

Bedeutung der Humusreproduktion von Böden für den langfristigen Boden- und Klimaschutz





- **Bedeutung der Humusproduktion**
Bodenschutz und Bodenfruchtbarkeit
- **Kohlenstoffspeicherung in Böden und Klimaschutz**
Möglichkeiten der C-Sequestrierung
- **Wie ist die derzeitige Humusversorgung unserer Böden?**
Einfluss der Bewirtschaftung und des Klimawandels
- **Wie kann die Humusversorgung verbessert werden?**



Definition des Begriffes „Humus“:

„Humus ist die in oder auf dem Boden befindliche abgestorbene organische Substanz, die einem stetigen Ab-, Um- und Aufbauprozess unterworfen ist.“

Bei 58 % C im Humus:

1 % C entspricht 1,72 % Humus,

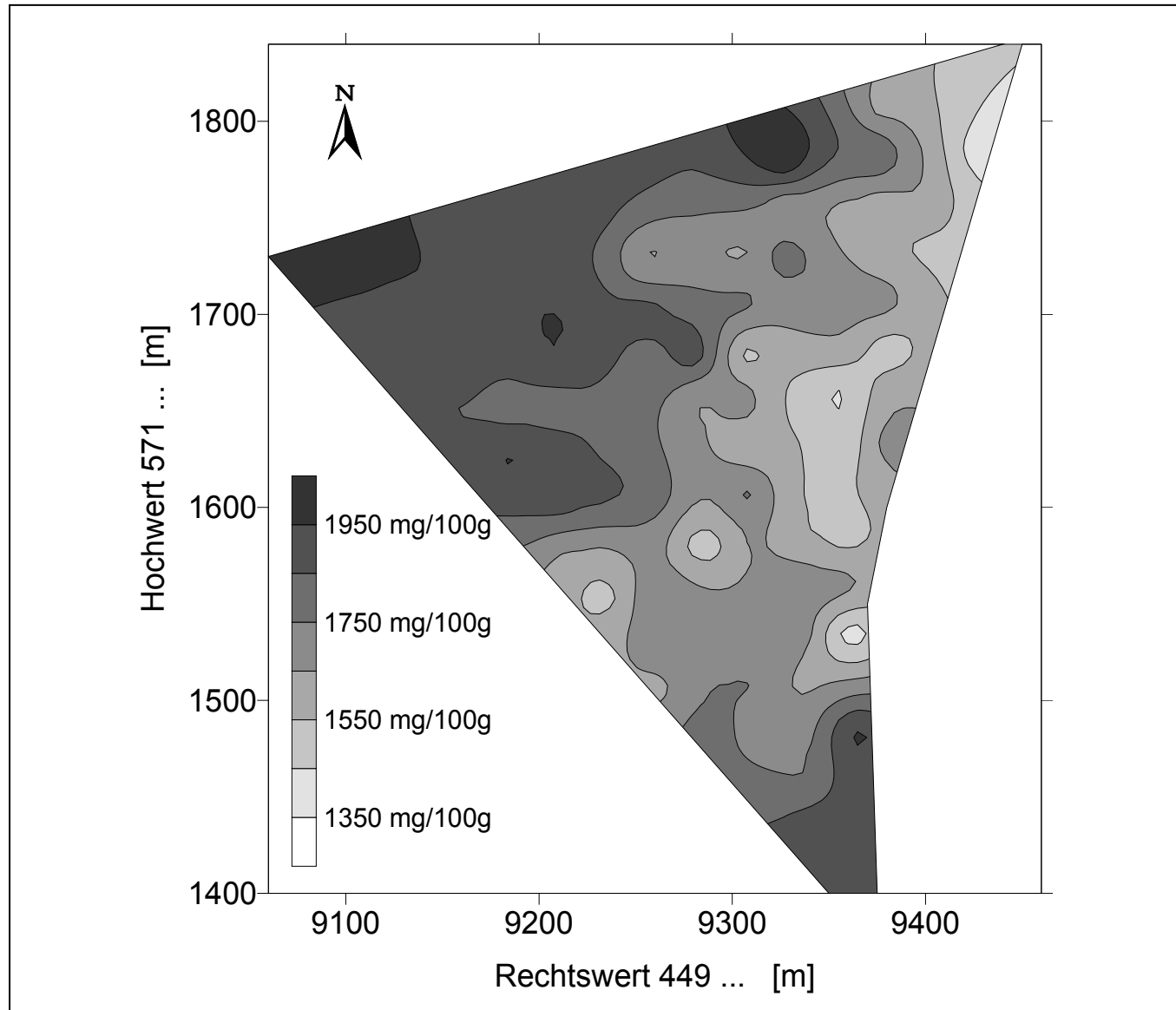
1 % C entspricht $\approx 45 \text{ t C ha}^{-1} = 78 \text{ t Humus ha}^{-1}$

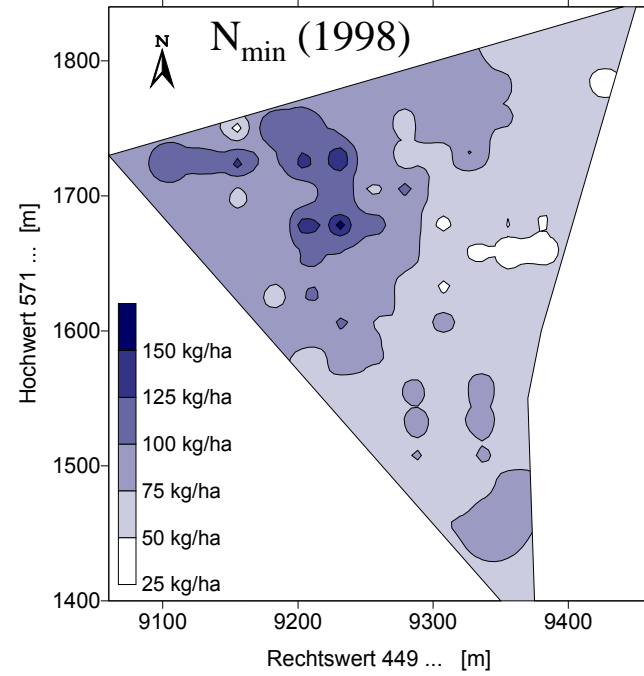
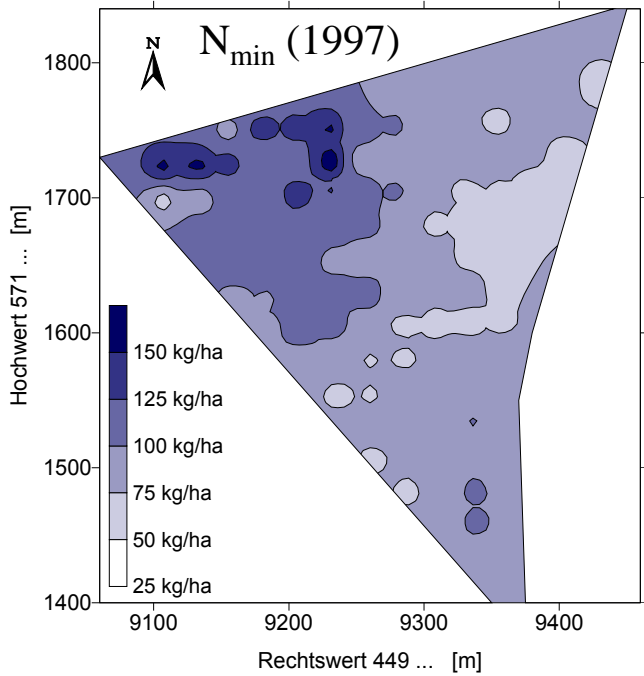
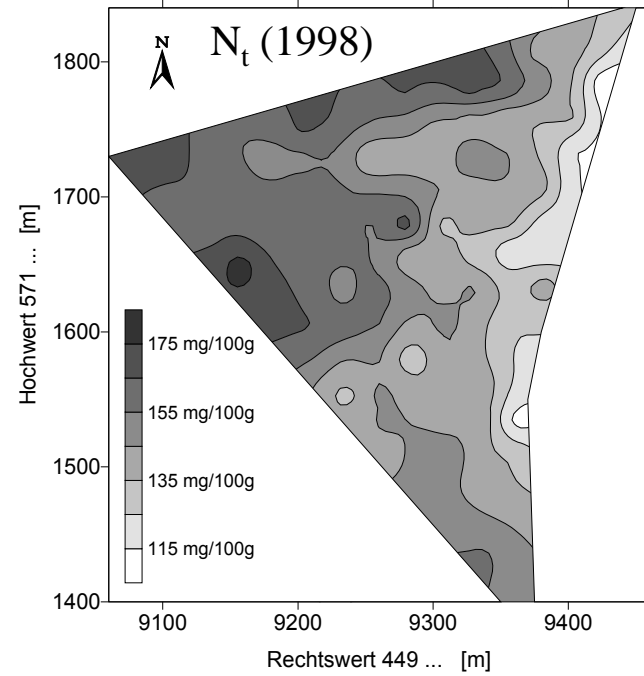
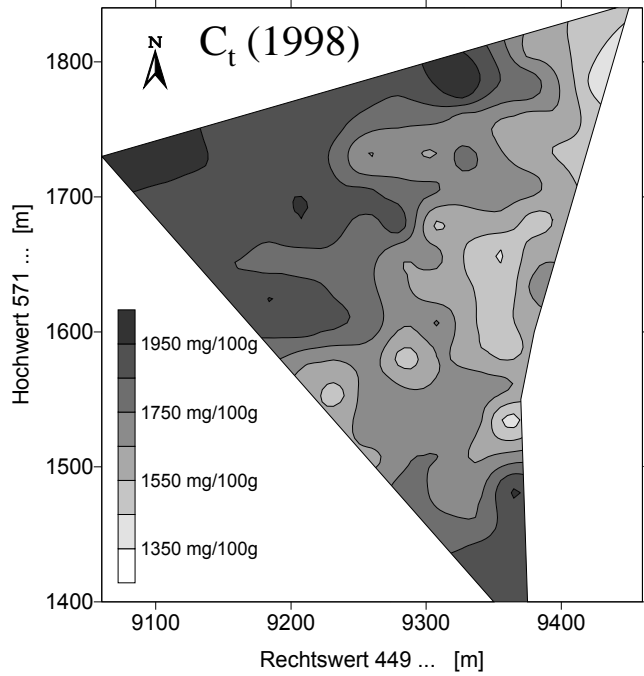
Bei einem C : N - Verhältnis von $10 : 1 = 4500 \text{ kg N ha}^{-1}$



Räumliche Variabilität der C_{org} -Gehalte auf einem Ackerschlag

(Hülsbergen 2003)

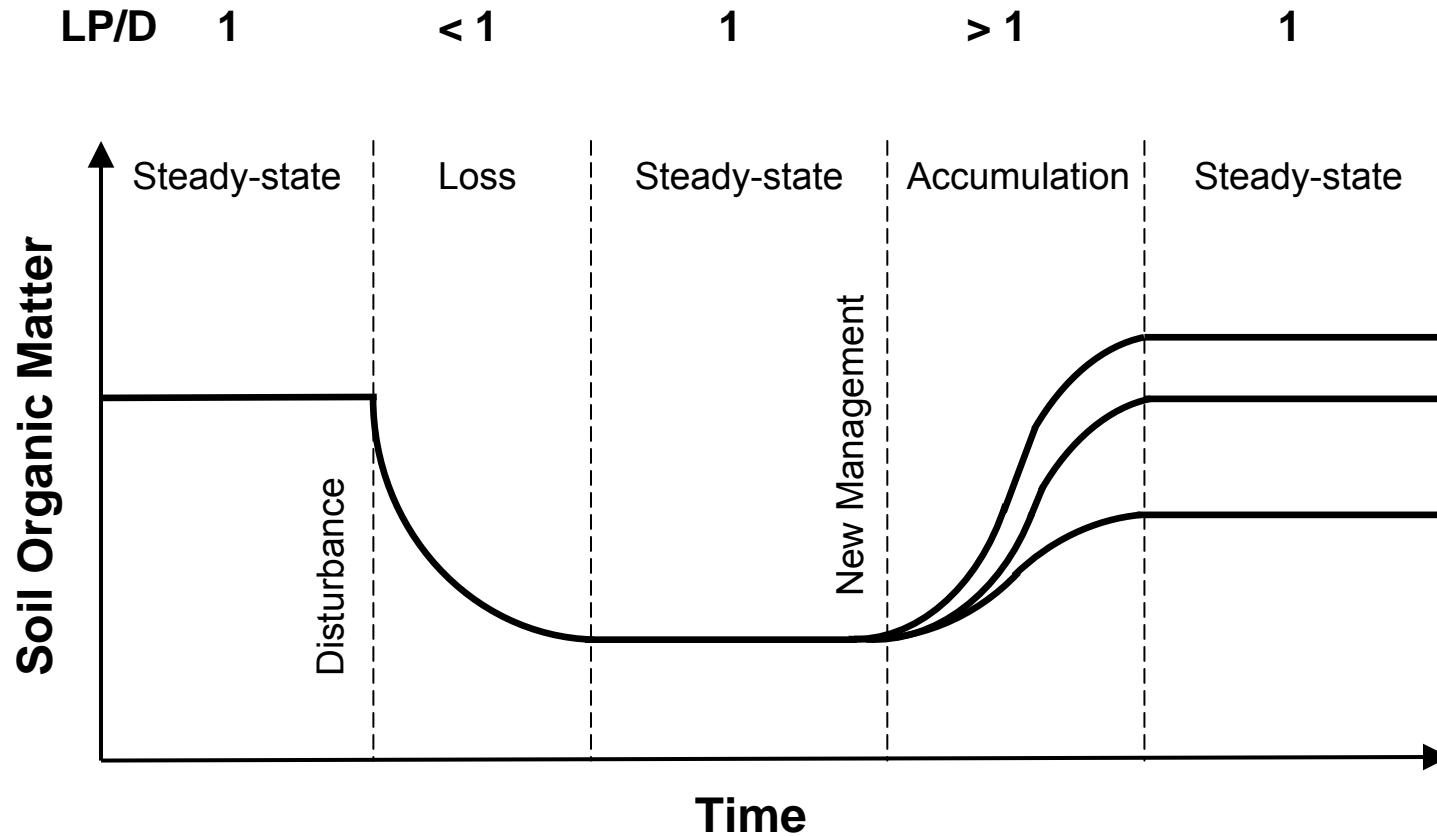






Entwicklung von Humusgehalten

(nach Johnson et al. 1995)

