



Humusbilanz und Maßnahmen für optimale Humusgehalte

Jutta Rogasik

Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde,
FAL Braunschweig

Martin Körschens

Institut für Bodenkunde und Pflanzenernährung,
MLU Halle-Wittenberg

Bedeutung des HUMUS für die Bodenfruchtbarkeit



Die Bedeutung des Humus liegt in der komplexen Verbesserung nahezu aller Bodeneigenschaften.

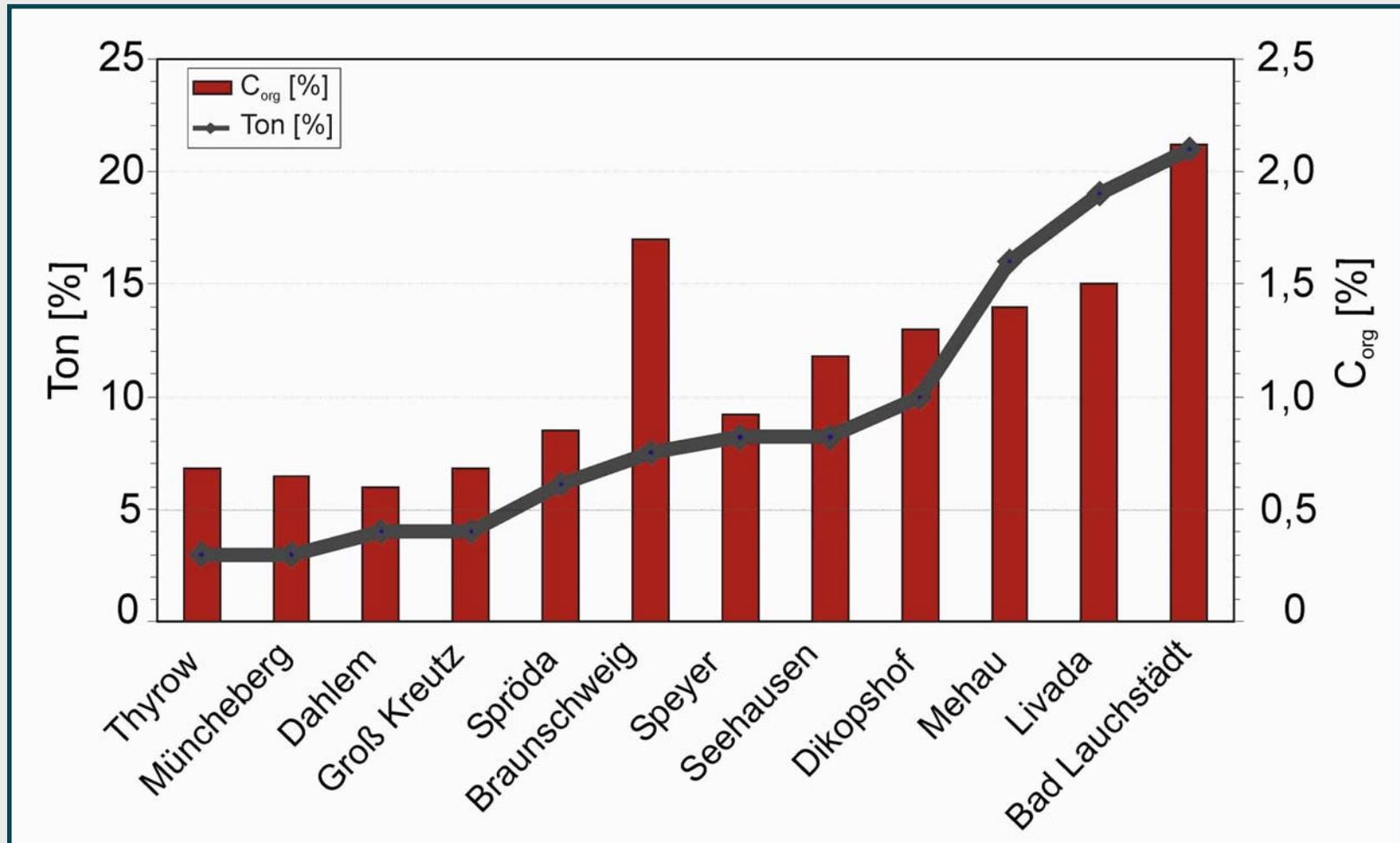
Eine ausreichende Humusversorgung ackerbaulich genutzter Böden dient daher der langfristigen Sicherung ihrer Gesundheit und Produktivität.

Wie viel Humus braucht unser Boden?

Organische Bodensubstanz (OBS) und Humus werden im allgemeinen Sprachgebrauch synonym verwendet.

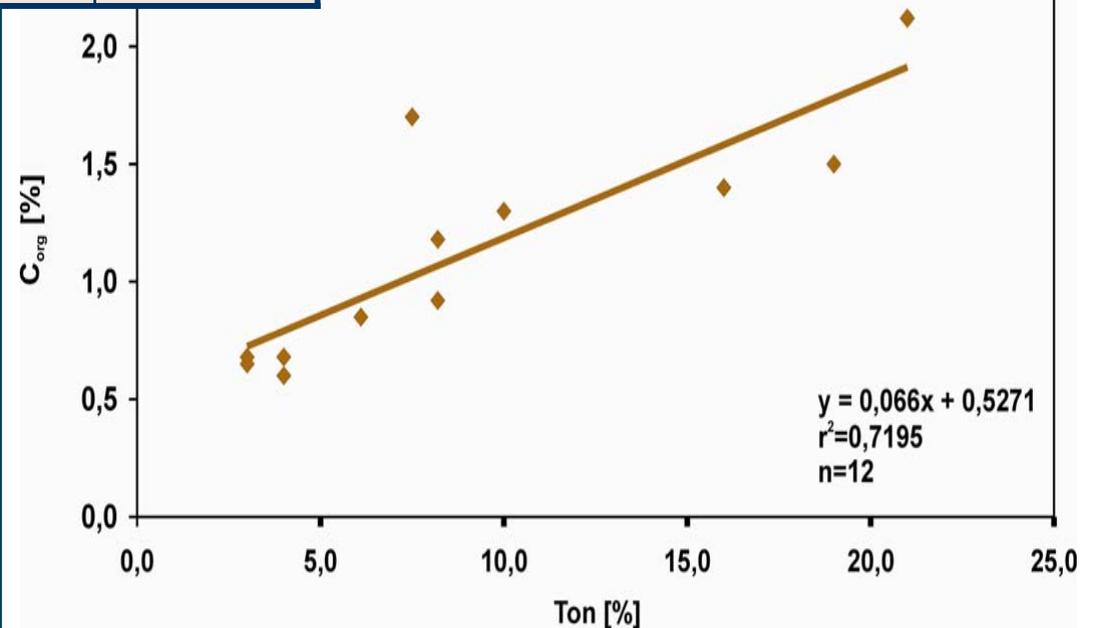
$$\text{OBS} = \text{Humus} = C_{\text{org}} \times 1,724$$

Tongehalt und organischer Kohlenstoff in den Optimalvarianten von 12 Dauerversuchen

