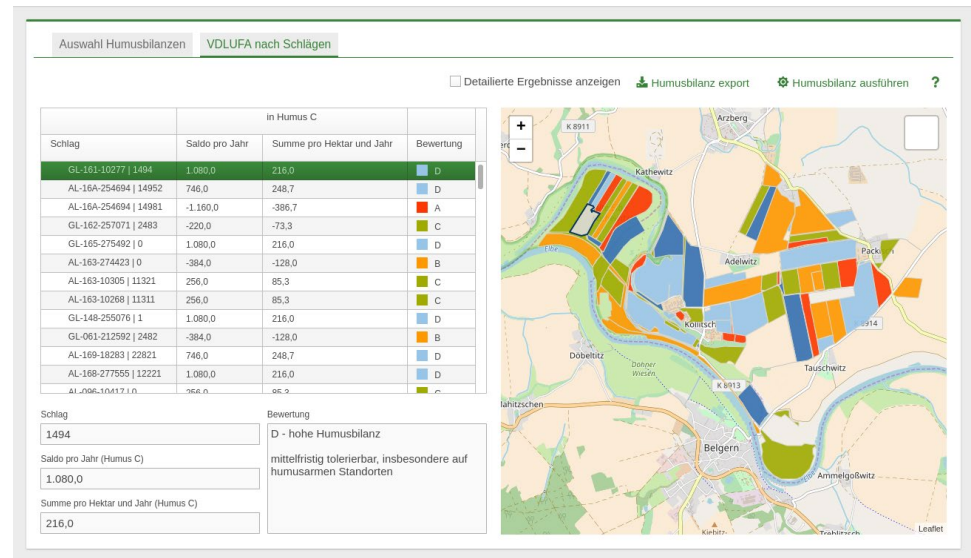
- **Aufgrund der Restriktionen (Tierbesatz, Dünger- und Biomassezukauf) geringe N-Inputs (Low-Input-Systeme) und niedrige N-Salden (0 bis 20 kg ha⁻¹).**
- **Stickstoff ist nicht selten ein ertragsbegrenzender Faktor.
N₂-Fixierung durch Leguminosen als wichtigster N-Input.**
- **Ausdehnung der Anbaufläche mit ökologischer Bewirtschaftung (30 % als Zielwert bis 2030) wird die N-Salden vermindern.**
- **Deutlicher Einfluss des Betriebssystems auf die N-Kreisläufe.**
- **Optimierungsbedarf auch im Ökolandbau, z.B. N-Transfer in der Fruchtfolge, Klee gras-Management, N-Düngebedarfsermittlung, ...**

Entwicklung digitaler Umwelt- und Nährstoff-Managementsystemen Modellvalidierung und Praxistransfer