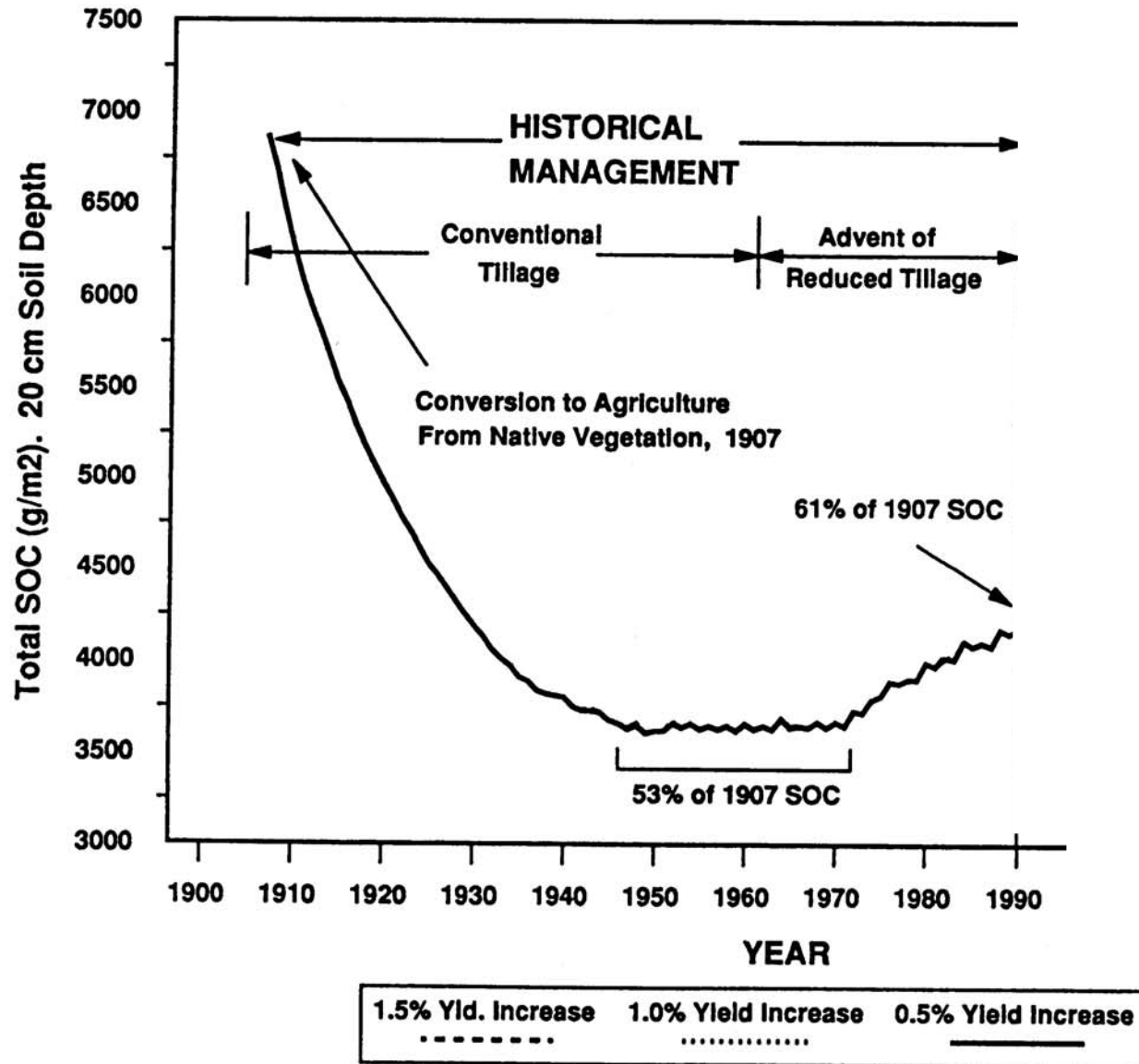


LP = Litter production

D = Decomposition

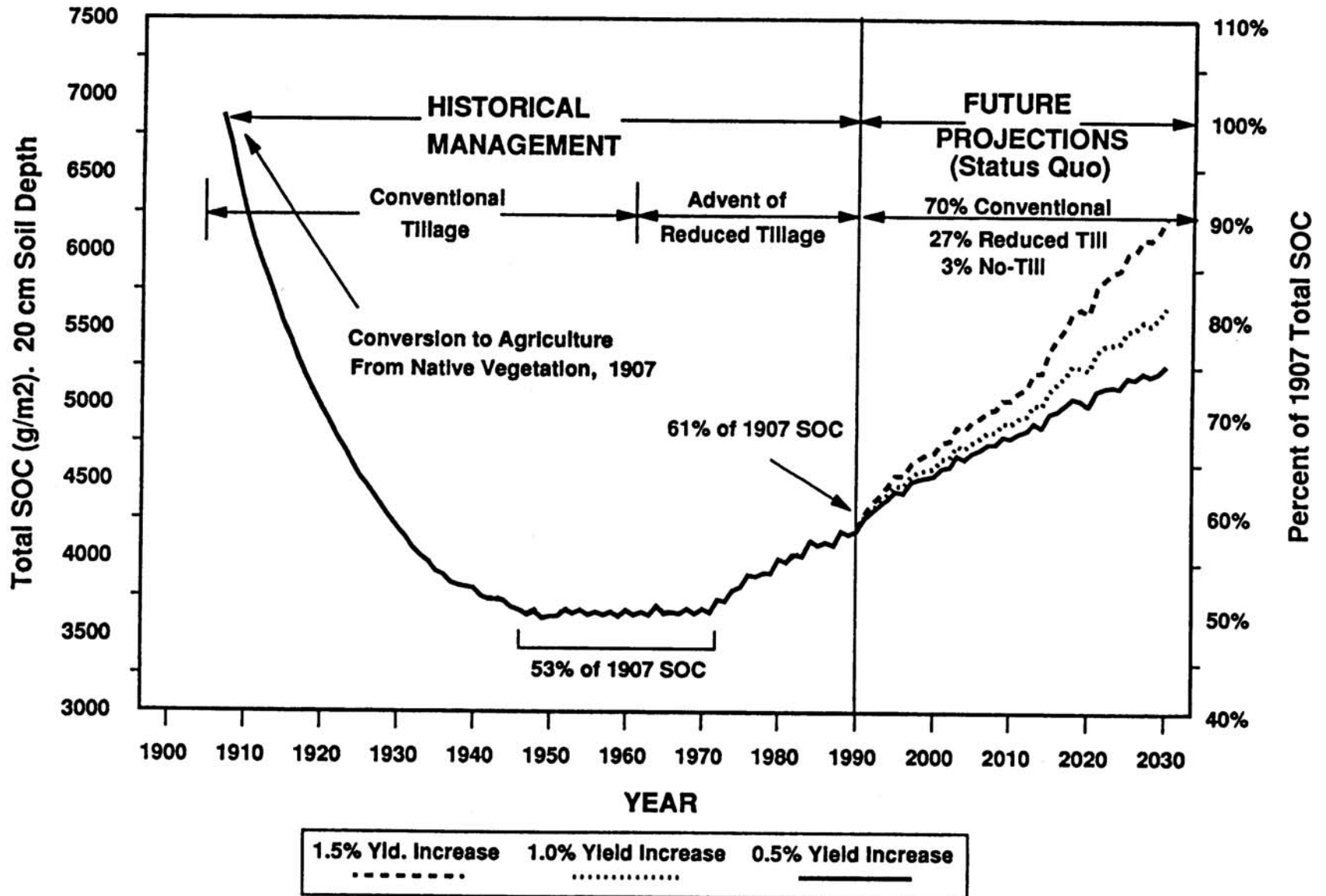


Simulated (CENTURY model) total SOC for the central U.S. scenario for three levels of yield increases (DONIGIAN et al. 1994)





Simulated (CENTURY model) total SOC for the central U.S. scenario for three levels of yield increases (DONIGIAN et al. 1994)





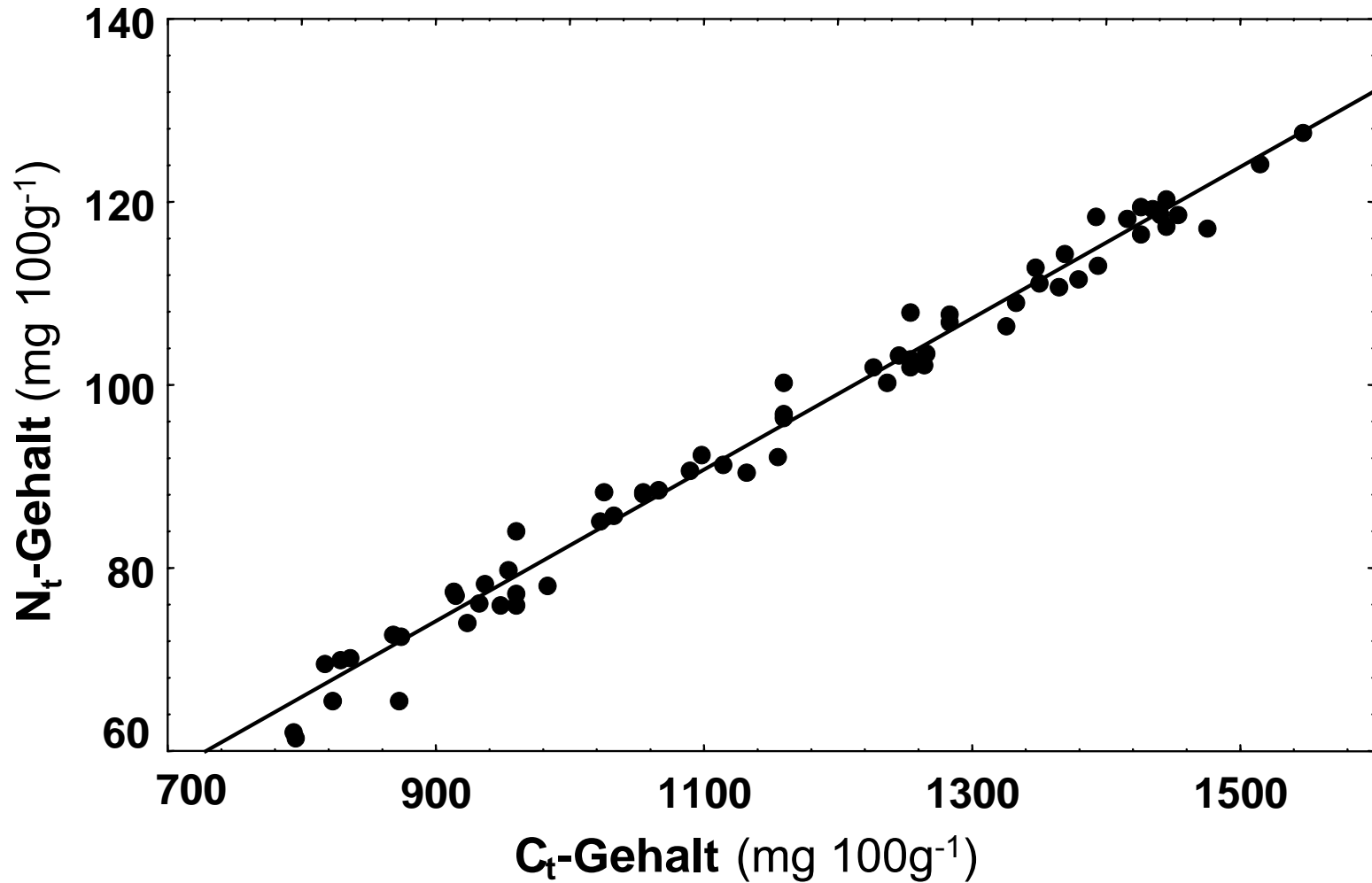
➤ **Ackerbauliche und ökologische Funktionen:**

- **Speicher und Transformator von Nährstoffen (N, P, S)**
wichtiger Pool im N-Kreislauf mit 95 bis 98 % des Boden-N
- **Förderung der bodenbiologischen Aktivität**, mikrobieller Umsatz und Besiedlung durch Bodenfauna; phytosanitäre Wirkungen
- **Aufbau eines günstigen Bodengefüges**, Aggregatstabilität, Wasserspeicherung, Infiltrationsrate, Durchwurzelbarkeit
- **Senke für CO₂**, C-Speicherung
Beeinflussung des CO₂-Gehaltes der Atmosphäre (Klimarelevanz)



Beziehungen zwischen C_t - und N_t -Gehalten

Düngungsversuch Seehausen (Hülsbergen 2003)



$$y = -0,29 + 0,083 x_1$$

$$B = 0,98^+$$

$$s_R = 2,3$$



Düngungsversuch Seehausen

Korrelationskoeffizienten, n = 64 (Hülsbergen 2003)