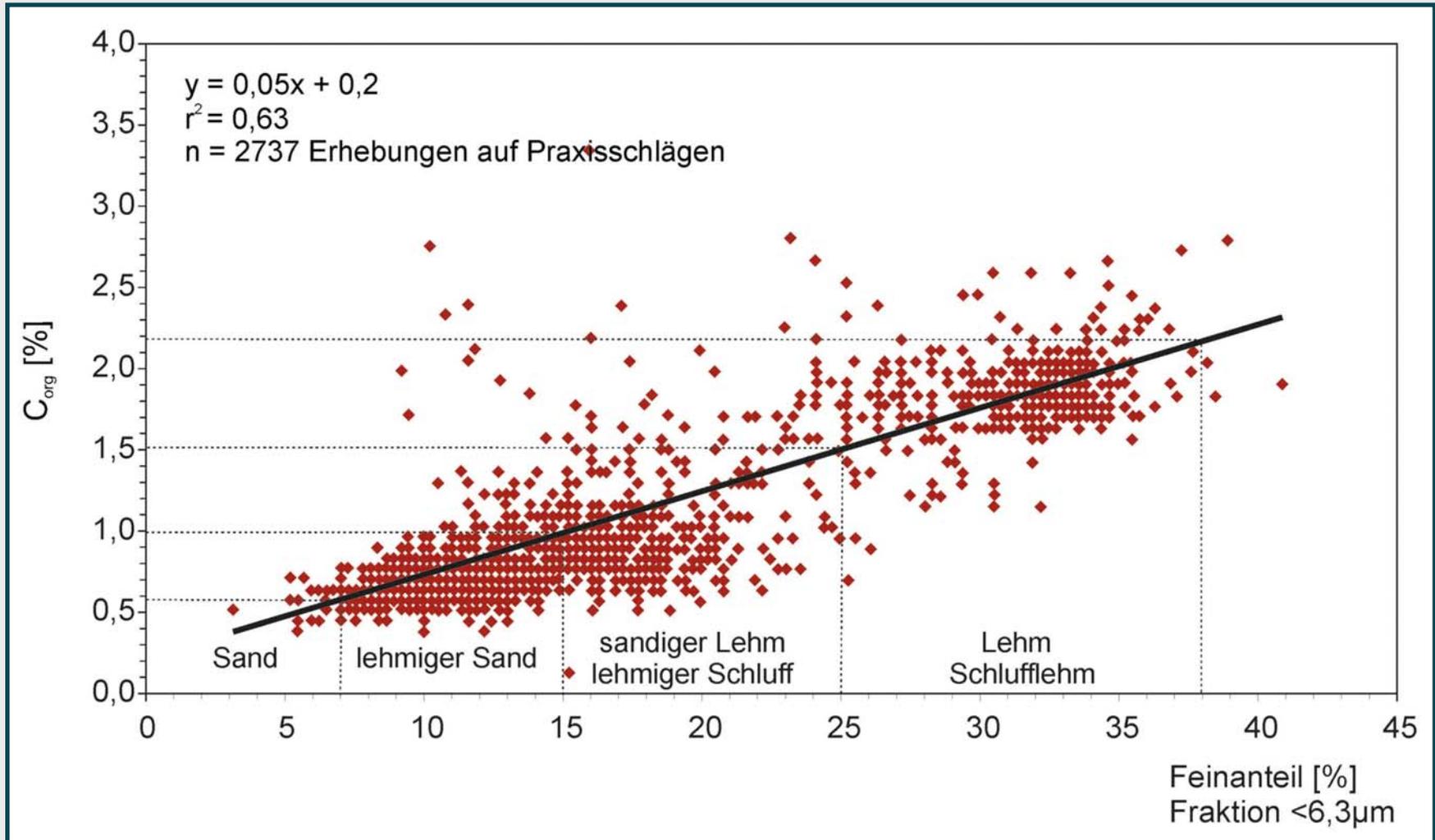


Tongehalt und organischer Kohlenstoff in den Optimalvarianten von 12 Dauerversuchen

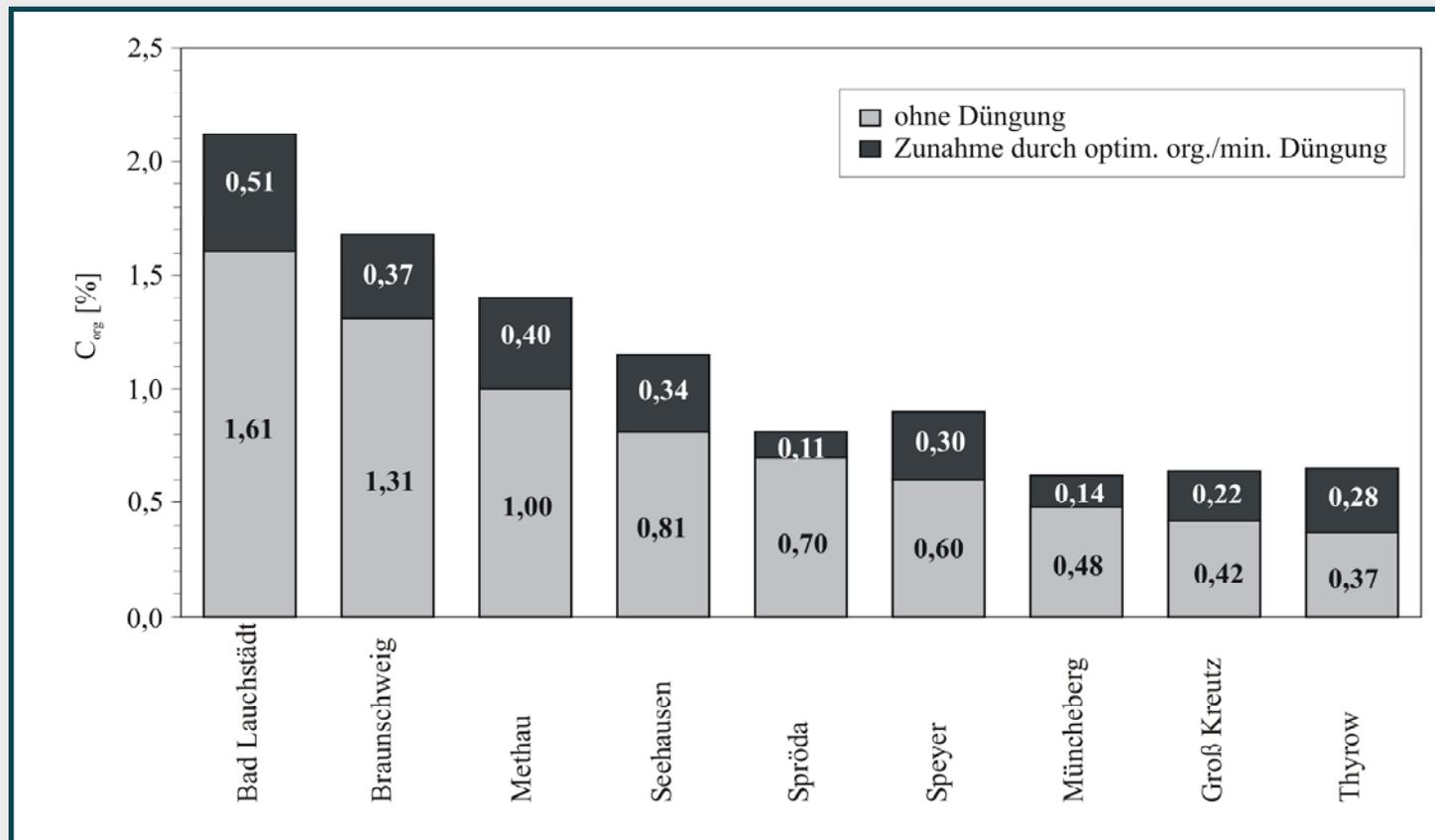
Bodenarten	Ton [%]	C _{org} [%]	OBS [%]
Sand	5	0,7	1,3
lehmiger Sand	5 – 17	0,8 - 1,6	1,4 - 2,7
sandiger Lehm, schluffiger Lehm stark toniger Schluff	17 - 25	1,7 - 2,1	2,8 - 3,7