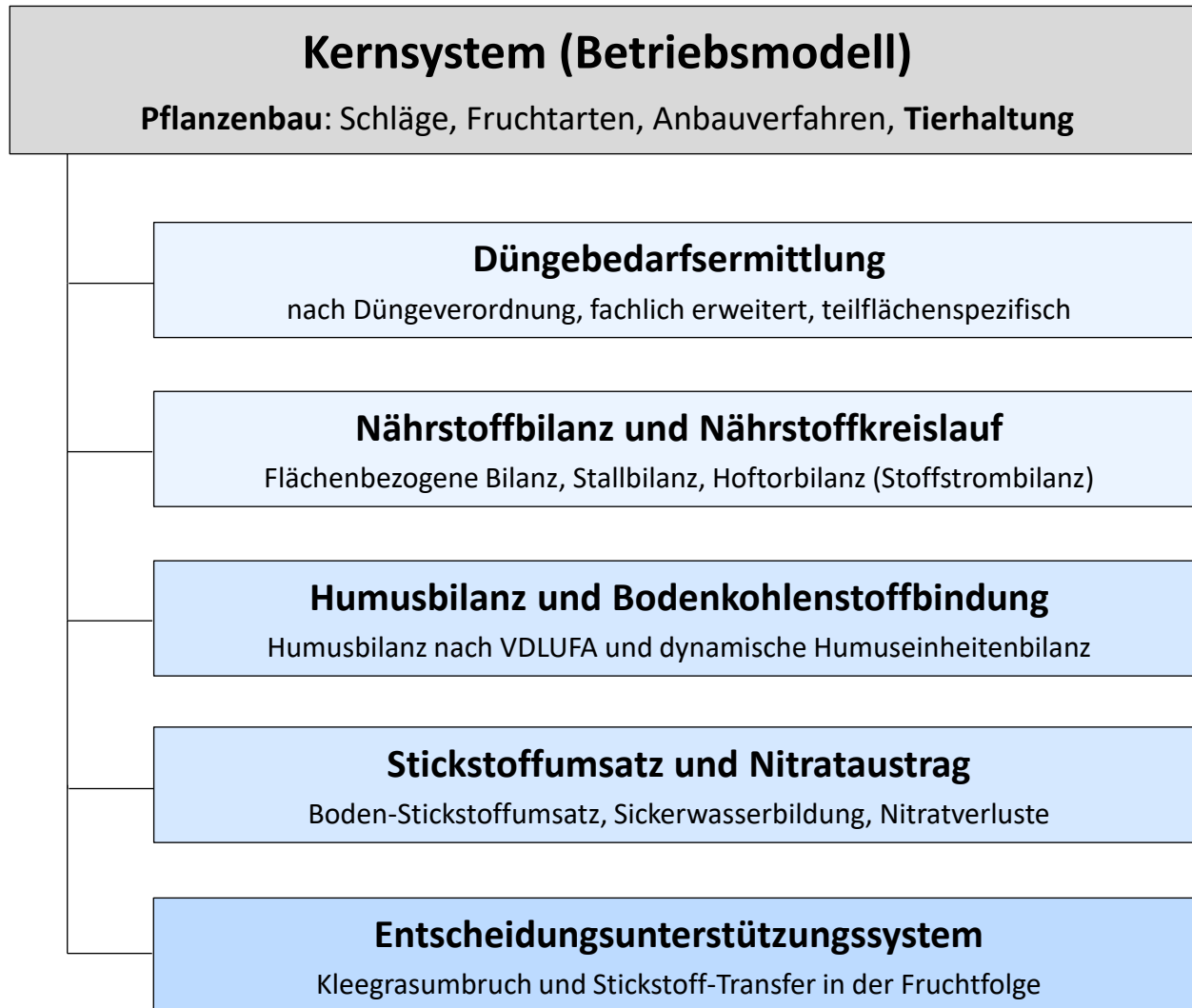
Modell REPRO

Entwicklung seit 1996



Modell webBESyD / Web-Man

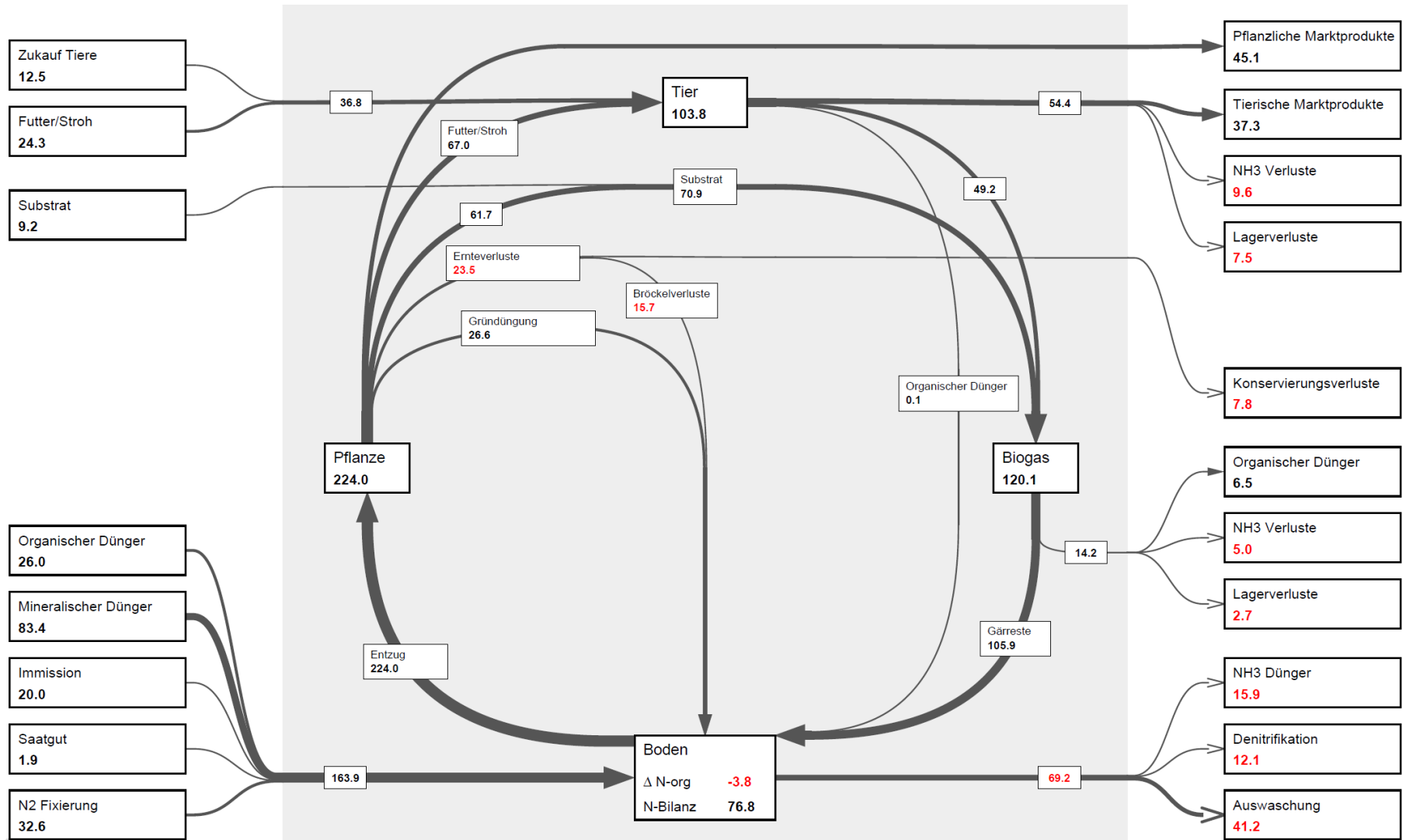
Entwicklung seit 2015