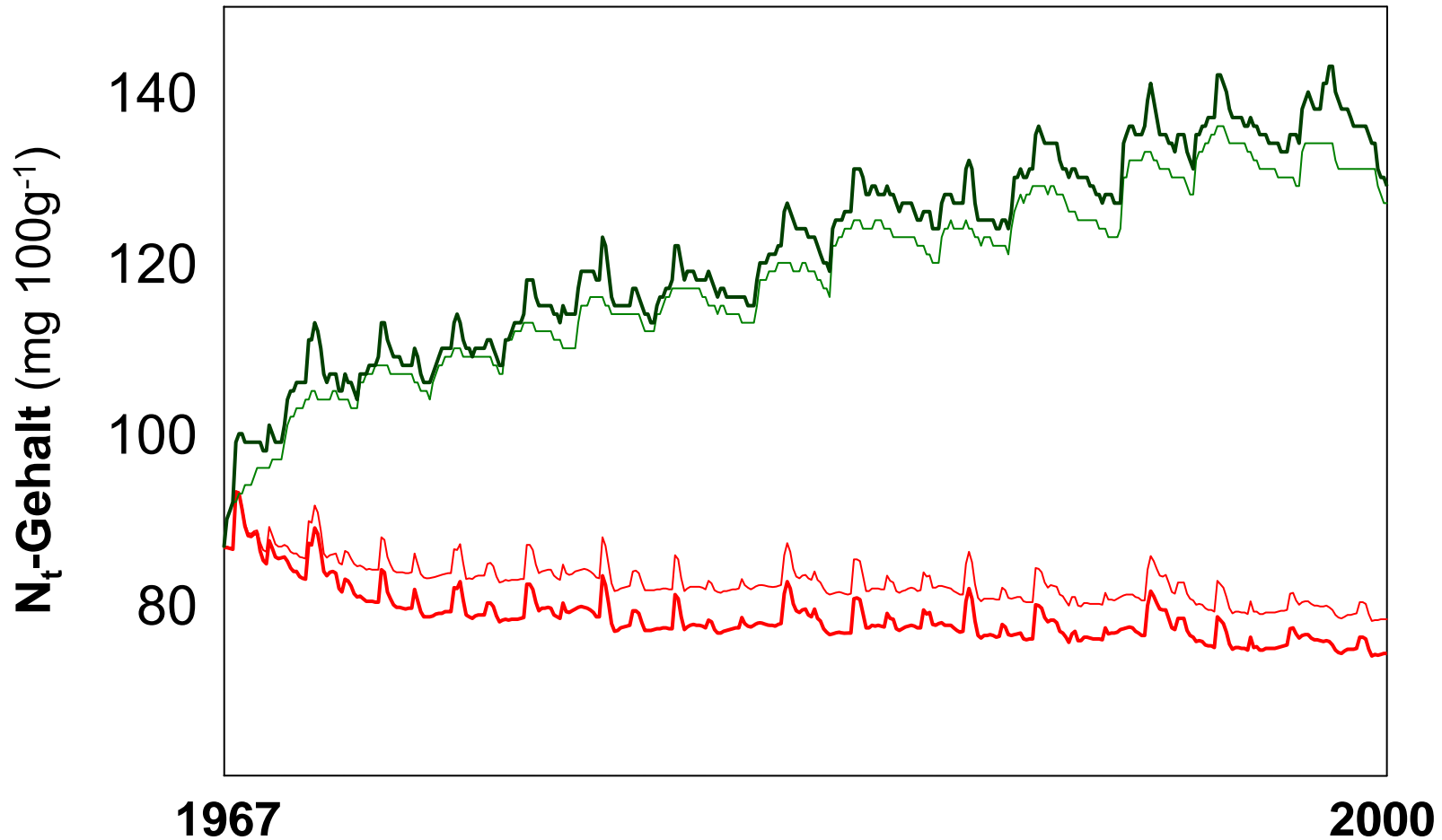
	Bodenchemische Parameter					
	C_{hwI}	N_t	N_{hwI}	NO_3-N	NH_4-N	N_{min}
C_t	0,93	0,98	0,91	0,72	n.s.	0,68

	Bodenbiologische Parameter			Bodenphysikalische Parameter		
	Katalase	C_{mik}	Regenwürmer	TRD	PV	Grob-Poren
C_t	0,83	0,66	0,37	- 0,50	0,50	0,68



Entwicklung der N_t -Gehalte, Messwerte und Simulationswerte

(Düngungsversuch Seehausen)



— ungedüngt — Mineral-N — Stalldung — Stalldung + Mineral-N



Ergebnisse des DOK-Versuches, 21 Jahre Versuchsdauer

(D = biologisch-dynamisch, O = organisch-biologisch, K = konventionell)

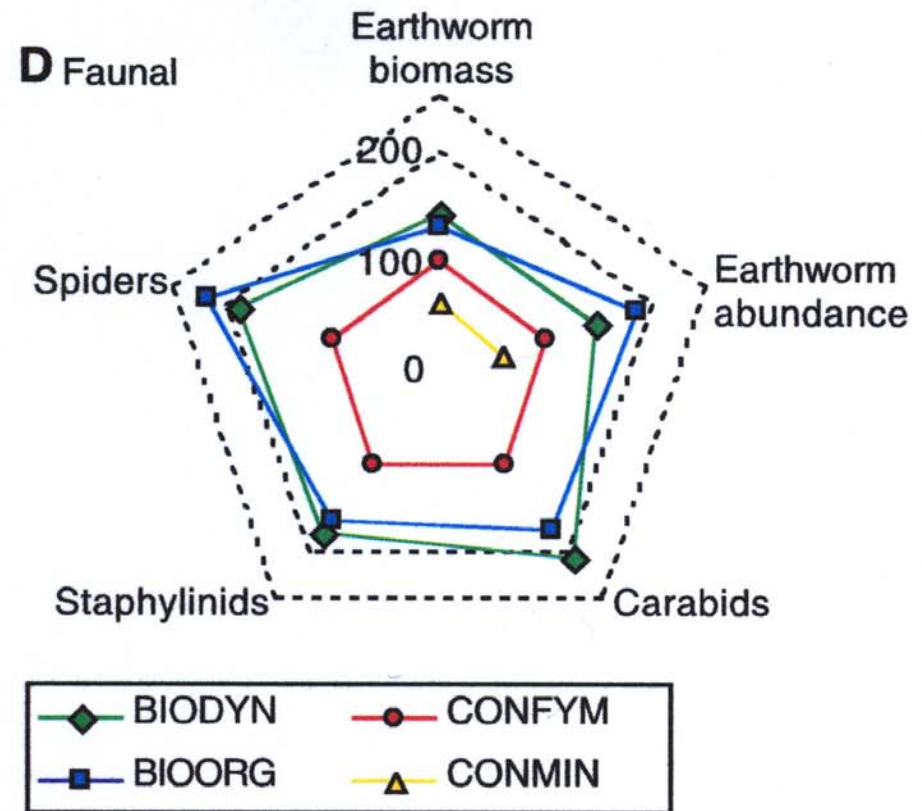
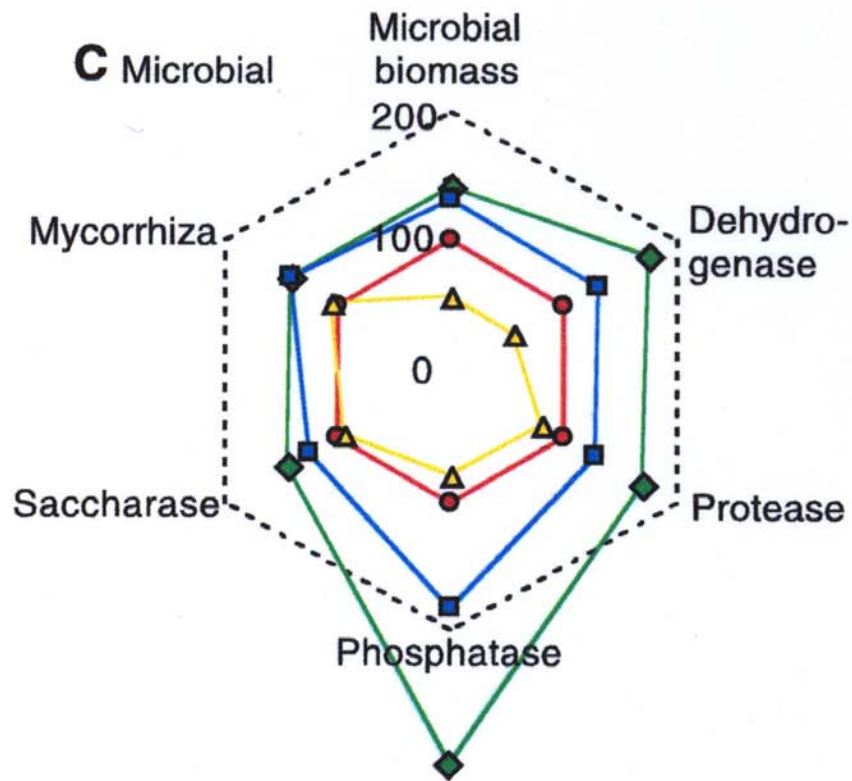


MÄDER, P., A. FLIEßBACH, D. DUBOIS, L. GUNST, P. FRIED & U. NIGGLI (2002):
Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming. *SCIENCE* **296**, 1694-1697.



Soil properties in soils of the DOC farming systems

(D = Bio-Dynamisch, O = Bio-Organic, C = Conventional)



MÄDER, P., A. FLIEßBACH, D. DUBOIS, L. GUNST, P. FRIED & U. NIGGLI (2002):
Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming. *SCIENCE* **296**, 1694-1697.

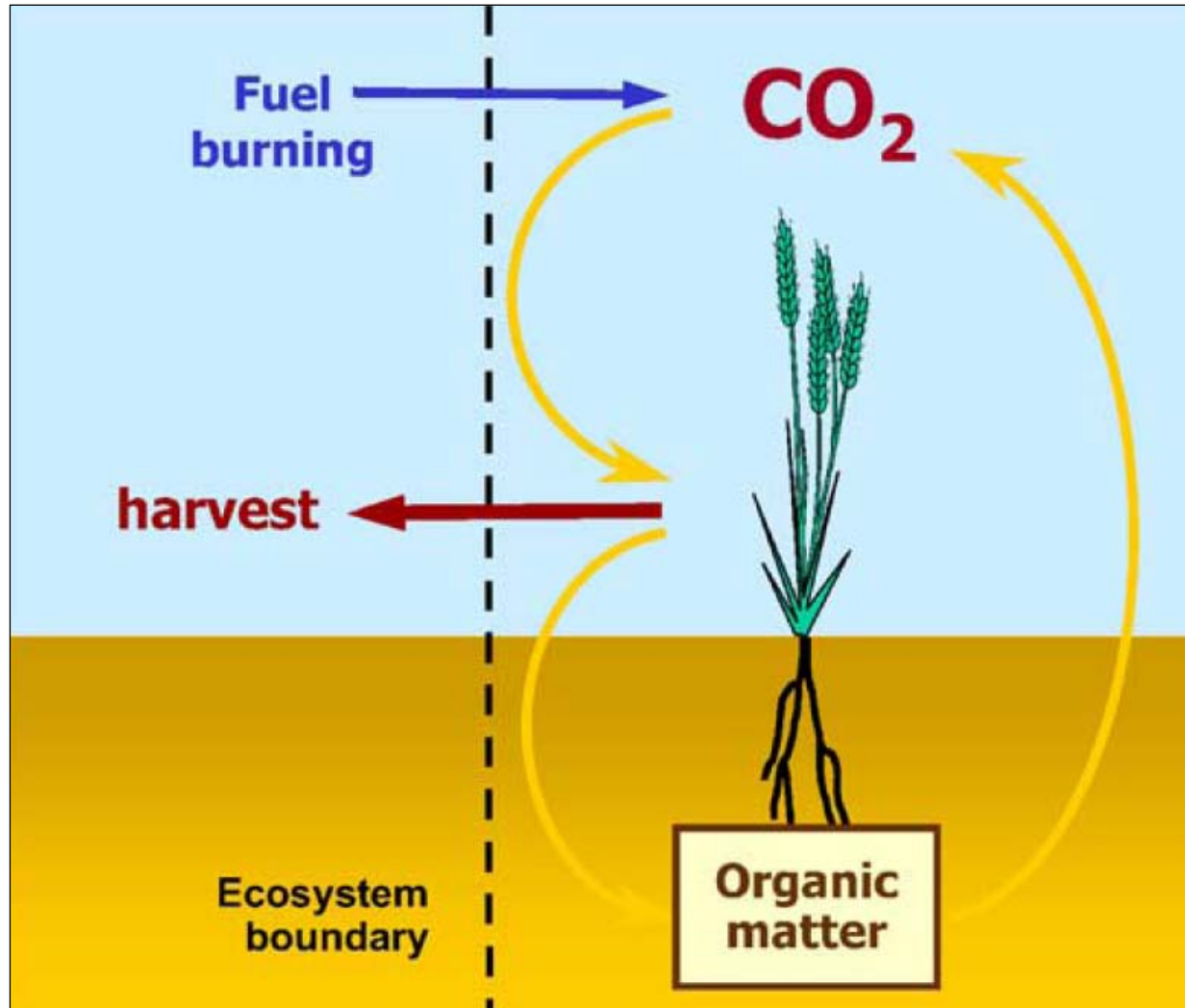


Ergebnisse des DOK-Versuches, 21 Jahre Versuchsdauer

(D = biologisch-dynamisch, O = organisch-biologisch, K = konventionell)