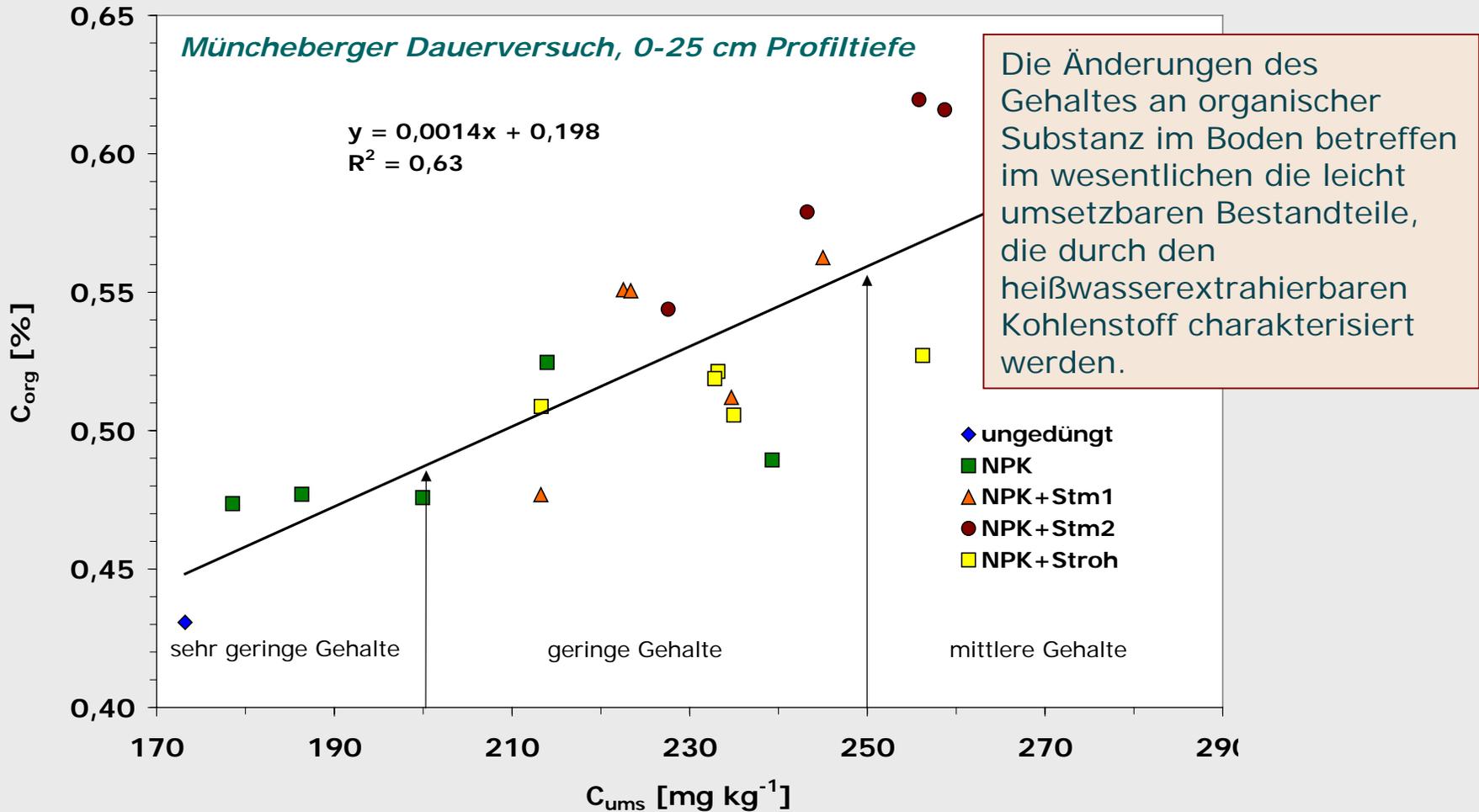
Kalkulation standorttypischer Humusgehalte auf der Basis des Feinanteils im Oberboden



Gehalt an organischem Kohlenstoff (0-30 cm) in Abhängigkeit von der Düngung in Dauerdüngungsversuchen Deutschlands (Laufzeit der Versuche 20-100 Jahre)

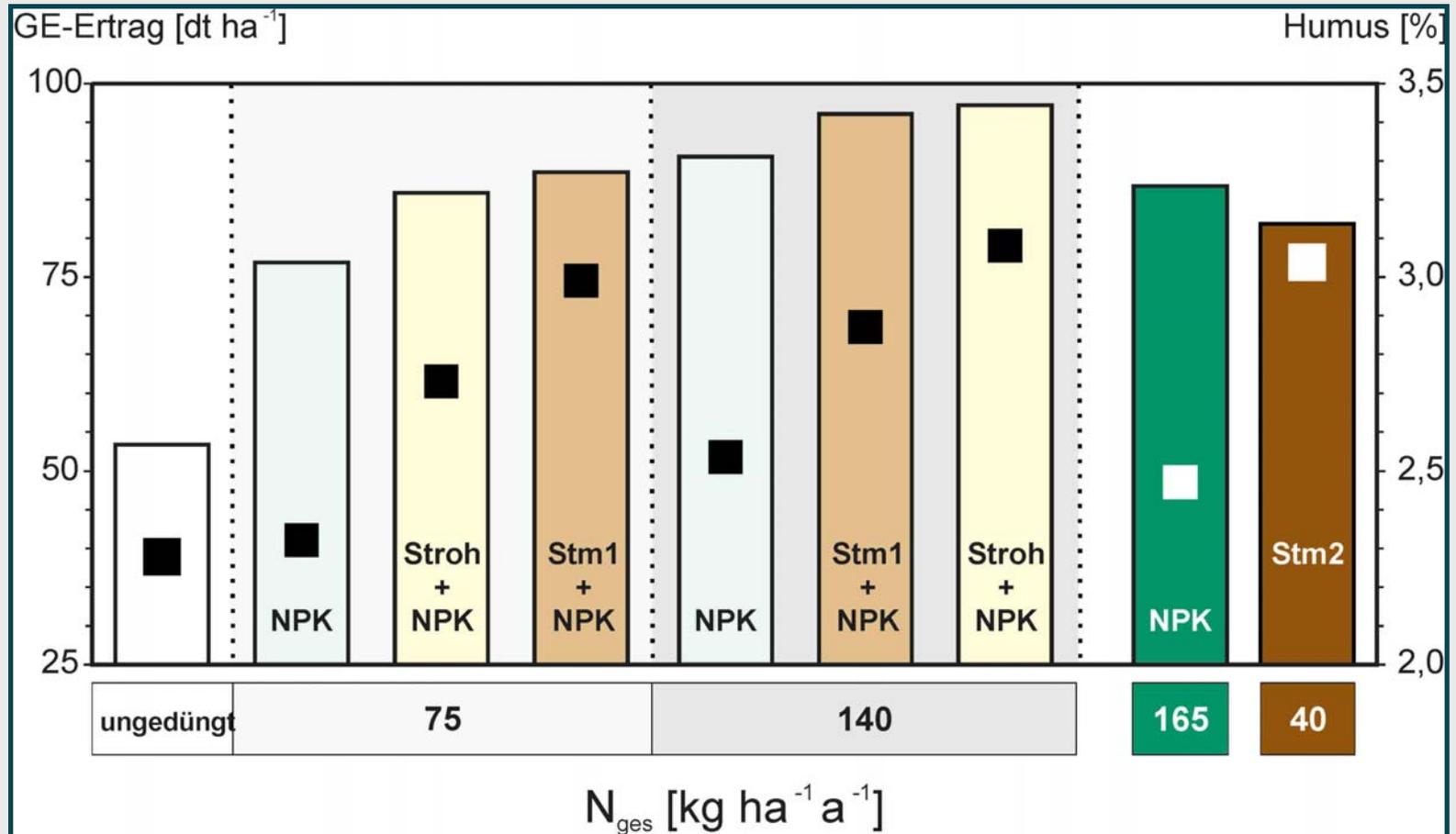


Beziehung zwischen heißwasserlöslichem (C_{ums}) und organischem Kohlenstoff (C_{org})



Einfluss mineralischer und organischer Düngung auf den Humus-Gehalt

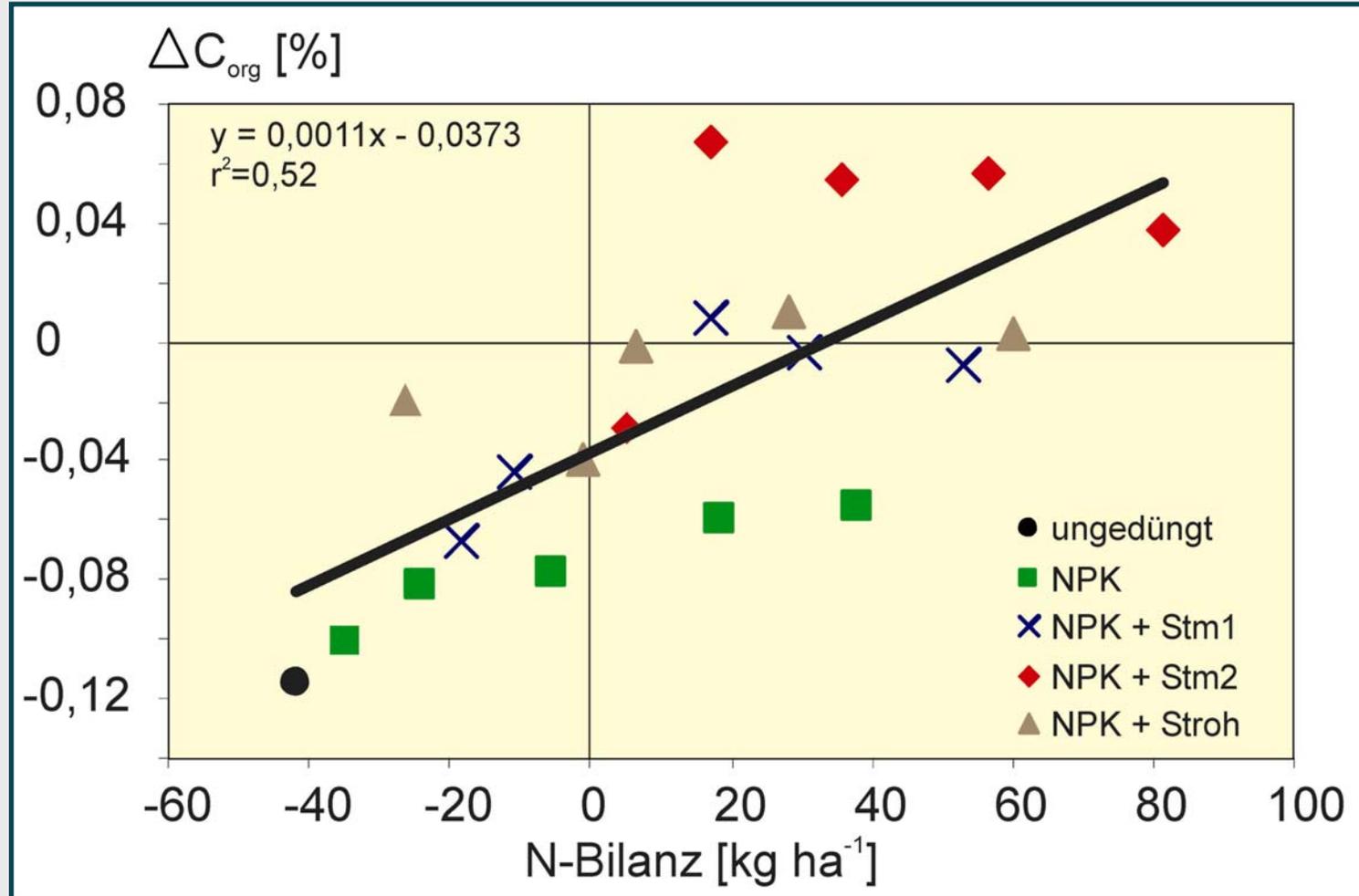
(C-Dauerversuch Braunschweig, Oberboden)