Stickstoffkreislauf im webbasierten Managementsystem Web-Man

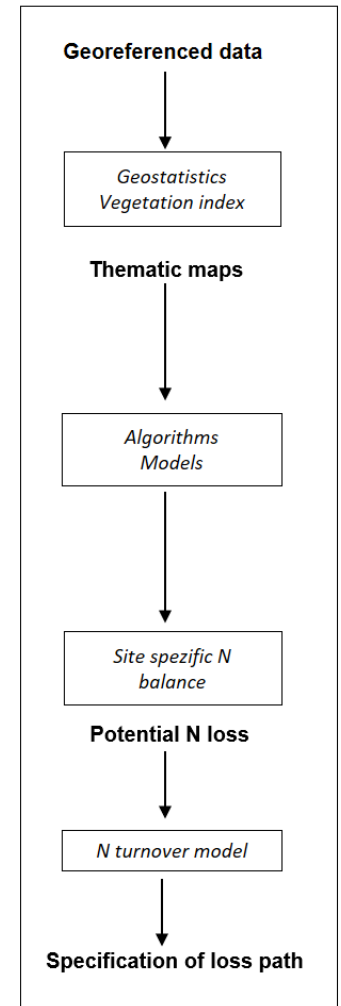
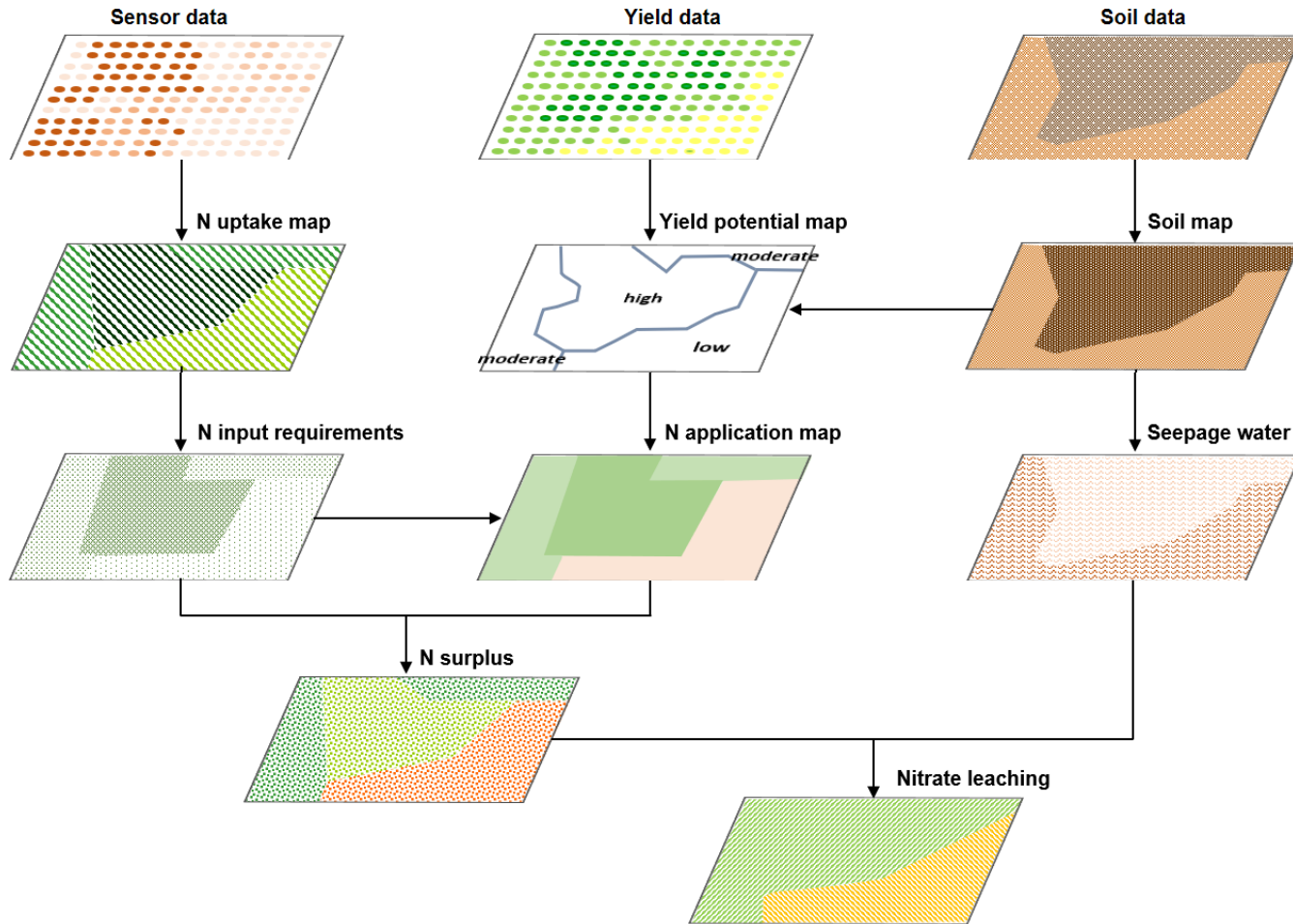
[kg N ha⁻¹ a⁻¹]