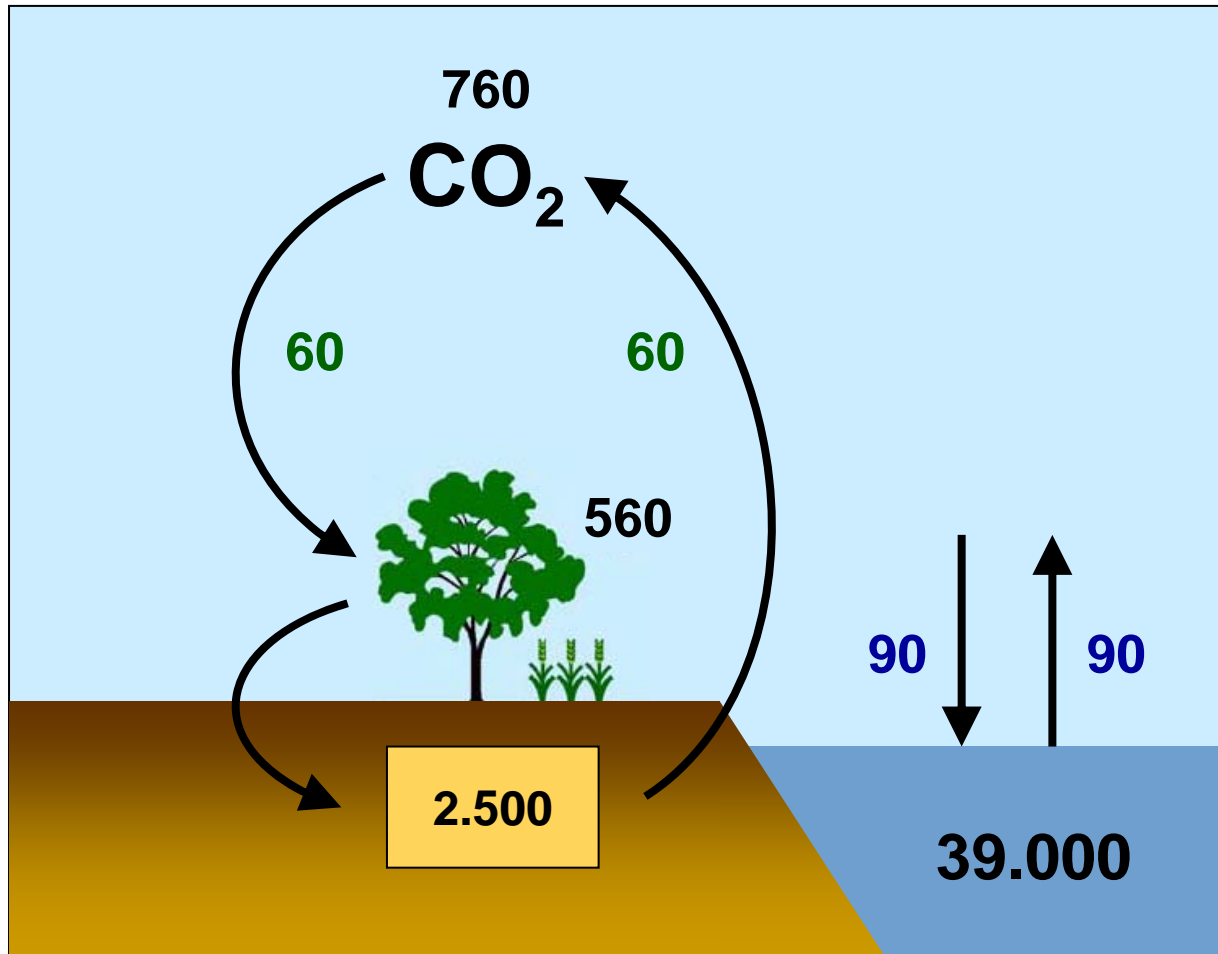


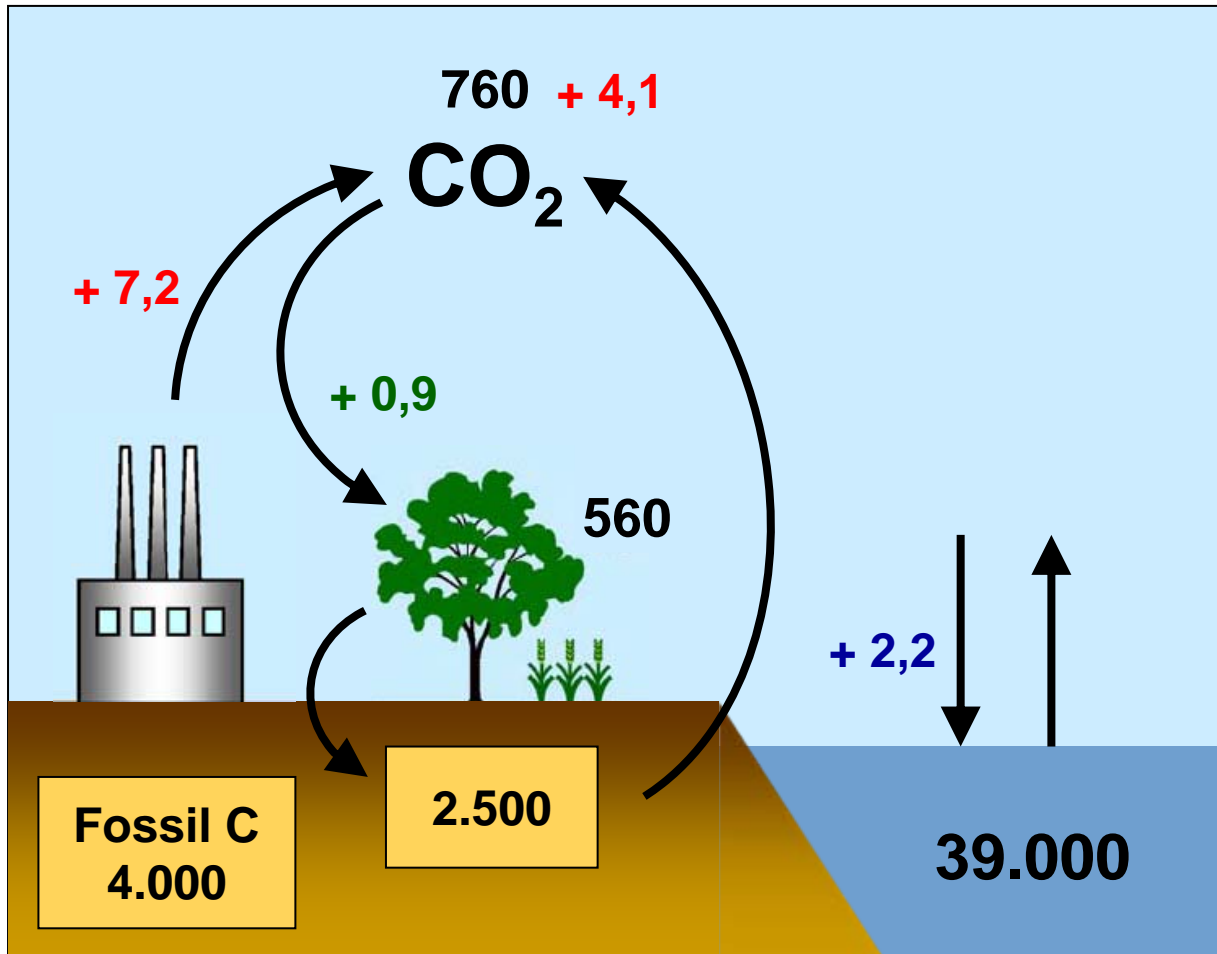
Biodynamic (**A**) and conventional (**B**) soil surface in winter wheat plots. Earthworm casts and weed seedlings are more frequent in the biodynamic plot. Disaggregation of soil particles in the conventional plots leads to a smoother soil surface. Wheat row distance is 0.167 m.





Der globale Kohlenstoffkreislauf (Mrd. t C)





C-Emissionen

Welt: 7,2 Mrd. t

= 1,1 t C pro Kopf

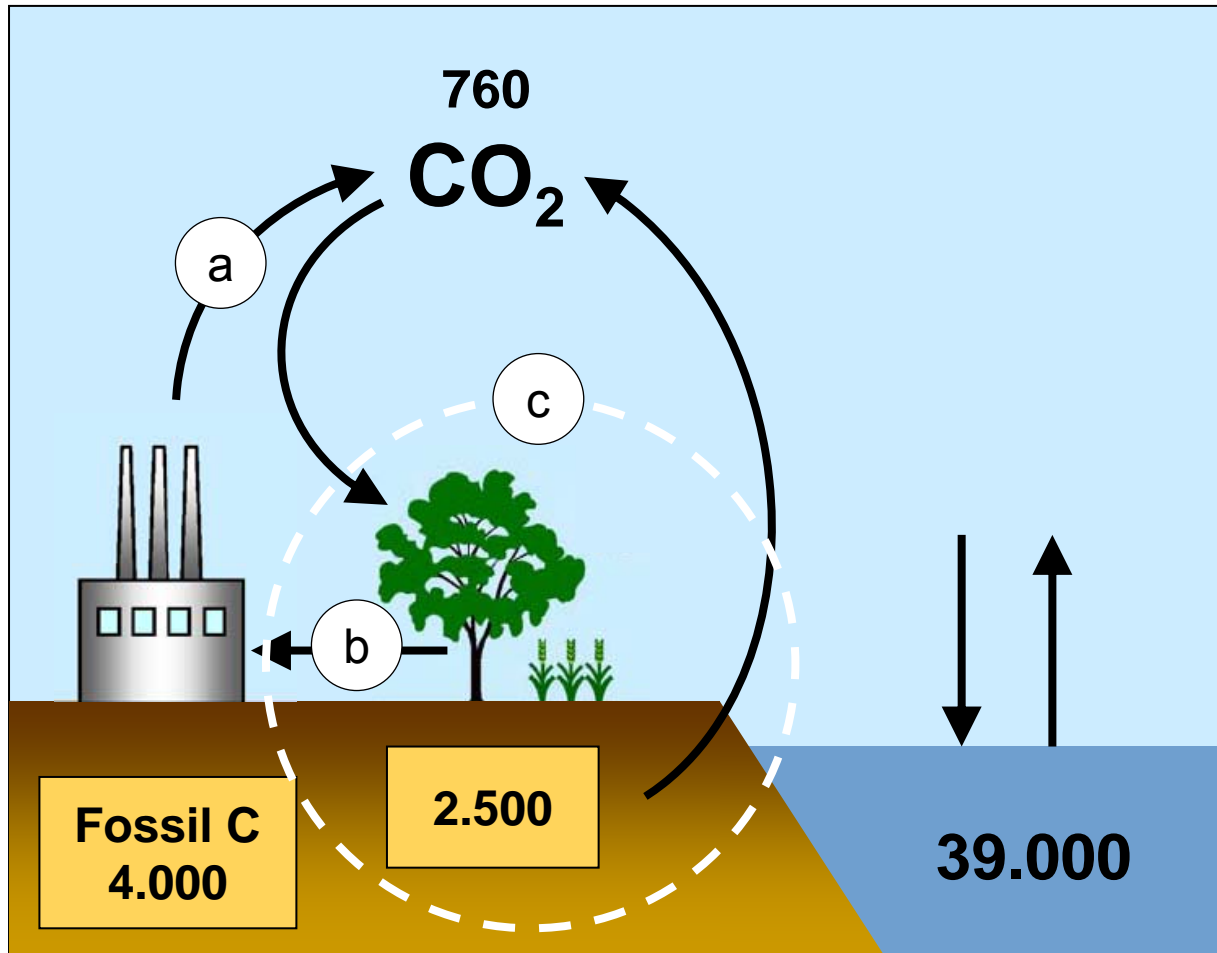
CO₂-Emission pro Kopf

Welt: 4 t

Deutschland: 10 t

USA: 20 t

Indien: 1 t



a) Reduzierung von Emissionen aus der Nutzung fossiler Brennstoffe

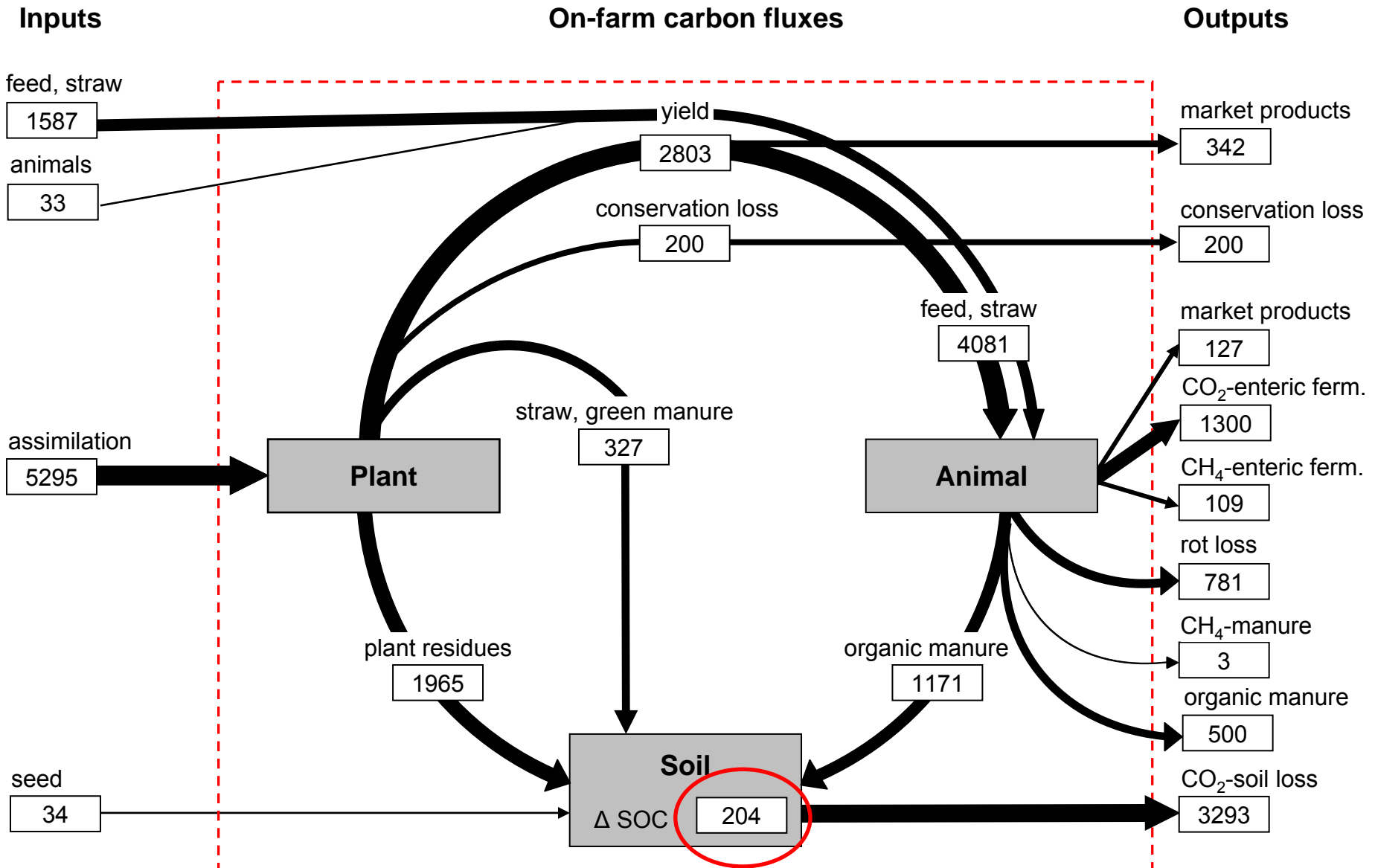
b) Nutzung von photosynthetisiertem C als Bioenergieträger