GE-Ertrag: Säulen
Humus: Punkte

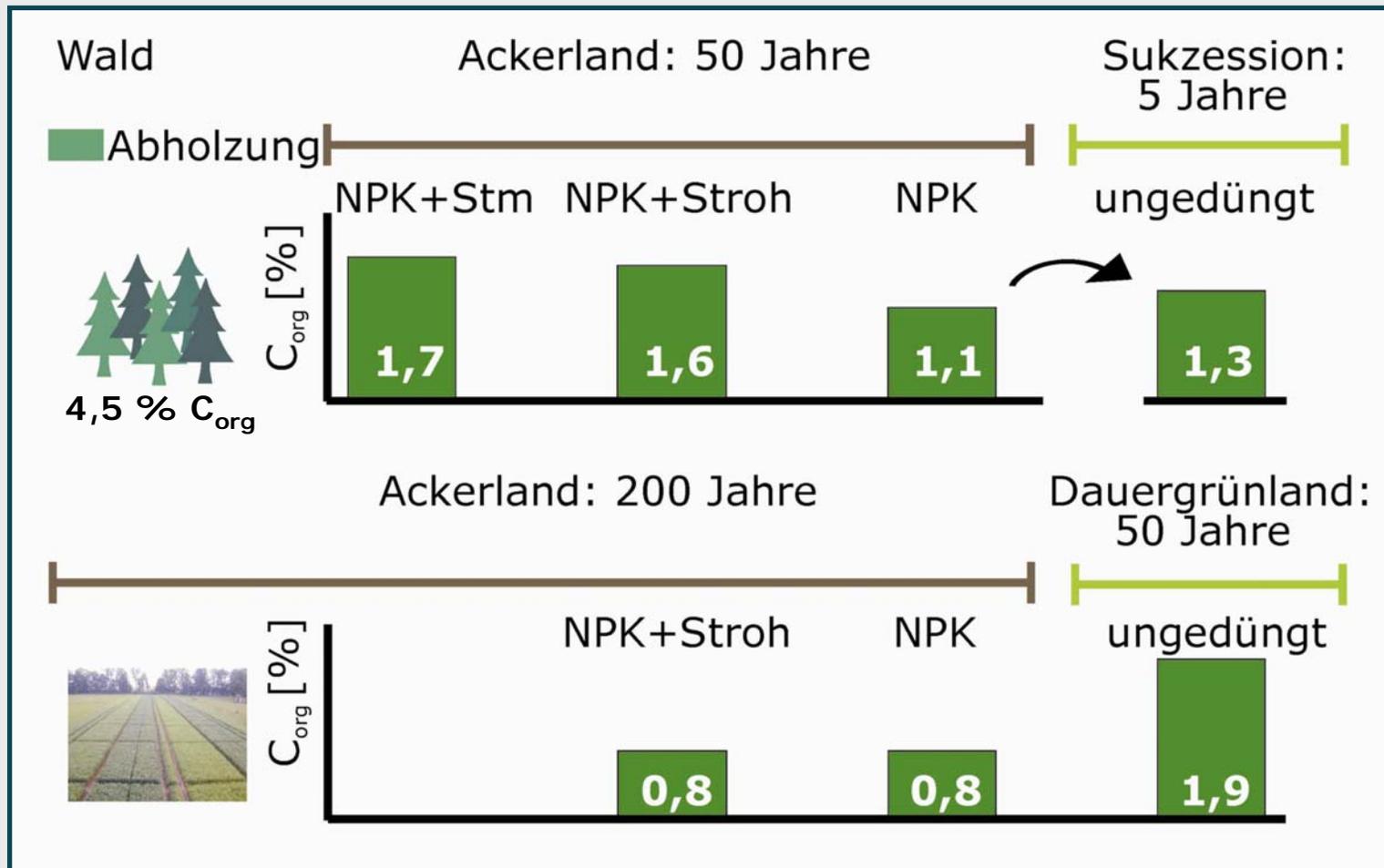
Fruchtfolge: ZR/ WW_{Zwfr}/ Abo/ WG

N-Bilanzsalden und Veränderungen im C_{org} -Gehalt (Dauerversuch Müncheberg)

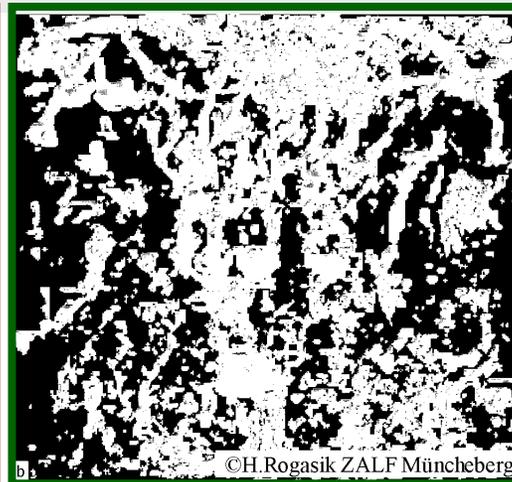
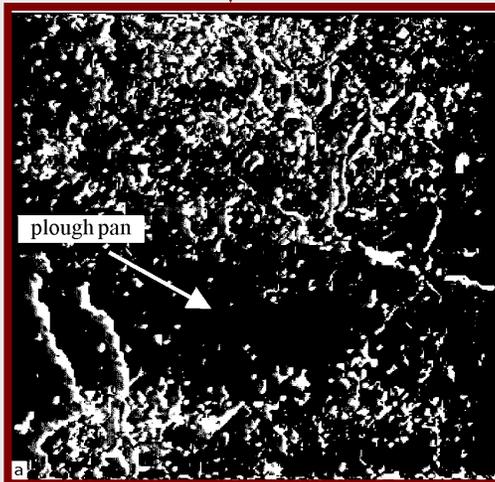
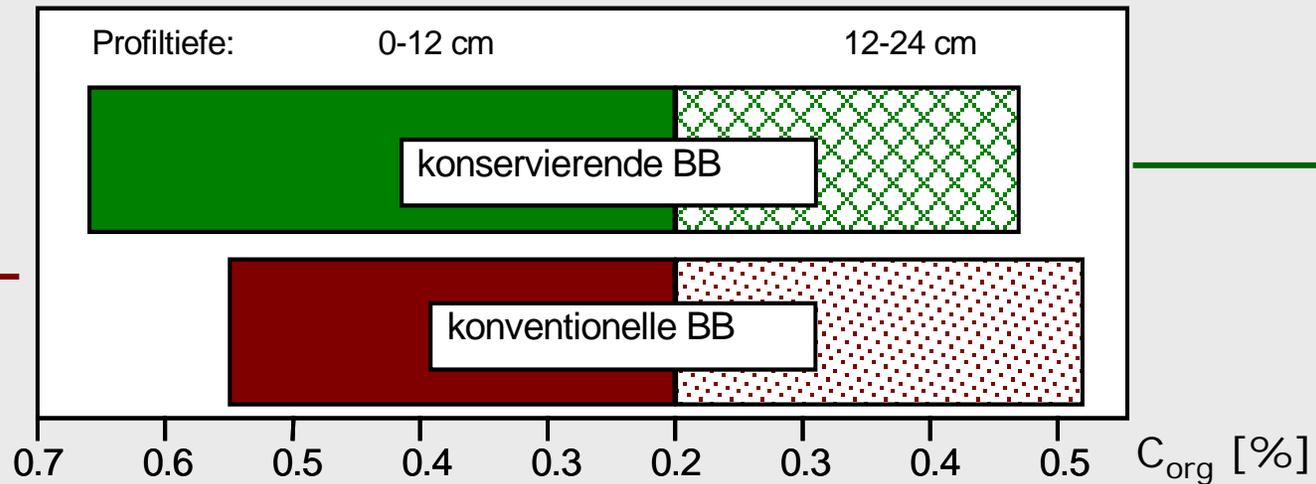