Teilflächenspezifische Nährstoffbilanzierung

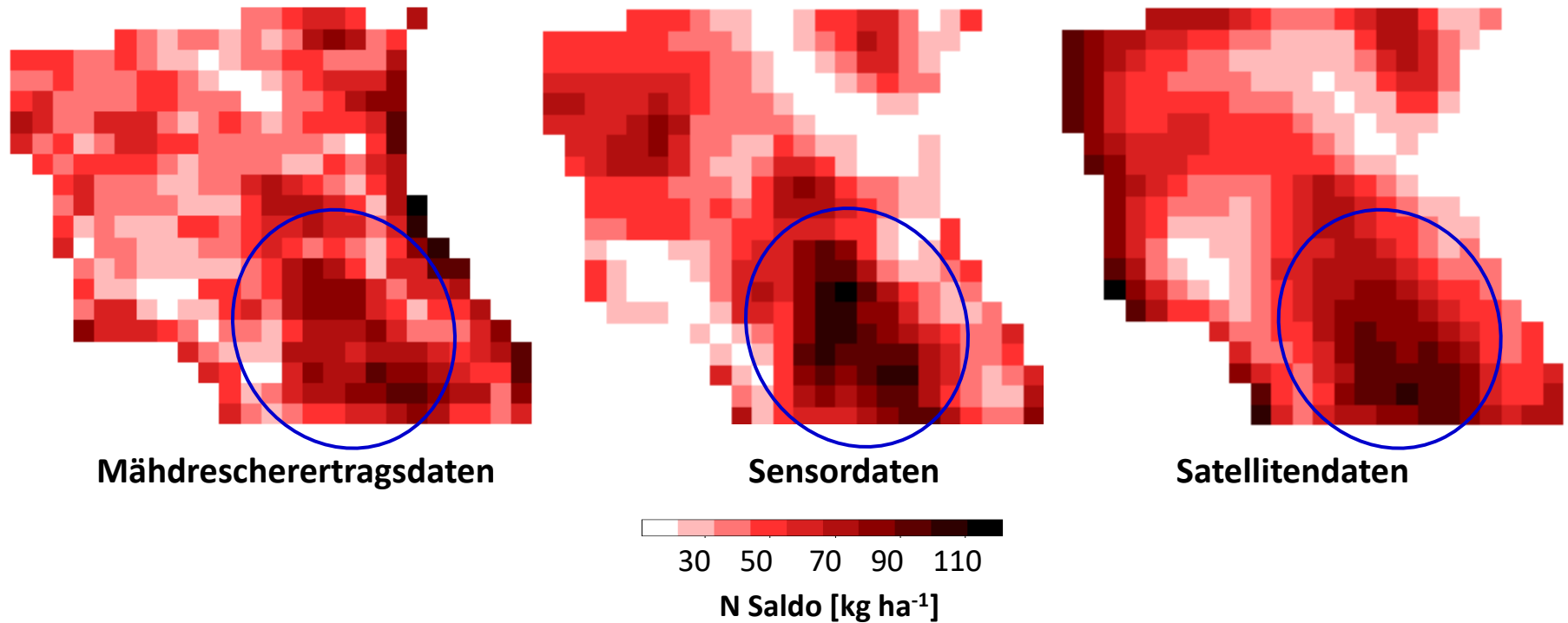
Verknüpfung von räumlich variabler Pflanzen- und Bodenparameter

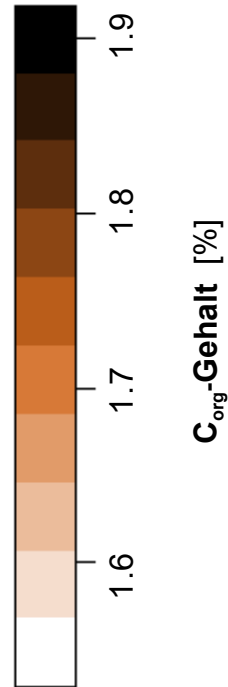
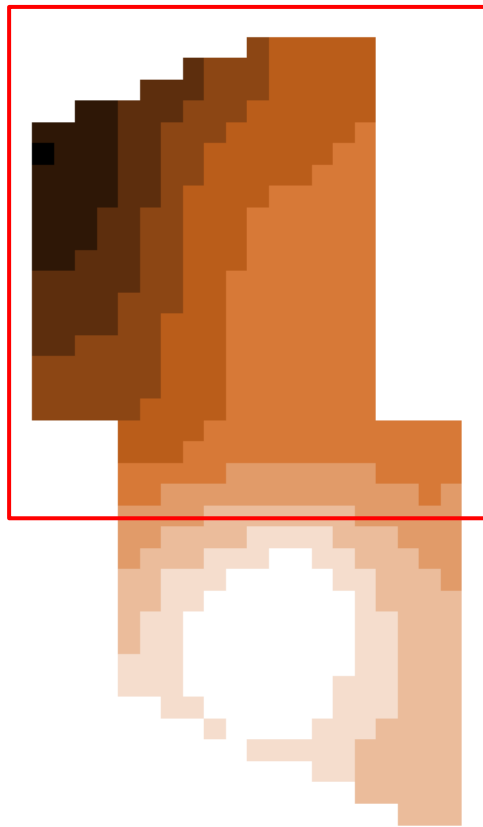




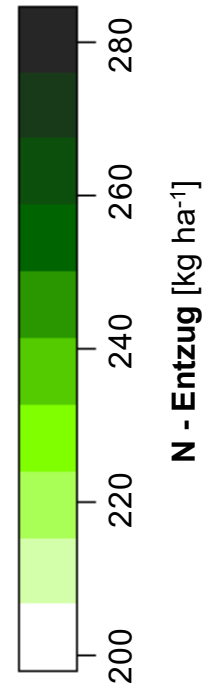
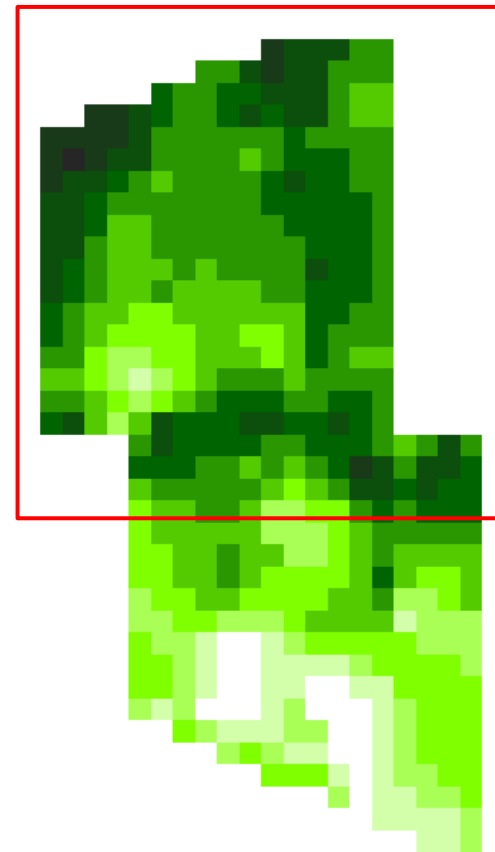
Räumliche Variabilität des N-Saldo auf einem Ackerschlag