c) Erhöhung der C-Speicherung in Böden und in der Phytomasse



Carbon cycle of the organic farming system Scheyern

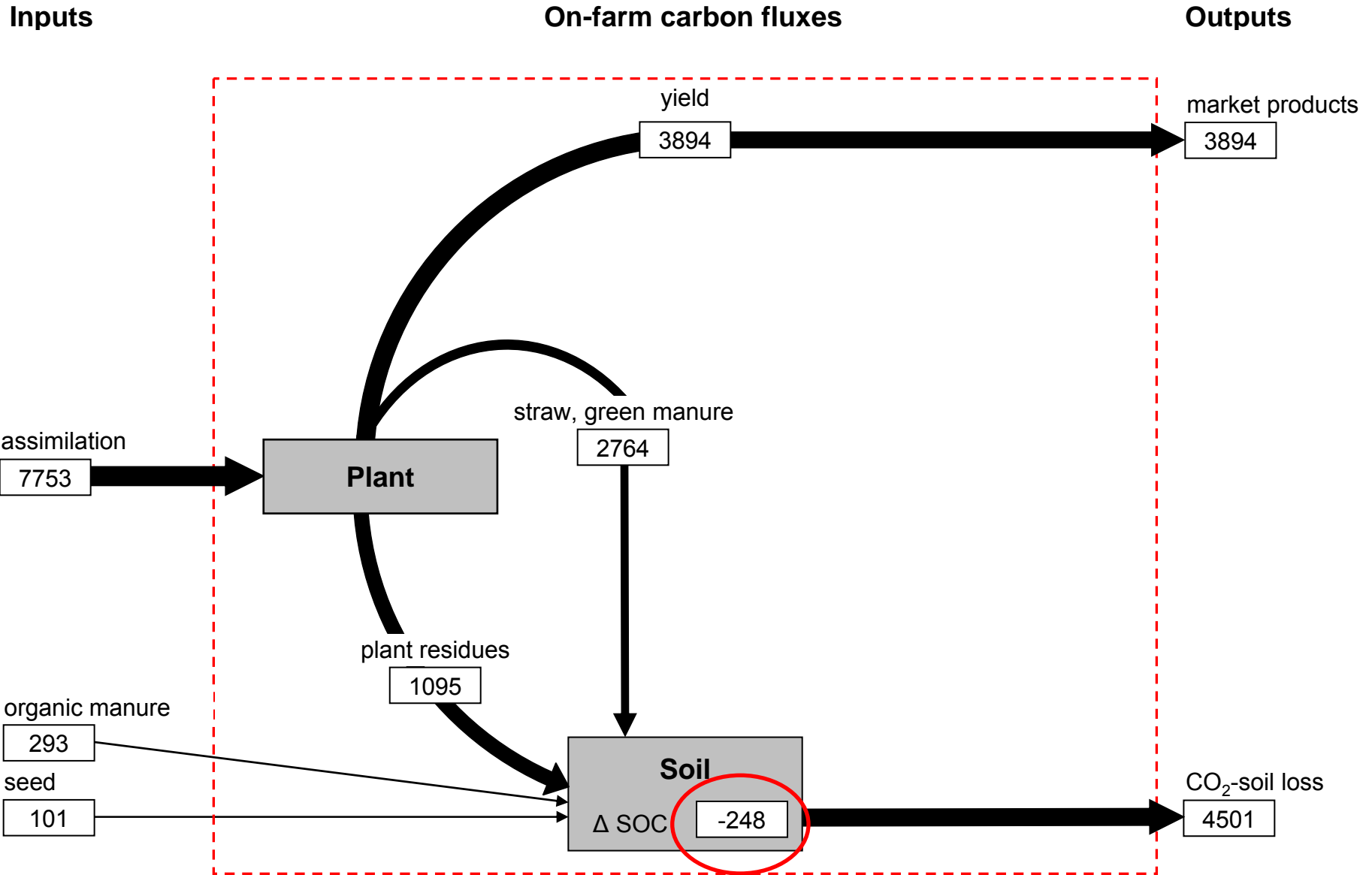
(kg C ha⁻¹ a⁻¹) Küstermann, Kainz & Hülsergen (2008): Renewable Agric. and Food Systems 23, 38-52.





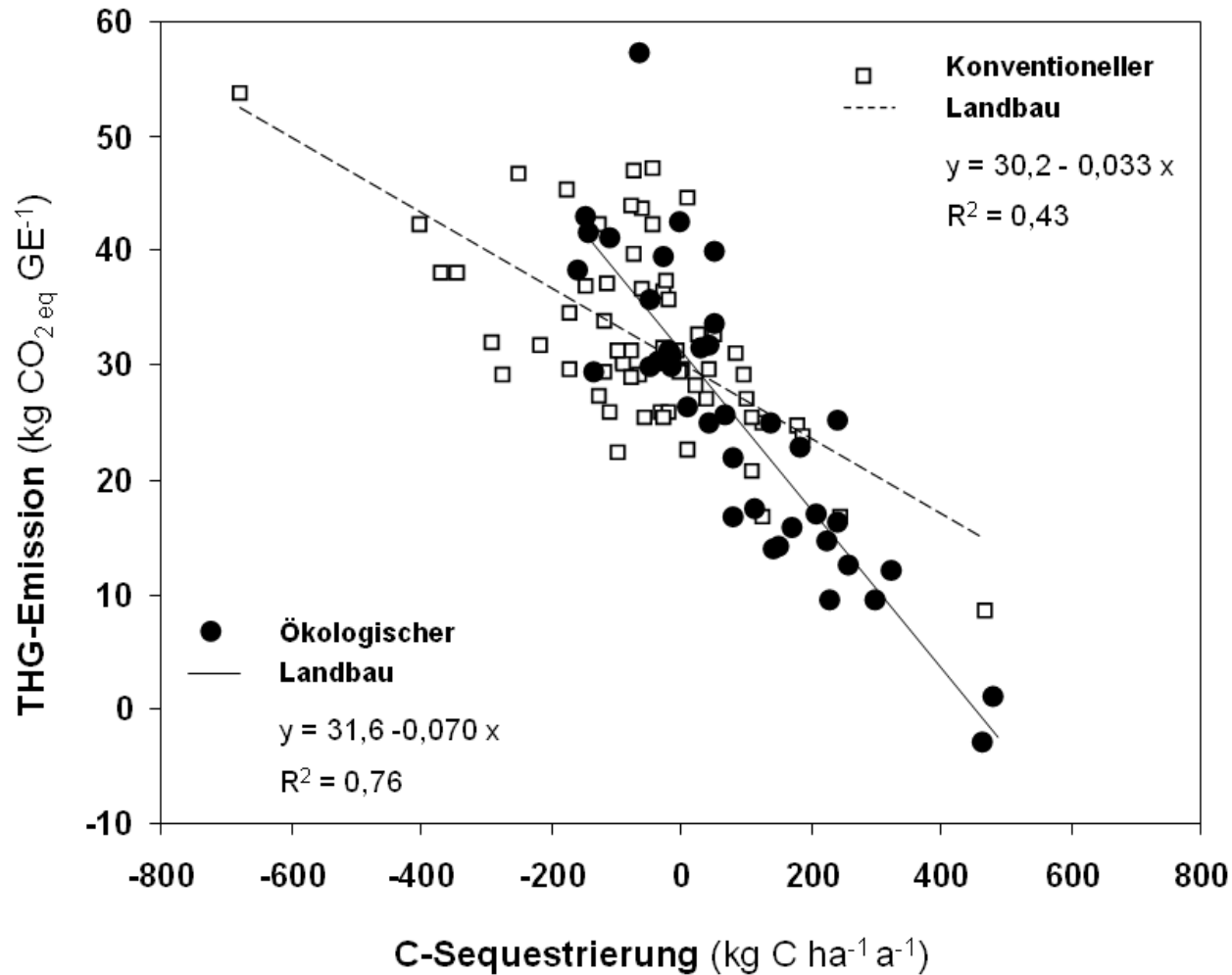
Carbon cycle of the conventional farming system Scheyern

(kg C ha⁻¹ a⁻¹) Küstermann, Kainz & Hülsbergen (2008): Renewable Agric. and Food Systems 23, 38-52.





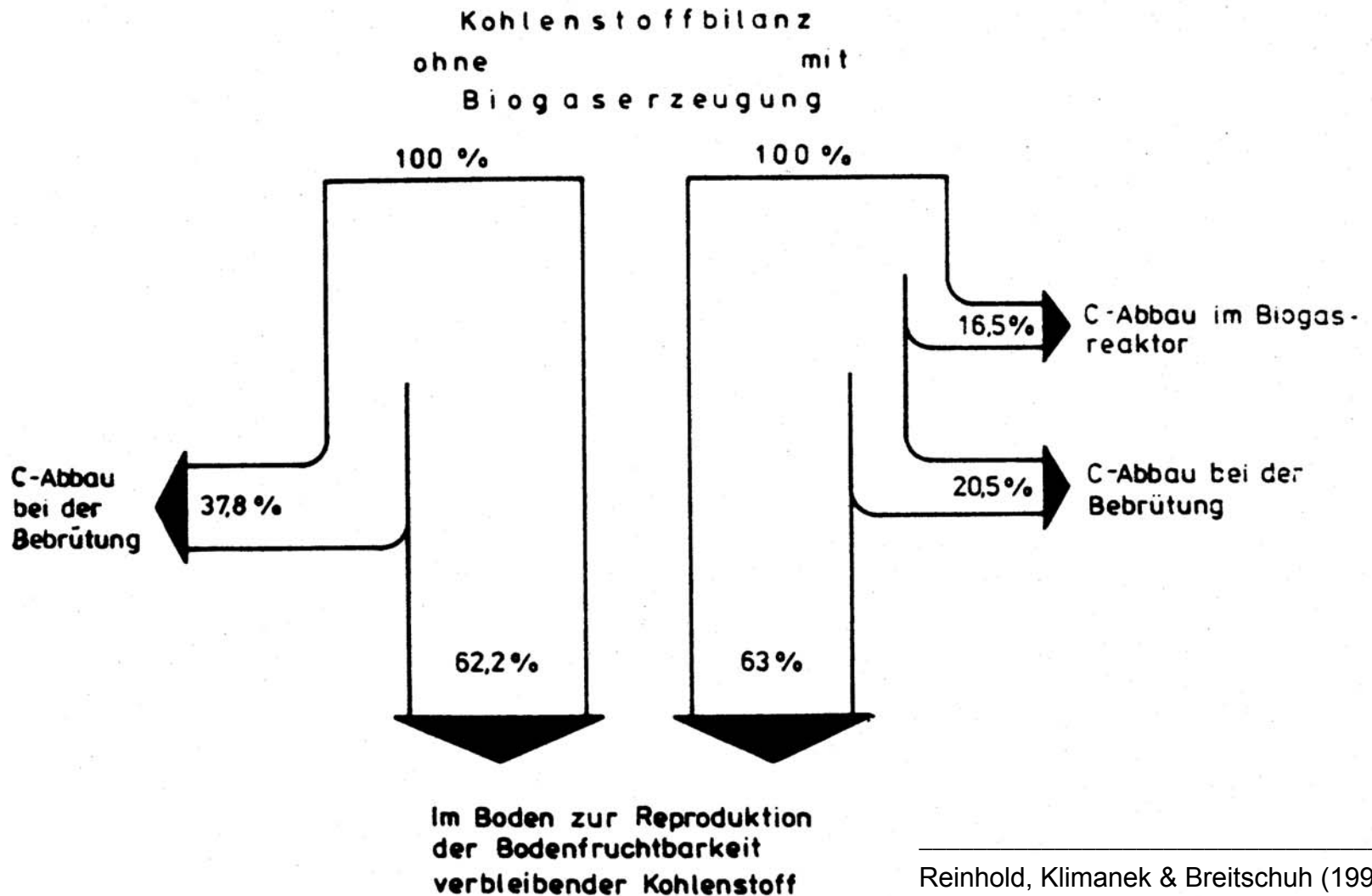
Beziehung zwischen der C-Sequestrierung und den THG-Emissionen im Pflanzenbau, 102 Praxisbetriebe (Hülsbergen & Schmid 2010)



Wie ist die derzeitige Humusversorgung unserer Böden?

Einfluss der Landwirtschaft und des Klimawandels





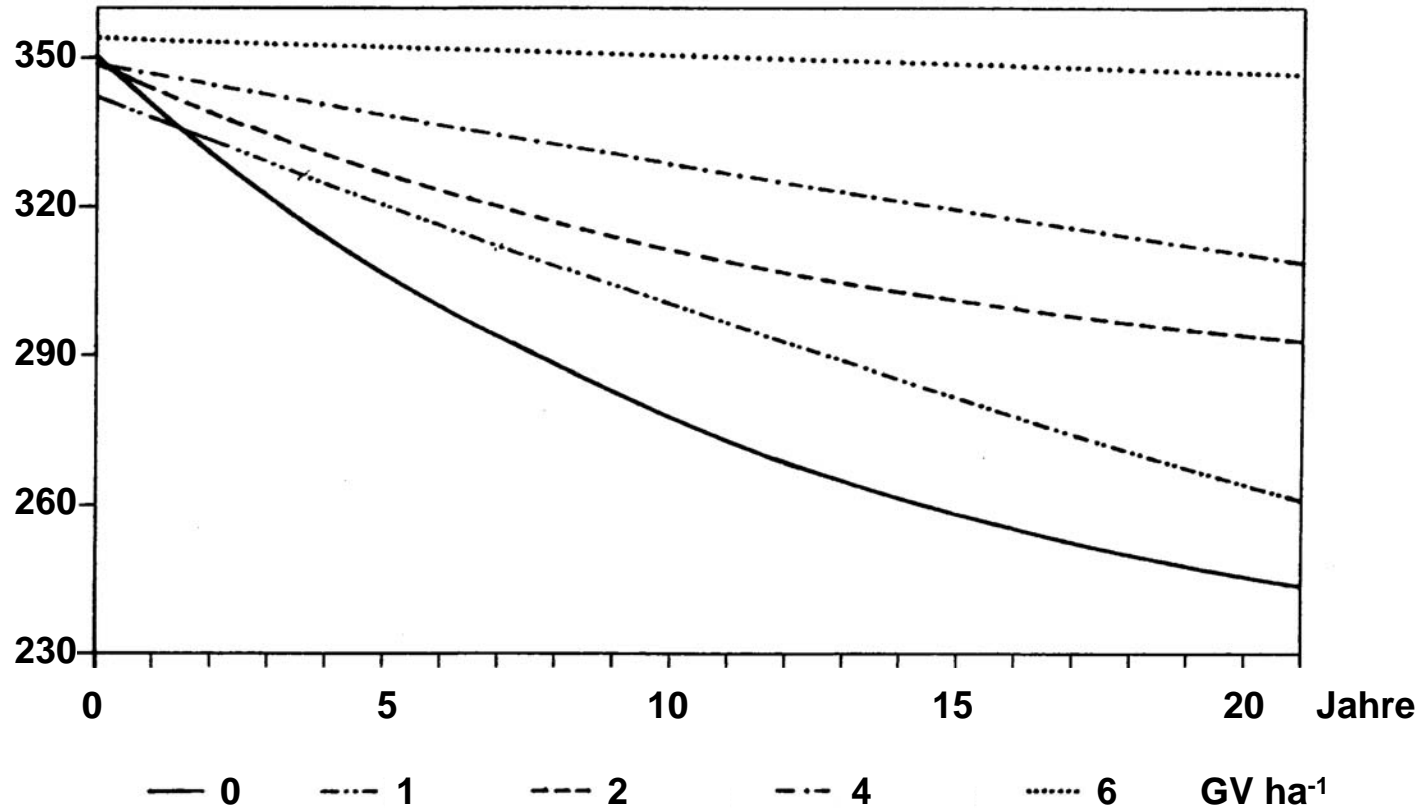


Entwicklung der N_{org} -Gehalte nach Grünlandumbruch

Dauerversuch Lauterbach, Erzgebirge



N_{org} (mg 100 g⁻¹ Boden)