Einfluss von Landnutzungsänderungen auf den Humusgehalt im Oberboden

(Dauerversuch Braunschweig)



Einfluss der Bodenbearbeitungsintensität auf den Gehalt des Bodens an organischem Kohlenstoff (Dauerversuch Müncheberg)



Verband Deutscher Landwirtschaftlicher
Untersuchungs- und Forschungsanstalten

VDLUFA

Standpunkt

Humusbilanzierung

Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung
von Ackerland.

Die Bilanzierung von
Humusverbrauch und
Humusnachlieferung
ist das Grundprinzip der
Humuswirtschaft!

Sie ist für die Aufrechterhaltung
einer hohen Bodenfruchtbarkeit
unabdingbar!

Themen:

- I Bodenkunde, Pflanzenernährung und Düngung
- II Bodenuntersuchung
- X Bodenfruchtbarkeit und Agrarökologie

Arbeitsgemeinschaft des Standpunktes:

Prof. Dr. Dr. h.c. M. Körschens, Bad Lauchstädt
Dr. J. Rogasik, Braunschweig
Dr. E. Schulz, Halle/S.

Dr. H. Böning, Bad Lauchstädt
Prof. Dr. D. Eich, Bad Lauchstädt.
Dr. R. Ellerbrock, Müncheberg
Dr. U. Franko, Halle/S.
Prof. Dr. K.-J. Hülsbergen, Freising
Prof. Dr. D. Köppen, Rostock
Dr. H. Kolbe, Leipzig
Prof. Dr. G. Leithold, Giessen
Prof. Dr. I. Merbach, Halle/S.
Prof. Dr. Dr. h. c. H. Peschke, Berlin
W. Prystav, Potsdam
Dr. J. Reinhold, Kleinmachnow
J. Zimmer, Güterfelde

Unter Mitwirkung von:

Dr. Th. Ebertseder, Freising
Dr. R. Gutser, Freising
Dr. J. Heyn, Kassel
Prof. Dr. D. Sauerbeck, Braunschweig

Bonn, den 30. April 2004

Cross Compliance

Erhaltung der organischen Substanz im Boden und
der Bodenstruktur

Grenzwerte für den Erhalt der organischen Substanz im Boden bei der Bodenumusuntersuchung

Tongehalt im Boden $< 13\%$: Humusgehalt $> 1,0$ Prozent

Tongehalt im Boden $> 13\%$: Humusgehalt $> 1,5$ Prozent

Die nach Landesrecht zuständige Behörde kann wegen besonderer Standortgegebenheiten die Grenzwerte regional anpassen.

Prinzip der HUMUS - Bilanzierung

- Quantifizierung der Veränderungen der Bodenumhumusvorräte, die durch den Anbau verschiedener Kulturpflanzen entstehen
- Ausgleich der Fehlbeträge durch Gaben an organischen Materialien



Der erforderliche Bilanzausgleich (Humusbedarf) errechnet sich auf Grundlage der Humusbedarfsfaktoren unterschiedlicher Fruchtarten und der Humusersatzleistung organischer Dünger.

➤ 1 Humusäquivalent (Häq) entspricht 1 kg C in der humifizierten organischen Masse des Bodens.



➤ 1 t ROS entspricht der Humusersatzleistung von 1 t Rottemist-Trockenmasse, aus der nach der Humifizierung ca. 200 kg C im Boden verbleiben.

➤ 1 HE entspricht 1 t Humus-Trockenmasse, die etwa 580 kg C enthält.

Prinzip der HUMUS - Bilanzierung

Humusbedarf

+

Humusreproduktion

=

Humussaldo



Anbauspezifische
Veränderung der
Humusvorräte

+

Humusreproduktion
organischer
Materialien

*

Menge
organischer
Materialien

=

Humus-
versorgung

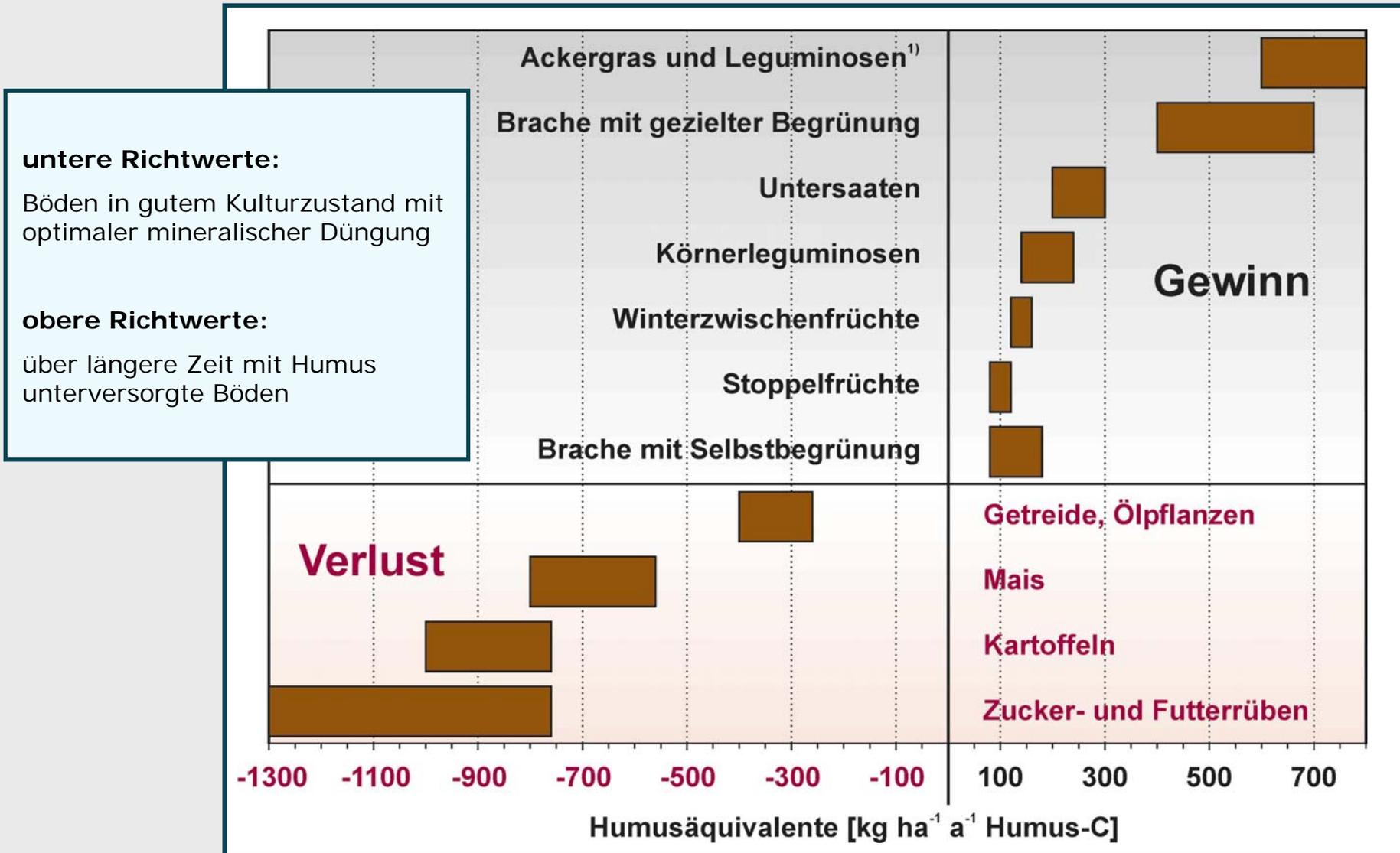
[kg ha⁻¹ a⁻¹ Humus-C]