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

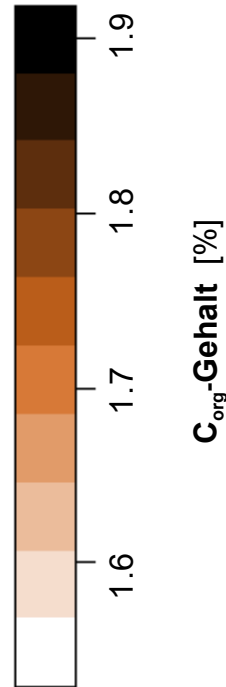
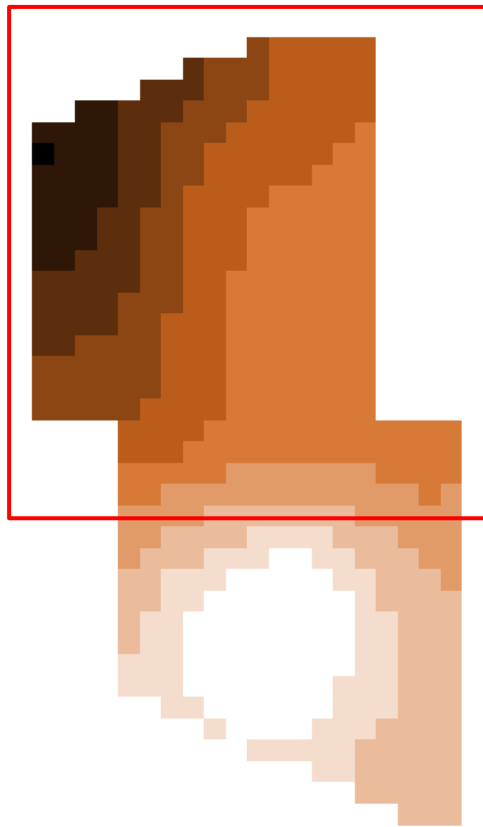




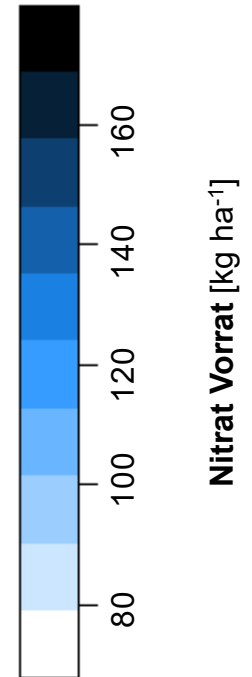
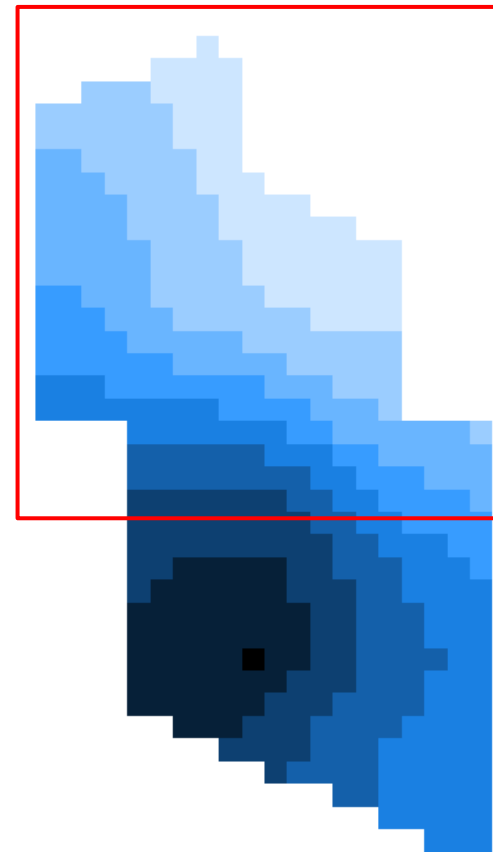
C_{org} -Gehalt, Ap-Horizont



N-Entzug Winterweizen, Sensor



C_{org} -Gehalt, Ap-Horizont

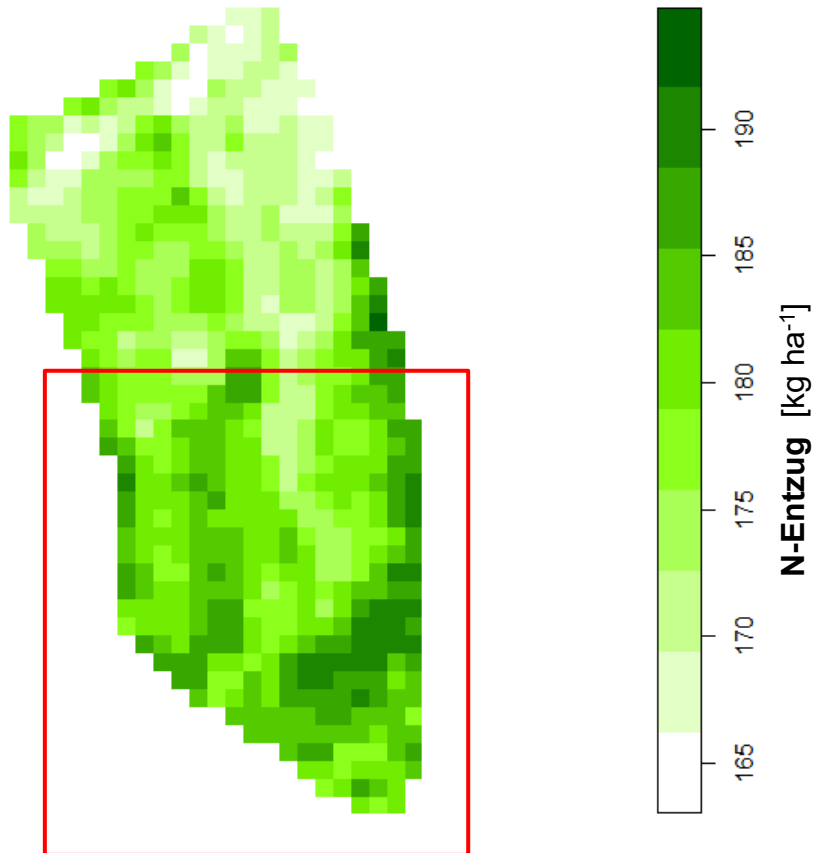


Nitrat-Vorrat (0 – 2,5 m Tiefe)