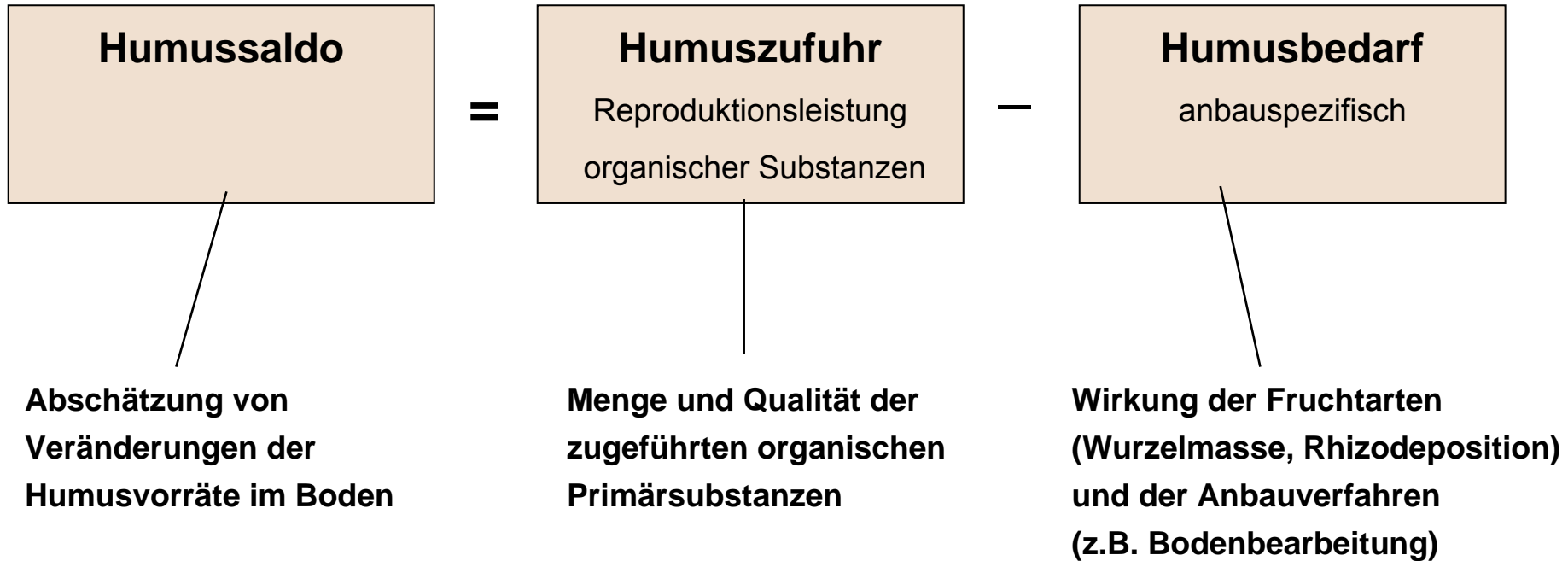
Humusabbau (Variante mit 0 GV ha⁻¹):

2.200 kg N ha⁻¹ = 110 kg N ha⁻¹ a⁻¹

22.000 kg C ha⁻¹ = 1.100 kg C ha⁻¹ a⁻¹ = ca. 4000 kg CO₂ ha⁻¹ a⁻¹

Nachwachsende Rohstoffe und Humusversorgung?







Richtwerte für die anbauspezifische Veränderung der Humusvorräte ackerbaulich genutzter Böden (VDLUFA 2004)



Fruchtart	kg Humus-C ha ⁻¹ a ⁻¹ Verlust (-) oder Gewinn (+)	
	untere Werte	obere Werte
Zuckerrüben	- 760	- 1300
Kartoffeln	- 760	- 1000
Silomais	- 560	- 800
Getreide, Ölfrüchte	- 280	- 400
Körnerleguminosen	+ 160	+ 240
Luzerne-/Klee gras	+ 600	+ 800
Stoppelfrüchte	+ 80	+ 120
Untersaaten	+ 200	+ 300



Richtwerte für die Humusreproduktionsleistung verschiedener organischer Substanzen (VDLUFA 2004)



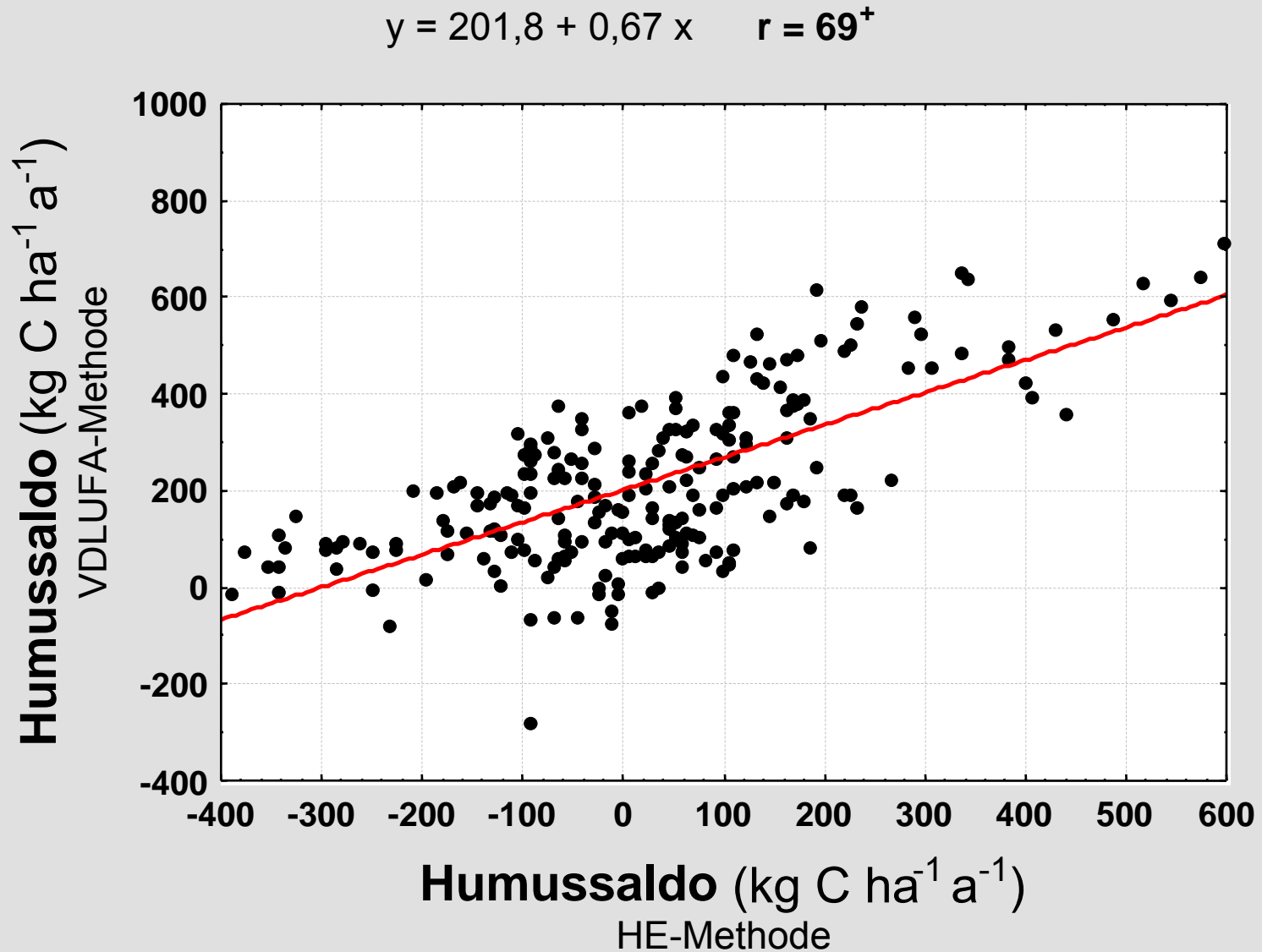
Organische Substanz	TS %	Humusreproduktion	
		kg Humus-C t ⁻¹	relativ zu Stalldung*
Pflanzenmaterial			
Stroh	86	80 bis 110	58 bis 80
Gründüngung	10	8	50
Stallmist			
frisch	20	28	88
verrottet	25	40	100
Gülle			
Schwein	8	8	63
Rind	10	12	75
Biogas-Gülle	10	14	88

* C-Humusreproduktionsleistung, bezogen auf gleiche Trockenmasse; verrotteter Stallmist = 100 %



Humussalden nach HE- und VDLUFA-Methode

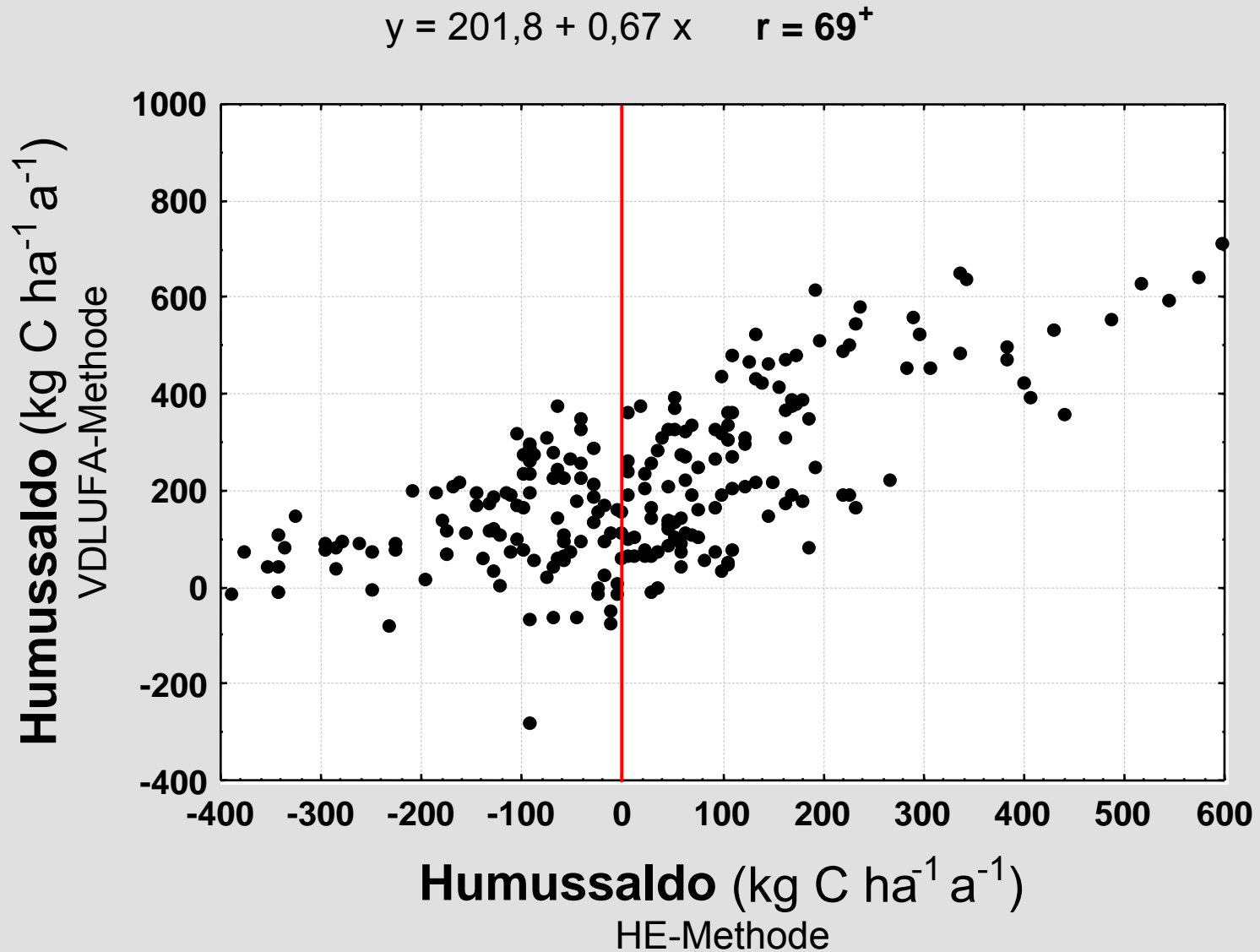
n = 227 Betriebe (Ökologischer und Konventioneller Landbau)