[(kg Humus-C)(t Substrat)⁻¹]

[t ha⁻¹ a⁻¹]

[kg ha⁻¹ a⁻¹ Humus-C]

Anbauspezifische Veränderung der Humusvorräte von Böden

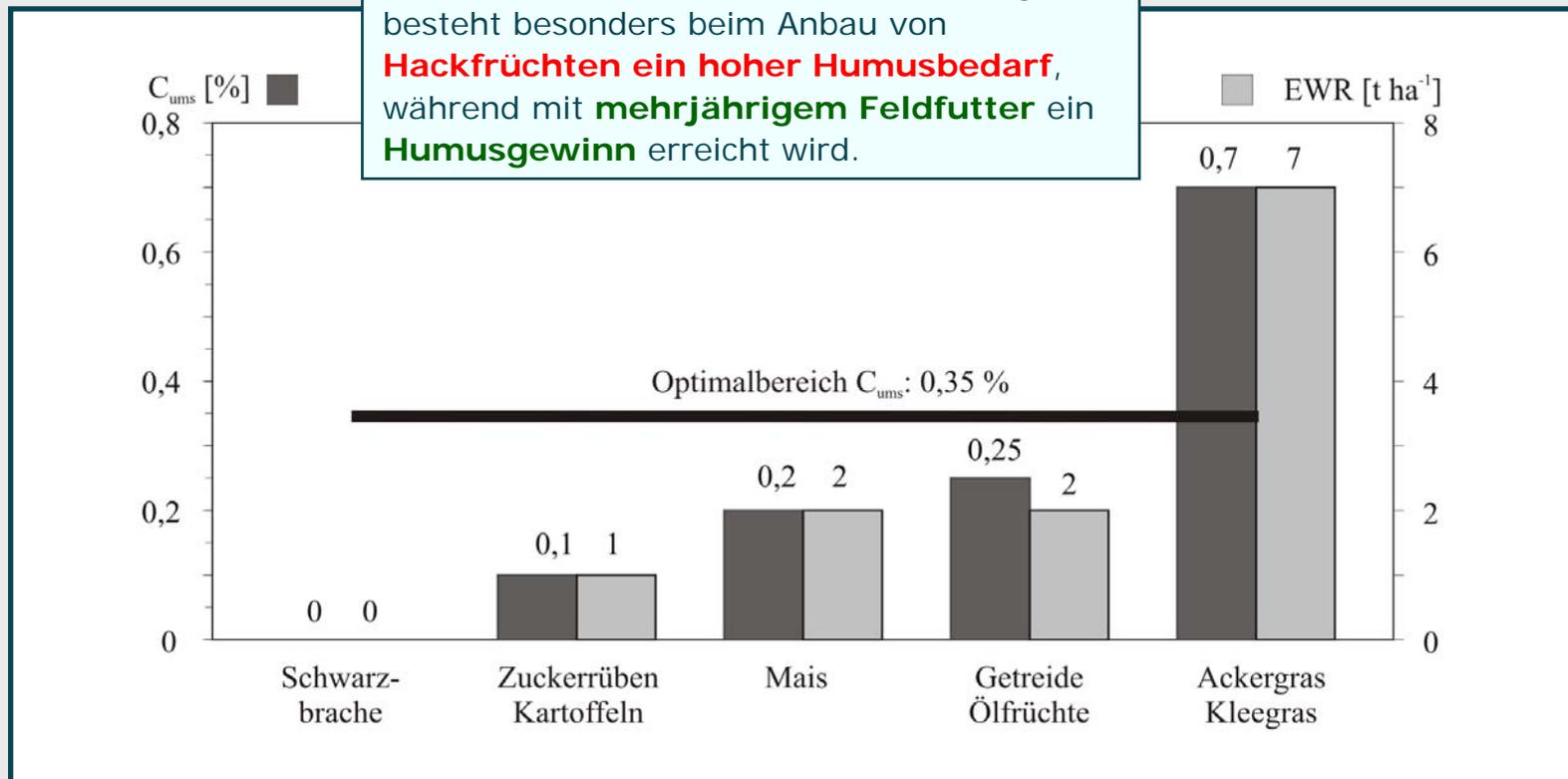


¹⁾ im Hauptnutzungsjahr

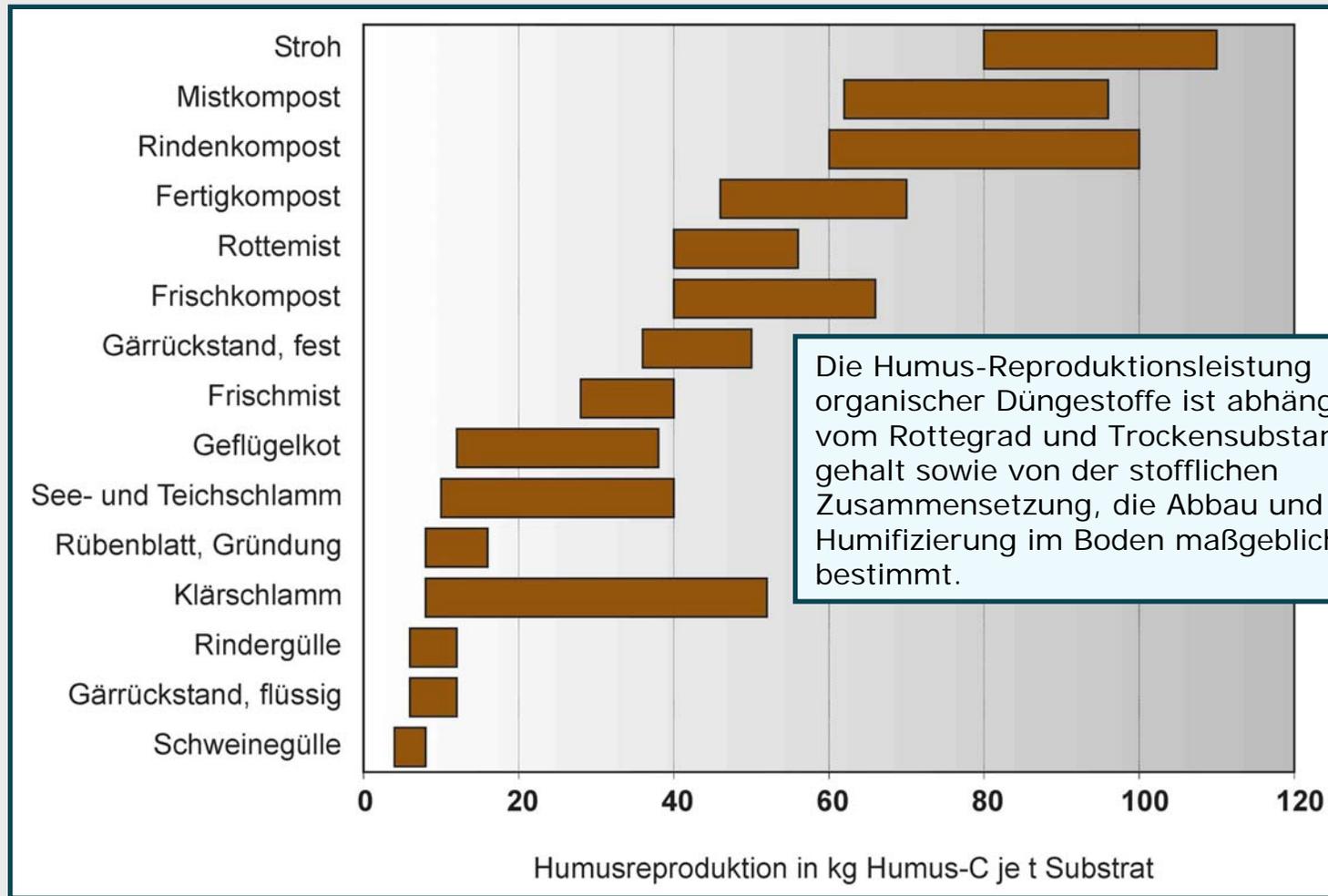
Beziehungen zwischen der Masse an Ernte- und Wurzelrückständen (EWR) und dem Gehalt des Bodens an umsetzbarem Kohlenstoff (C_{ums})

Mittel aus 22 Dauerfeldversuchen mit einer Laufzeit von 20-100 Jahren

Geringe Zufuhren an Ernte- und Wurzelrückständen bedingen niedrige Gehalte an umsetzbarem Kohlenstoff. Demzufolge besteht besonders beim Anbau von **Hackfrüchten ein hoher Humusbedarf**, während mit **mehnjährigem Feldfutter** ein **Humusgewinn** erreicht wird.