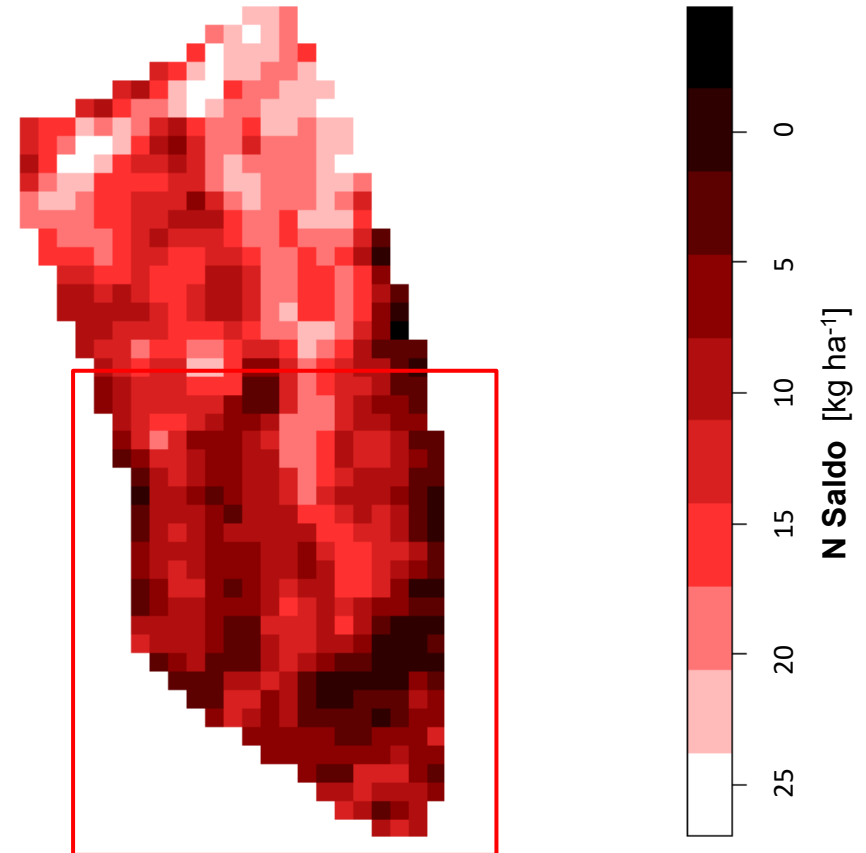


Räumliche Variabilität der N-Entzüge und N-Salden

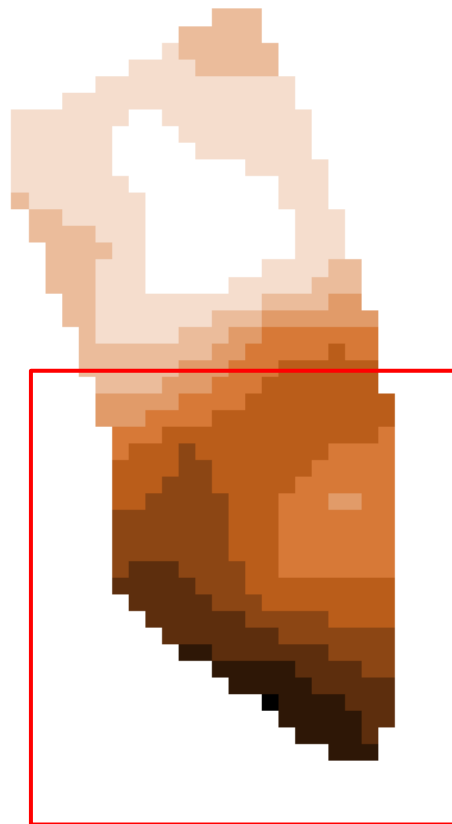
Forschungsprojekt digisens, Burghausen, Schlag 2, 5.5 ha, 462 (460 – 469) über NN



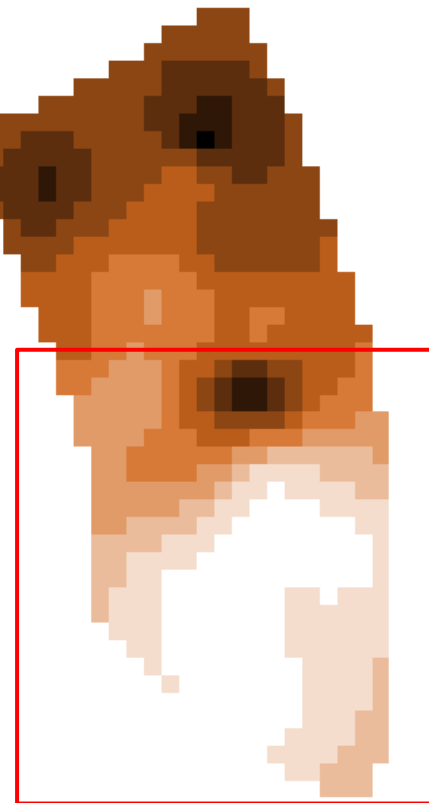
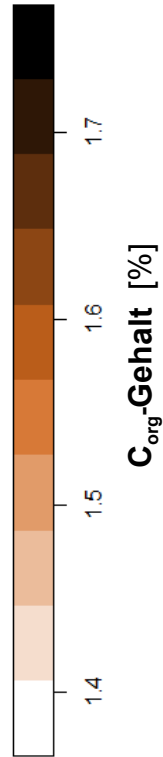
N-Entzug Wintergerste (Sensor + Algorithmus)