Humussalden nach HE- und VDLUFA-Methode

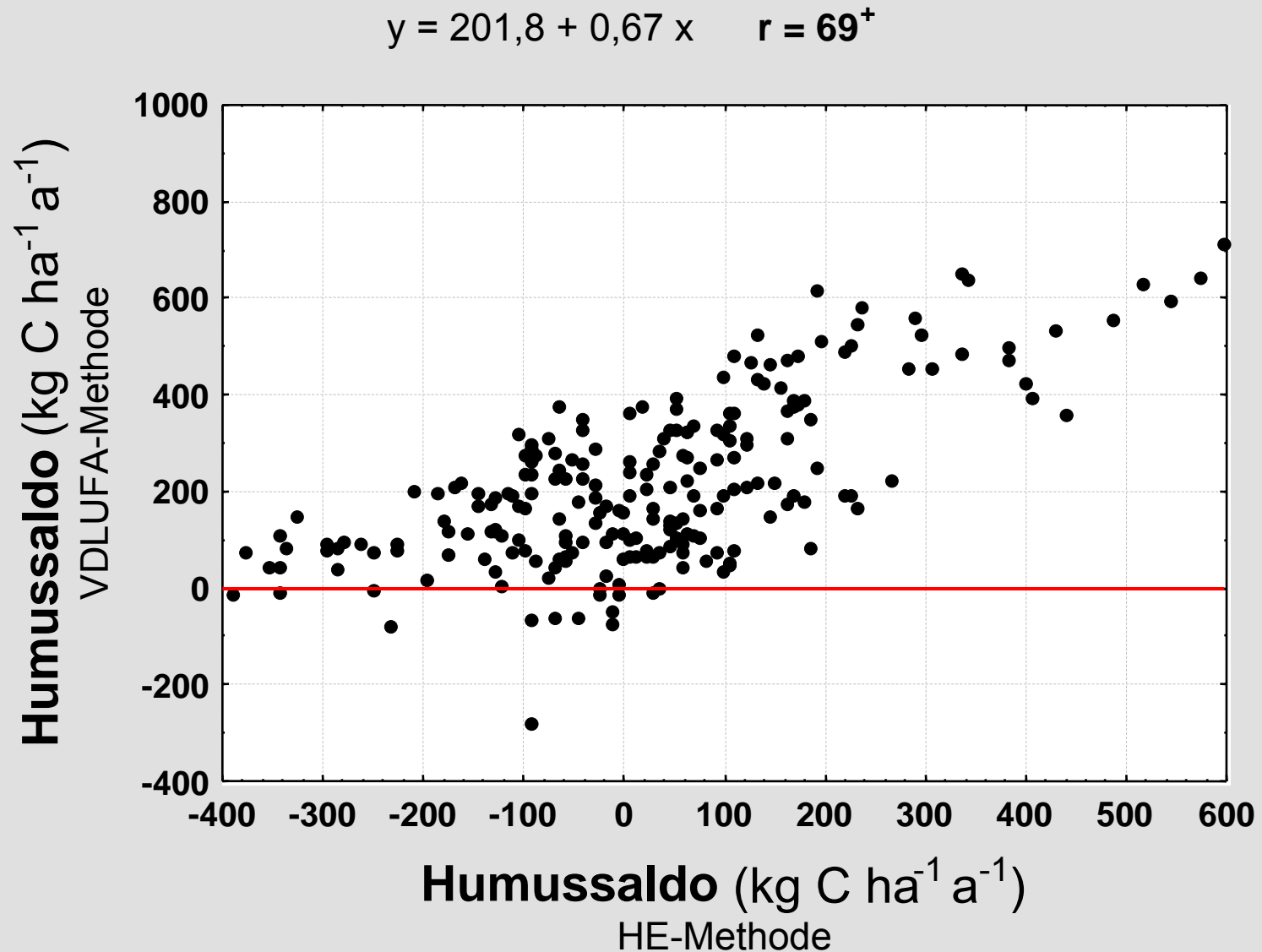
n = 227 Betriebe (Ökologischer und Konventioneller Landbau)





Humussalden nach HE- und VDLUFA-Methode

n = 227 Betriebe (Ökologischer und Konventioneller Landbau)



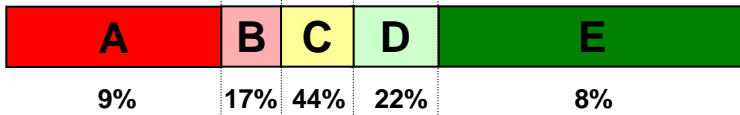
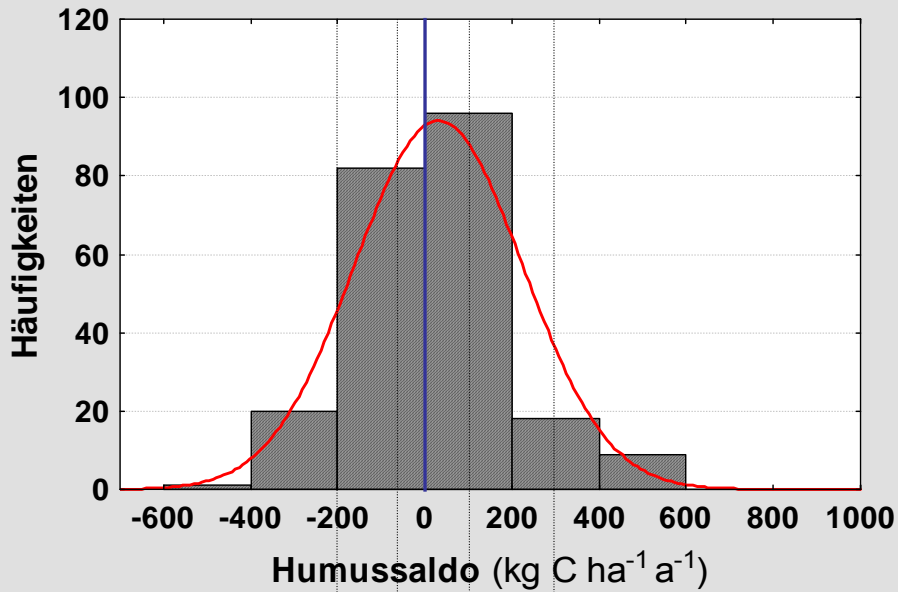


Humussalden nach HE- und VDLUFA-Methode

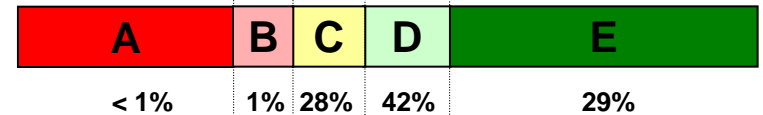
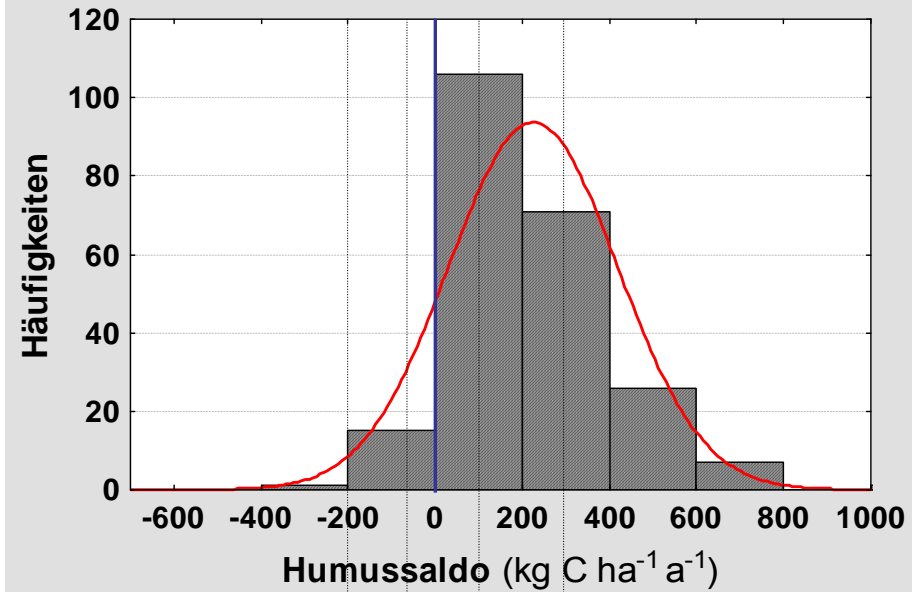
n = 227 Betriebe (Ökologischer und Konventioneller Landbau)



HE-Methode



VDLUFA-Methode



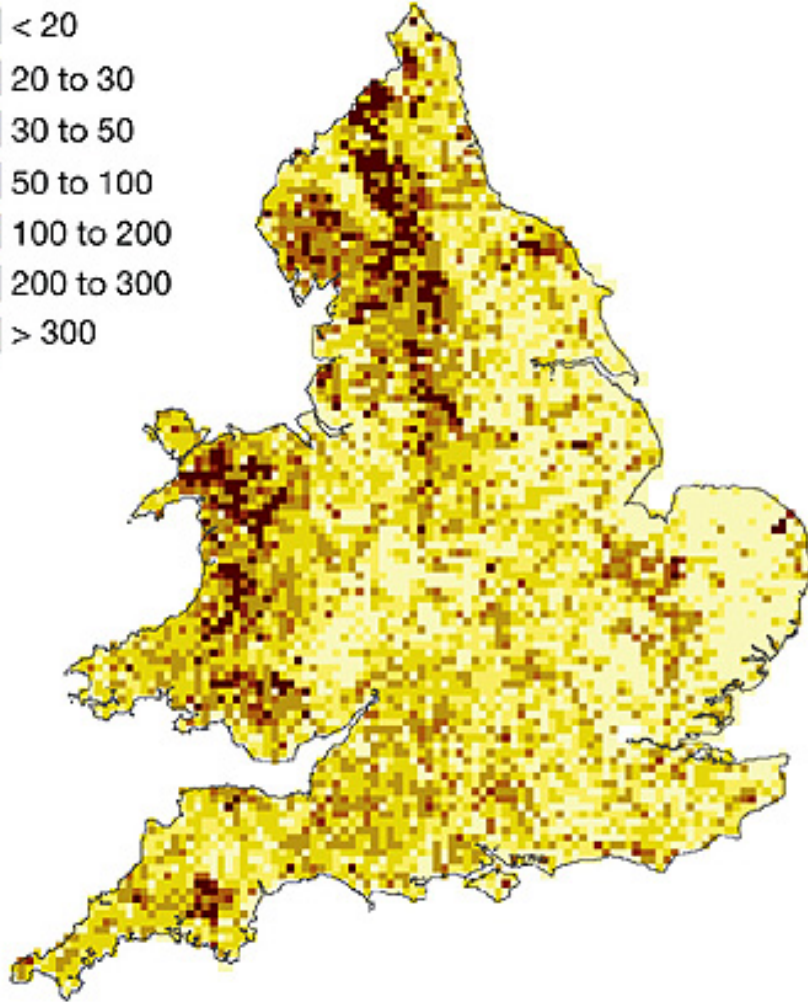
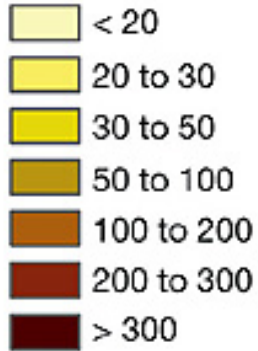


Carbon losses from all soils across England and Wales

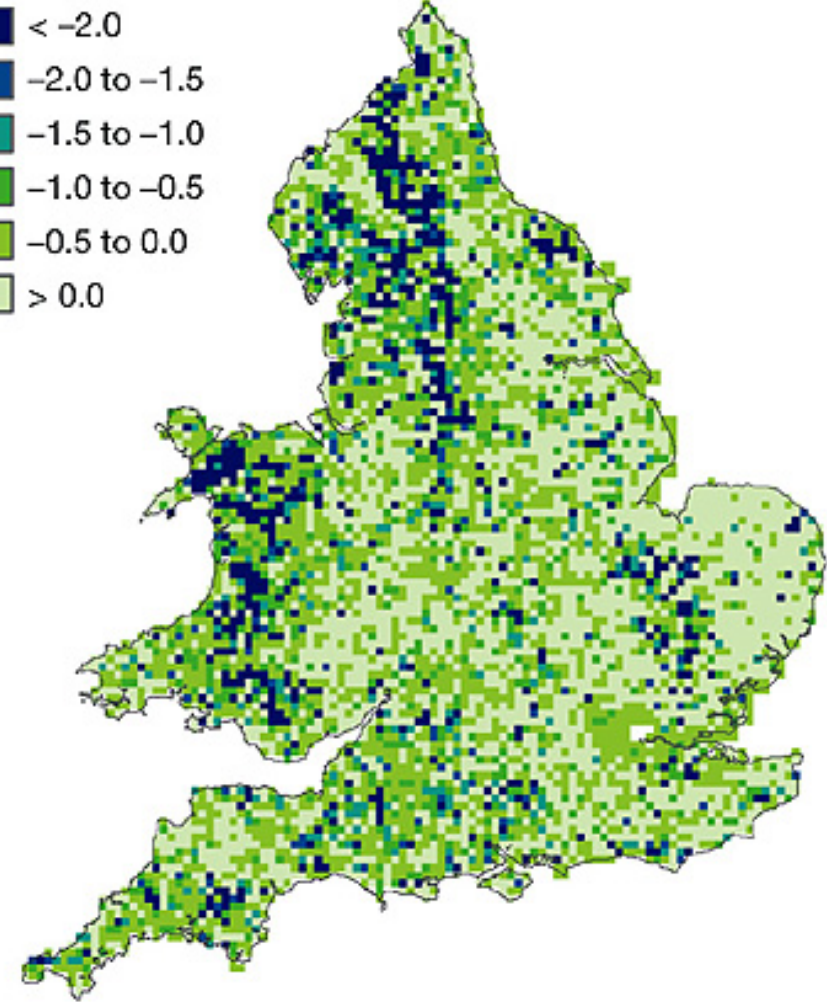
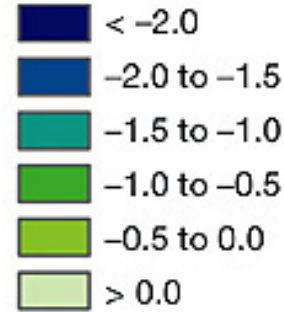
1978–2003 Bellamy et. al.: NATURE, Vol 437, September 2005, 245-247.



a Original C_{org} ($g\ kg^{-1}$)



b Rate of change ($g\ kg^{-1}\ yr^{-1}$)