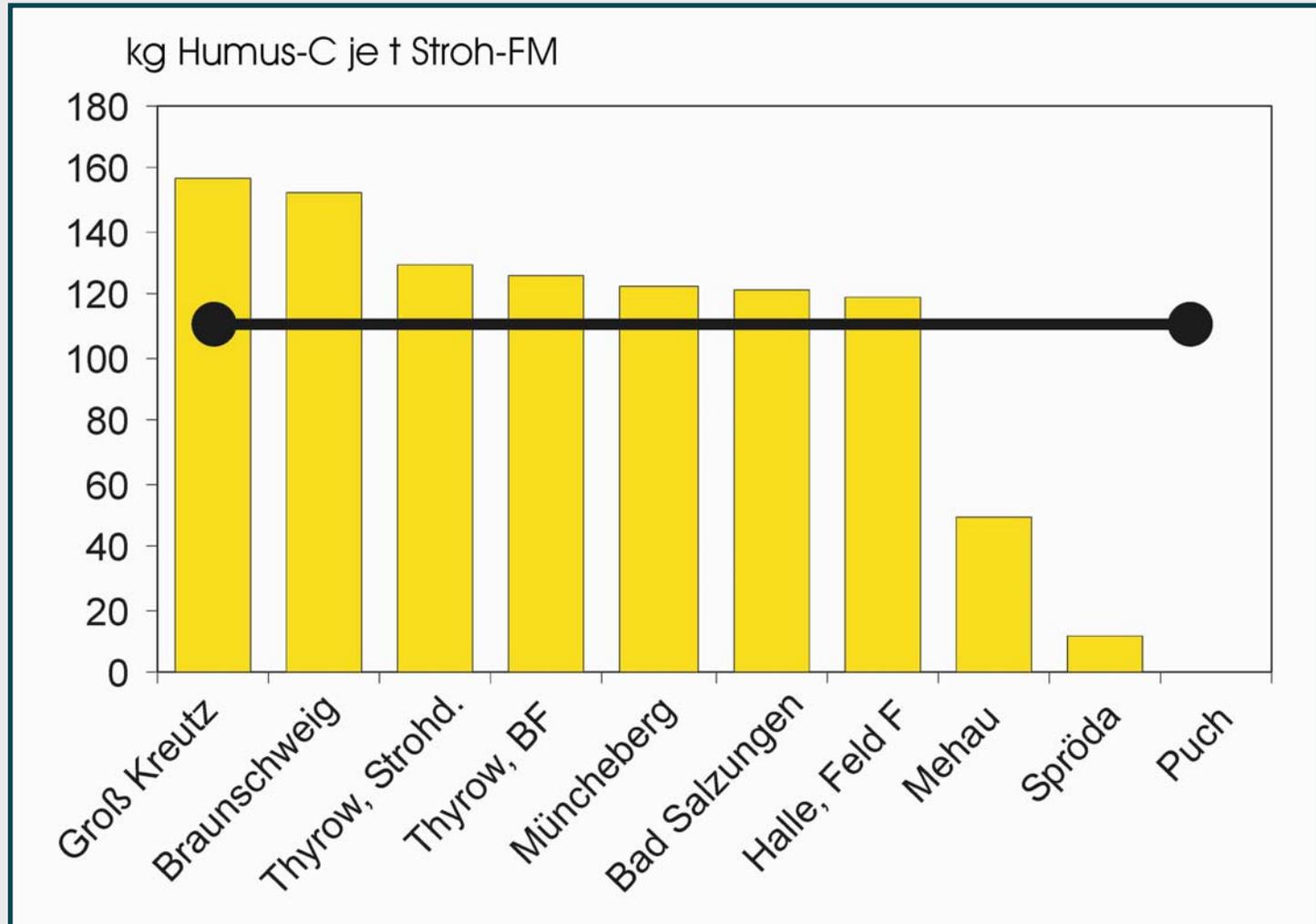


Humusreproduktionsleistung organischer Dünger¹⁾



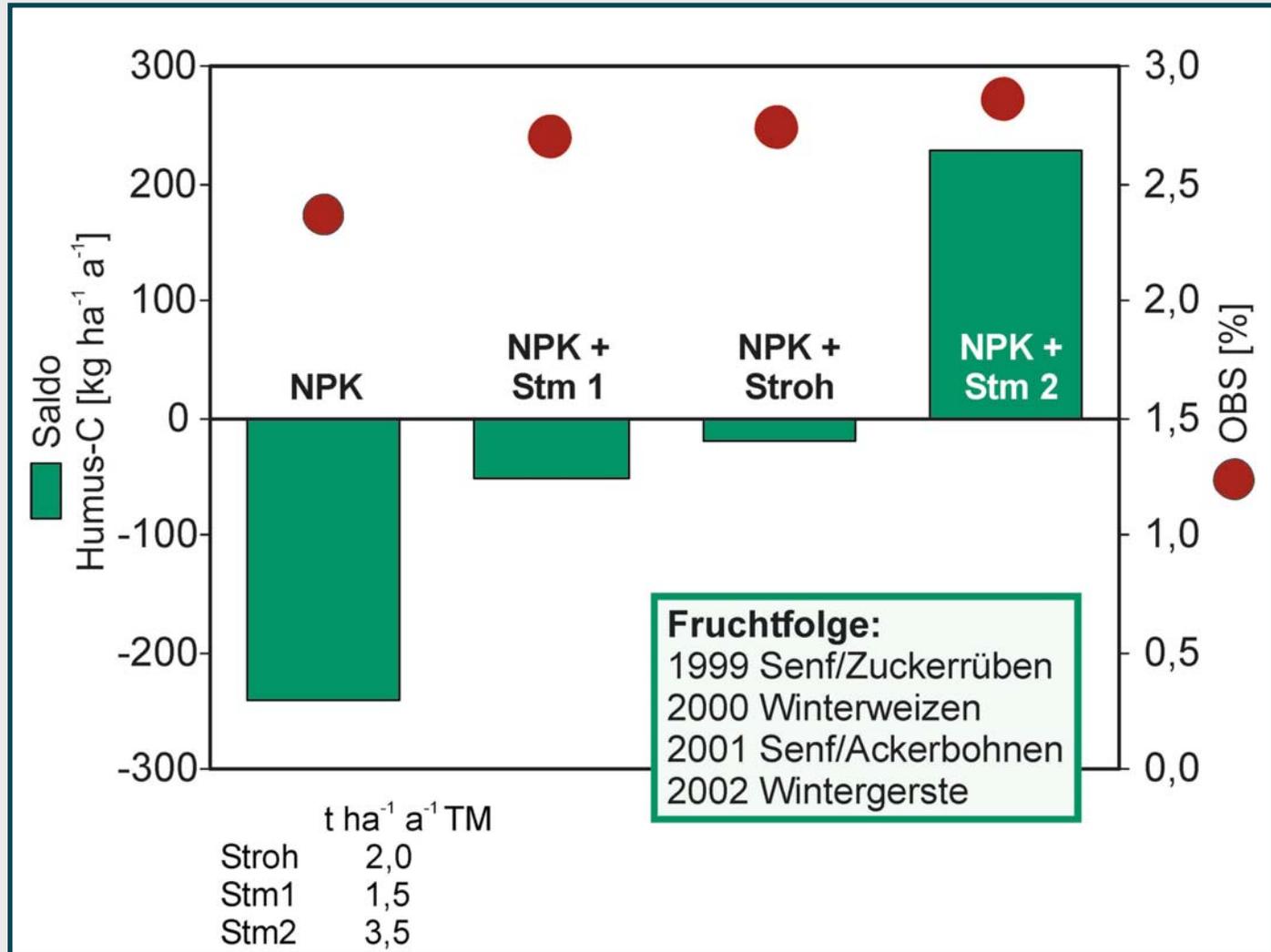
¹⁾ Spanne ergibt sich aus unterschiedlichem TS-Gehalt