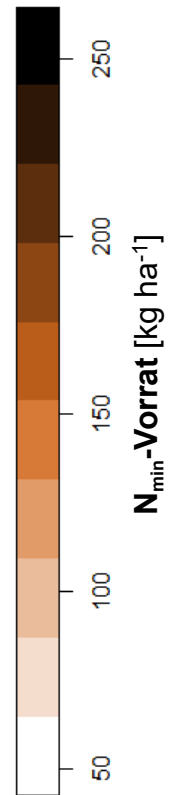
N-Saldo = N-Düngung – N-Entzug



C_{org} -Gehalt, Ap-Horizont



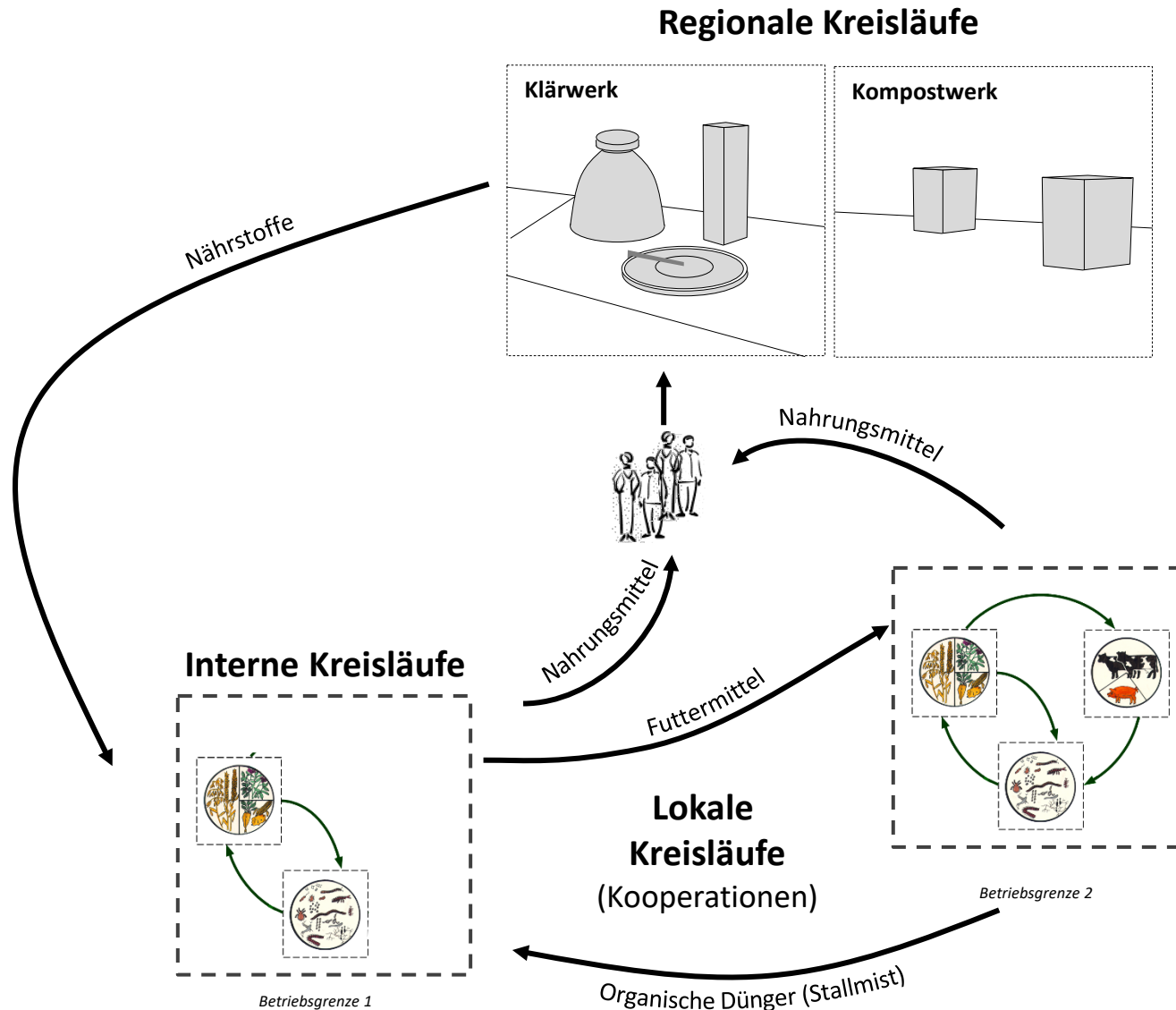
N_{min} -Vorrat, Bodenschicht 0 bis 2,5 m