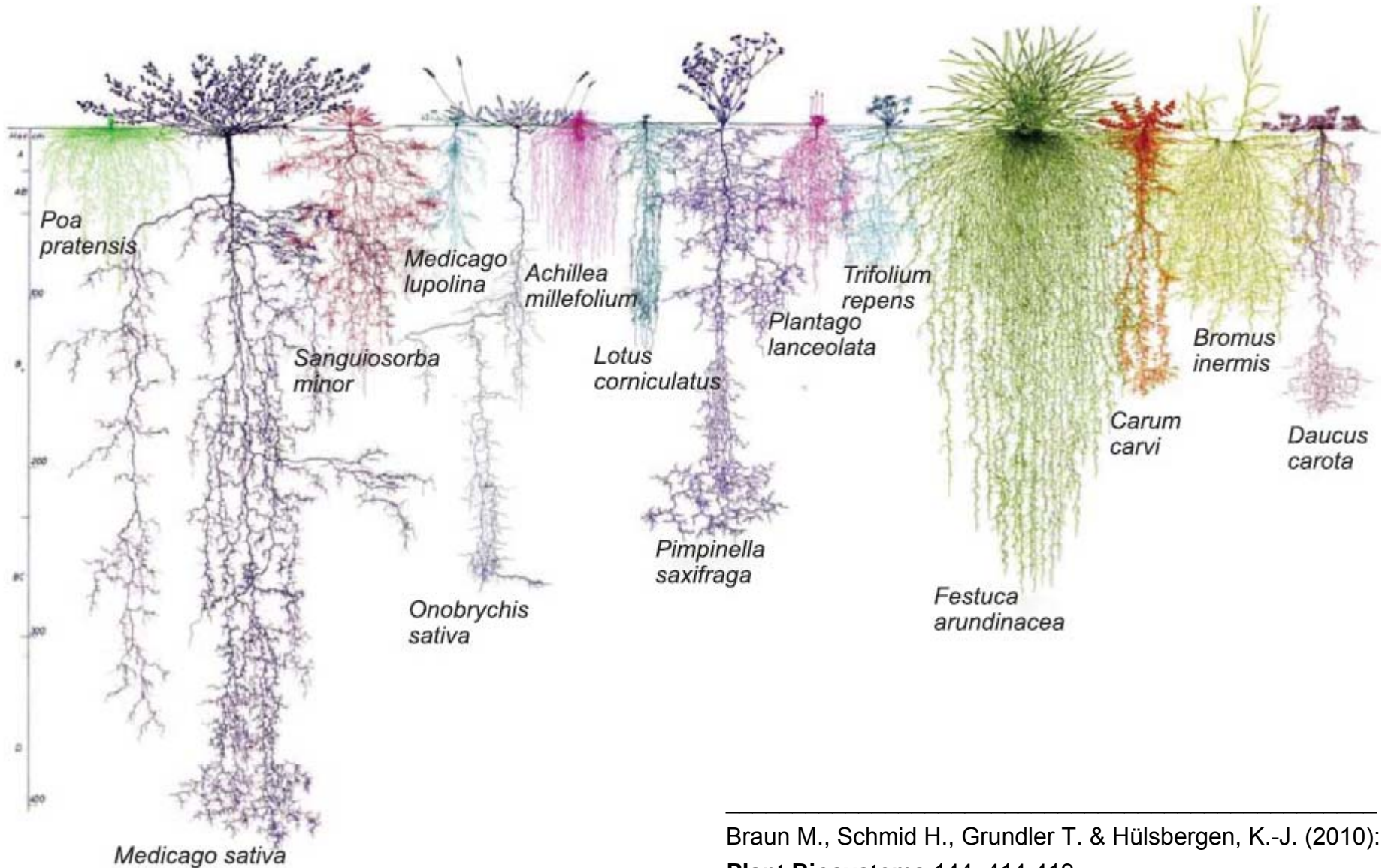
¹National Soil Resources Institute, Cranfield University, Silsoe MK45 4DT, UK. ²Rothamsted Research, Harpenden AL5 2JQ, UK.

Wie kann die Humusversorgung verbessert werden?





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



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



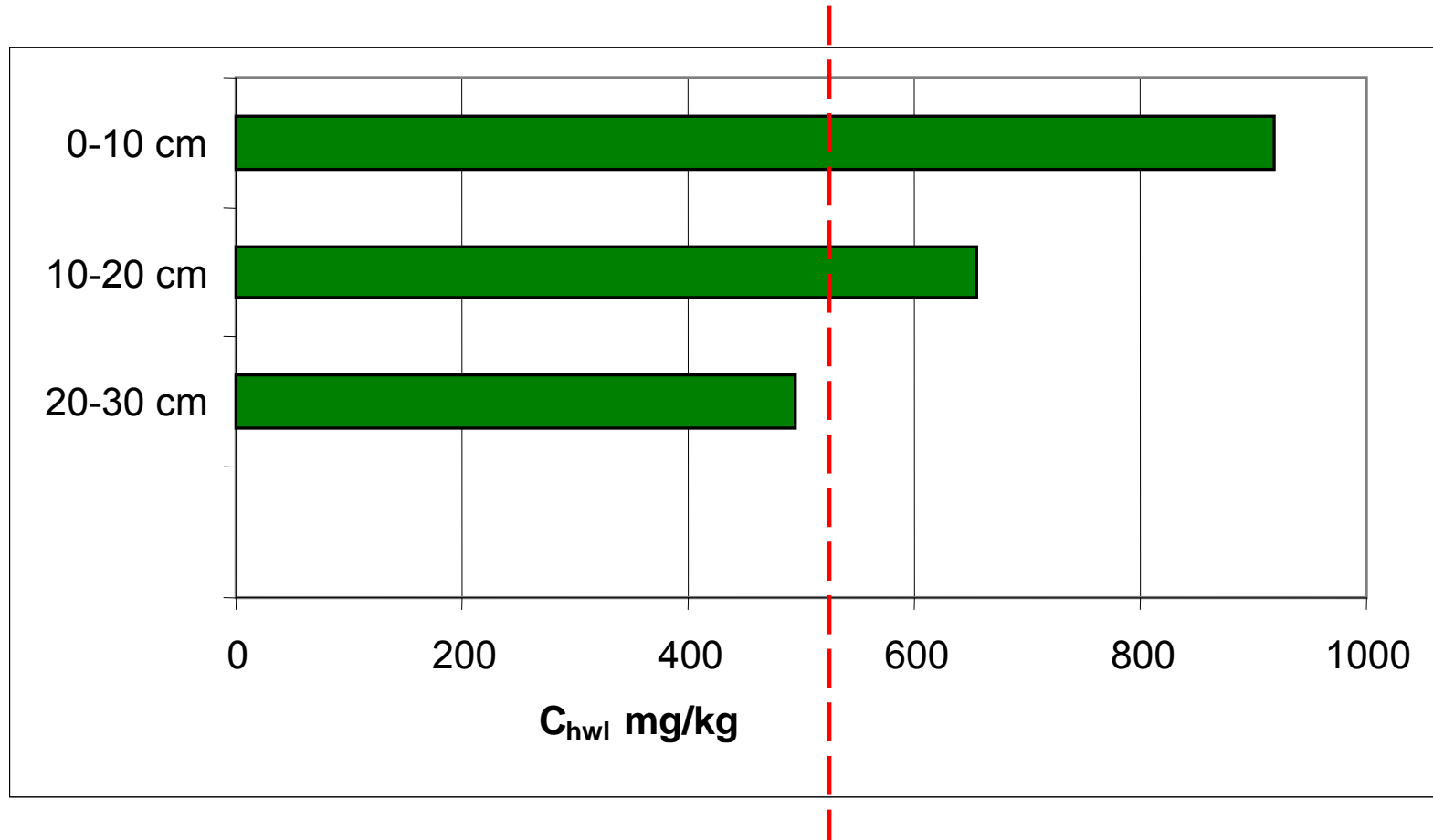
Wurzeln im Unterboden (100 cm Tiefe) an Klüften und in Regenwurmröhren (M. Braun 2008)





Umsetzbare Organ. Substanz ökologischer und konv. Flächen

Beispiel: Braun, Freising (pfluglose Bodenbearbeitung)

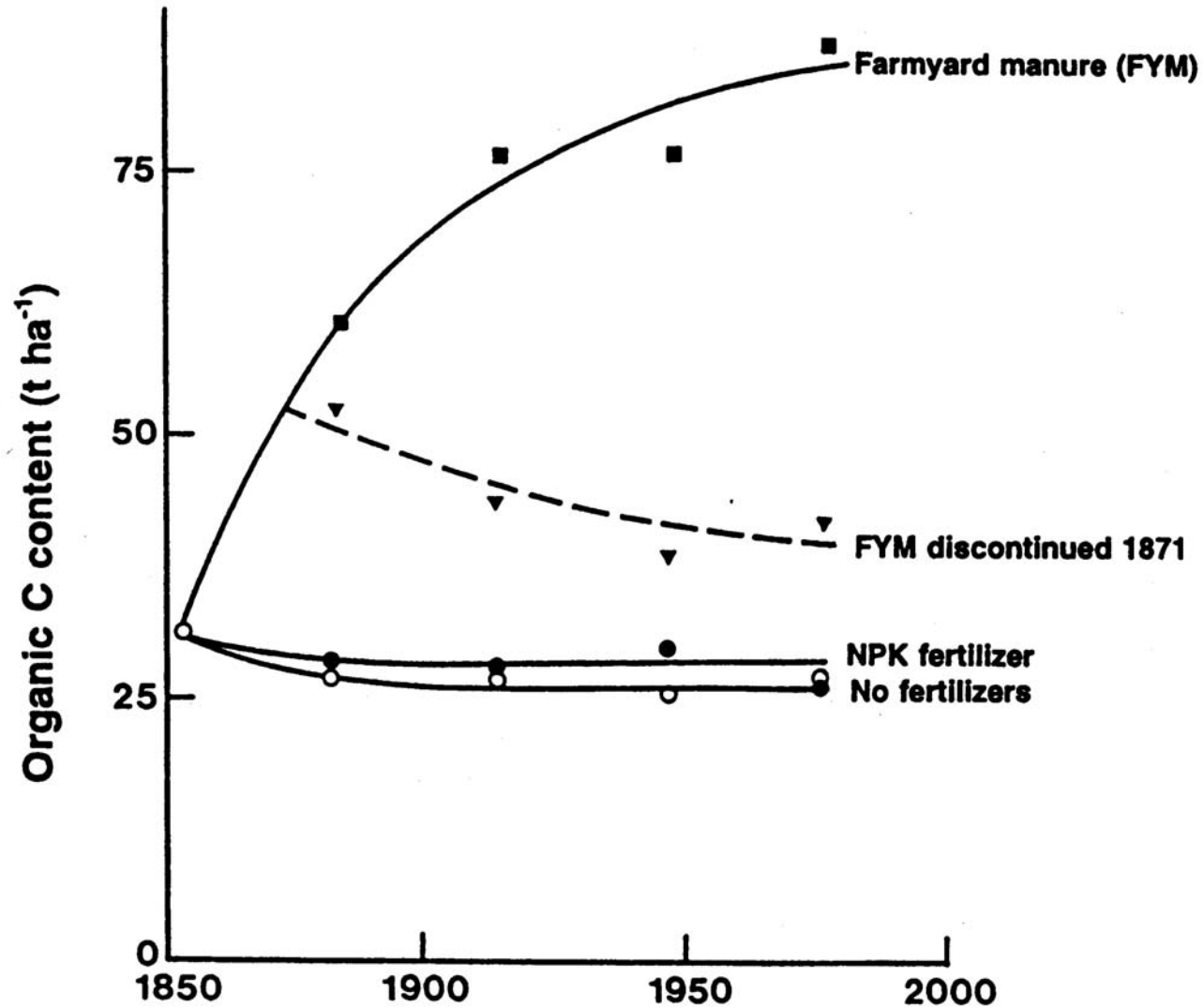


**Konventionelle
Vergleichsfläche**



Changes of soil organic C content in the Hoosfield

Continuous barley experiment (JOHNSTON 1986)



C-Sequestrierung in Agroforstsystemen





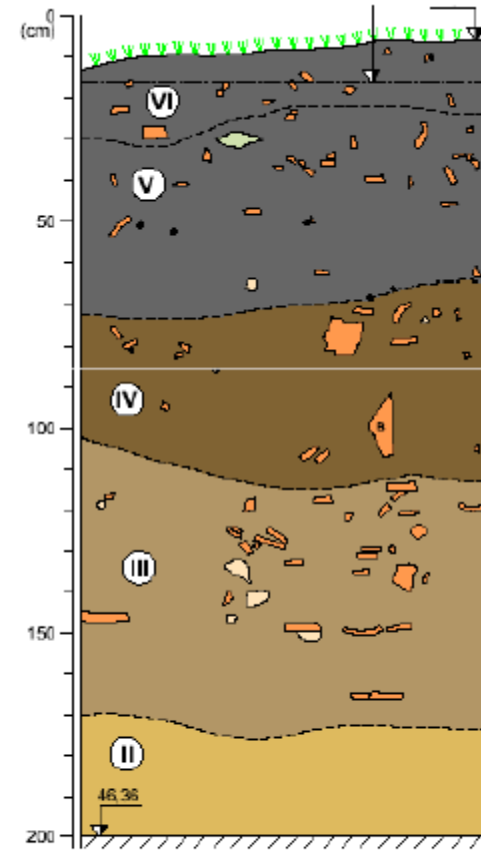
Ferrasol

Natürlicher Boden
des Amazonas



Terra Preta

Terra Preta oberhalb
des natürlichen Bodenhorizonts



Auffällig: Zahlreiche Tonscherben
(8.000 bis 12.000 Gefäße/ha)



Potentiale der C-Bindung in Böden

zusammengestellt anhand eigener Messungen und der Literatur



Maßnahme	C-Bindung t ha ⁻¹ a ⁻¹
Umwandlung von Grünland in Ackerland, Umbruch begrünter Dauerbrache	> - 1,0
Umwandlung von Ackerland in Grünland, begrünte Dauerbrache	> 1,0
Anbau mehrjähriger Leguminosen/-Gräser	0,6 bis > 1,0
Anbau von Silomais	- 0,4 bis - 0,8
Organische Düngung (Stalldung, Gärreste, Kompost)	> 0,5
Reduzierte Bodenbearbeitung (pfluglos, Direktsaat)	0 bis 0,25