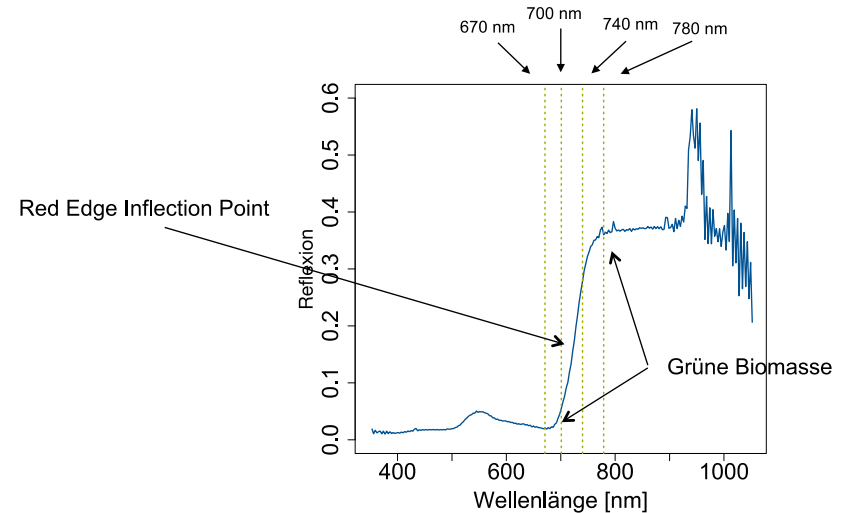




- **Einfluss des Betriebssystems und der Düngungsintensität auf den Stickstoffkreislauf, die N-Salden und Nitratverluste.**
- **Modellierung von Stickstoffkreisläufen als leistungsfähiges Tool zur Analyse, Bewertung und Optimierung im betrieblichen Management.**
- **Analysen der Zusammenhänge zwischen Struktur, Intensität, Verfahren und Stoffflüssen auf unterschiedlichen Skalenebenen.**
- **Jede Betriebsleiterin/jeder Betriebsleiter sollte den betrieblichen Nährstoffkreislauf kennen. Die Hoftorbilanz (Stoffstrombilanz) ist zu wenig.**

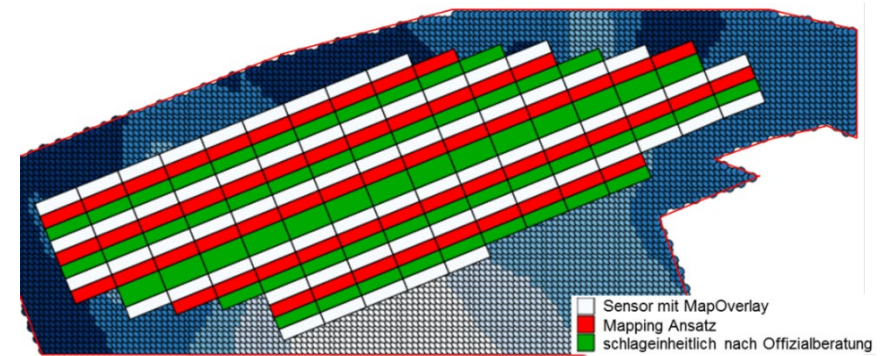
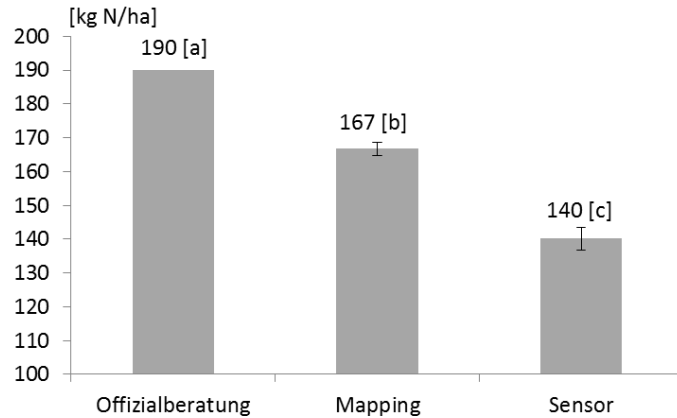


Entwicklung von Algorithmen für sensorgestützte Düngesysteme, Modellvalidierung und Praxistest

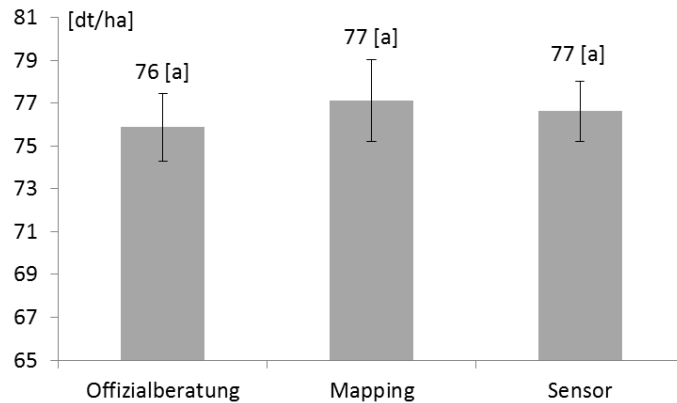


$$REIP = 700 + 40 \frac{0.5 (R_{670} + R_{780}) - R_{700}}{R_{740} + R_{700}} \quad (\text{Bayet \& Guyot, 1988})$$

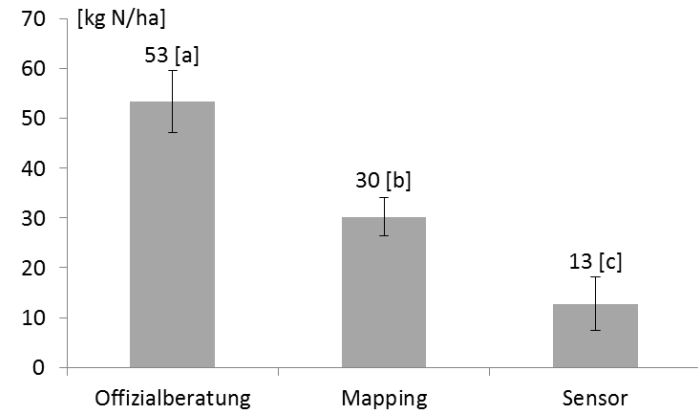
Mineral-N-Düngung



Korn-Ertrag



N-Saldo





Identifying and quantifying planetary boundaries

POSITION DER KOMMISSION LANDWIRTSCHAFT BEIM UMWELTBUNDESAMT (KLU)
// OKTOBER 2019 //

2 **Nährstoffkreisläufe optimieren – Nährstoffüberschüsse reduzieren**

KLU: Annette Freibauer, Martin Bach, Kurt-Jürgen Hülsbergen, Stefan Möckel, Ulrich Peterwitz
UBA: Anne Biewald