Reproduktionswirksamkeit von Stroh



Humusbilanz und Entwicklung der organischen Bodensubstanz (OBS)

(Dauerversuch Braunschweig)



Experimentell ermittelter und bilanzierter Humusbedarf für die Optimalvarianten von Dauerfeldversuchen

Versuchsort	Anlagejahr	Optimale Humusgehalte im Versuch [%]	Humusbedarf [t ha ⁻¹ a ⁻¹ Stallung-Rottemist]	
			experimentell ermittelt	bilanziert
Bad Lauchstädt ¹⁾	1902/1978	3,6	10	13
Methau ²⁾	1966	2,4	10	13
Spröda ²⁾	1966	1,4	10	13
Müncheberg ³⁾	1962	1,1	8	13
Braunschweig ³⁾	1952	2,9	10	13
Groß Kreutz ^{4) 5)}	1967	1,1	10-15	13
Thyrow ⁶⁾	1938	1,1	10	10,2
Speyer ⁷⁾	1958/1983...	1,6	15	12,7
Mittel		1,9	10,7	12,6

¹⁾ Körschens et al., 1994, Rathke et al., 2002, ²⁾ Albert, 1999 ³⁾ Rogasik, 2003, ⁴⁾ Asmus, 1995,

⁵⁾ Zimmer und Roschke, 2001, Zimmer u. Prystav, 2003 ⁶⁾ Lettau u. Ellmer, 1997 ⁷⁾ Bischoff, 2003

Bewertung der Humussalden

Humussaldo		Bewertung
Humus-C kg ha ⁻¹ a ⁻¹	Gruppe	
< -200	A sehr niedrig	ungünstige Beeinflussung von Bodenfunktionen und Ertragsleistung
-200 bis -76	B niedrig	mittelfristig tolerierbar, besonders auf mit Humus angereicherten Böden
-75 bis 100	C optimal	optimal hinsichtlich Ertragssicherheit bei geringem Verlustrisiko langfristig Einstellung standortangepasster Humusgehalte
101 bis 300	D hoch	mittelfristig tolerierbar, besonders auf mit Humus verarmten Böden
> 300	E sehr hoch	erhöhtes Risiko für Stickstoff-Verluste, niedrige N-Effizienz

Umrechnungsfaktoren: 1t ROS ~ ca. 200 kg Humus-C

1HE ~ ca. 580 kg Humus-C

Cross Compliance

Erhaltung der organischen Substanz im Boden und der Bodenstruktur

- Die Humusbilanz darf im Durchschnitt von drei Jahren nicht unter einen Wert von **-75 kg Humus-C** pro Hektar und Jahr absinken.
- Liegt der bilanzierte Wert im Durchschnitt der letzten 3 Jahre unter dieser Grenze, besteht die Verpflichtung, an einer Beratungsmaßnahme teilzunehmen, die Möglichkeiten aufzeigt, wie die Humusbilanz bzw. der Bodenumusgehalt verbessert werden kann.
- Spätestens im zweiten darauf folgenden Jahr muss der Landwirt durch eine Humusbilanz nachweisen, dass seine Ackerflächen durch Anpassung der Bewirtschaftung den vorgegebenen Grenzwert der Humusbilanz von **-75 kg Humus-C** pro Hektar und Jahr nicht unterschreiten.

Humusbilanzierung für unterschiedliche Fruchtfolgen

Humusbedarf der Fruchtfolge		Humusreproduktion		Humussaldo	Humusbilanzklasse
Angaben in kg ha ⁻¹ a ⁻¹ Humus-Kohlenstoff					
Zuckerrüben	-760	80 t Rübenblatt	+640	-227	A sehr niedrig
Winterweizen	-280				
Winterweizen	-280				
Zuckerrüben	-760	80 t Rübenblatt	+640	+277	D hoch
Winterweizen	-280	7 t Stroh	+770		
Winterweizen	-280	6 t Stroh + Stoppelfrucht	+740		
Raps	-280			-23	C optimal
Winterweizen	-280				
Wintergerste	-280	7 t Stroh	+770		
Raps	-280/+100	20 t Güllefeststoff	+800	+406	E sehr hoch
Rotklee	+600				
Rotklee	+600				
Winterweizen	-280				
Wintergerste	-280	7 t Stroh	+770		



- Die Kenntnis optimaler Versorgung des Bodens mit organischer Substanz als Voraussetzung für eine nachhaltige Bodennutzung ist dringend erforderlich.
- Die Ableitung der Faktoren für die Humusbilanzierung basieren auf Ergebnissen von Dauerversuchen. Ihre Erhaltung ist nicht zuletzt deshalb für die Landwirtschafts-, Umwelt- und Ernährungsforschung unerlässlich.
- Die Humusbilanzierung sollte in allen landwirtschaftlichen Betrieben als integraler Indikator für die Gewährleistung von Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit der Agrarproduktion angewendet werden.



**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**

Anbauspezifische **Veränderung** der **Humusvorräte** von Böden in Humusäquivalenten [kg ha⁻¹ a⁻¹ Humus-C]

Hauptfruchtarten	Humus-C (kg ha⁻¹) Verlust (-) oder Gewinn (+)	
	untere Werte	obere Werte
Zucker- und Futterrübe, einschließlich Samenträger	-760	-1300
Kartoffeln und 1. Gruppe Gemüse / Gewürz- und Heilpflanzen ^{*)}	-760	-1000
Silomais, Körnermais und 2. Gruppe Gemüse / Gewürz / Heilpflanzen ^{*)}	-560	-800
Getreide einschließlich Öl- und Faserpflanzen, Sonnenblumen sowie 3. Gruppe Gemüse / Gewürz- u. Heilpflanzen ^{*)}	-280	-400
Körnerleguminosen	160	240
<p><i>Bedarfsfaktoren für Zucker- und Futterrüben, Getreide einschließlich Körnermais und Ölfrüchten ohne Koppel(Nebenernte)produkte; bei den restlichen Fruchtarten ist die Humusersatzleistung der Koppelprodukte in den Bedarfsfaktoren berücksichtigt.</i></p>		

Anbauspezifische **Veränderung der Humusvorräte** von Böden in Humusäquivalenten [kg ha⁻¹ a⁻¹ Humus-C]

Mehrjähriges Feldfutter	Humus-C (kg ha⁻¹) Gewinn (+)	
	Untere Werte	Obere Werte
Ackergras, Leguminosen, Leguminosen-Gras-Gemenge, Vermehrung und 4. Gruppe Gemüse / Gewürz / Heilpflanzen ^{*)}		
je Hauptnutzungsjahr	600	800
im Ansaatjahr		
als Frühjahrsblanksaat	400	500
bei Gründeckfrucht	300	400
als Untersaat	200	300
als Sommerblanksaat	100	150

Anbauspezifische **Veränderung der Humusvorräte** von Böden in Humusäquivalenten [kg ha⁻¹ a⁻¹ Humus-C]

Zwischenfrüchte	Humus-C (kg ha⁻¹) Gewinn (+)	
	Untere Werte	Obere Werte
Winterzwischenfrüchte	120	160
Stoppelfrüchte	80	120
Untersaaten	200	300

Anbauspezifische **Veränderung der Humusvorräte** von Böden in Humusäquivalenten [kg ha⁻¹ a⁻¹ Humus-C]

Brachesysteme (ohne Abfuhr)	Humus-C (kg ha⁻¹) Gewinn (+)
Selbstbegrünung <ul style="list-style-type: none"> ● ab Herbst ● ab Frühjahr des Brachejahres 	<p style="text-align: right;">180</p> <p style="text-align: right;">80</p>
Gezielte Begrünung <ul style="list-style-type: none"> ● ab Sommer der Brachlegung incl. dem folgenden Brachejahr ** ● ab Frühjahr des Brachejahres 	<p style="text-align: right;">700</p> <p style="text-align: right;">400</p>
** gilt auch für jedes weitere, nachfolgende Jahr der Stilllegung.	

Humus-Reproduktionsleistung von **Stalldung**

Material		TM %	Humus-Reproduktion (kg Humus-C) (t Substrat) ⁻¹
Stalldung	Festmist	20	28
		30	40
	Rottemist, Güllefeststoff	25	40
		35	56
	Mistkompost	35	62
	55	96	

Humus-Reproduktionsleistung von Pflanzenmaterial

Material		TM %	Humus-Reproduktion (kg Humus-C) (t Substrat) ⁻¹
Pflanzenmaterial	Stroh	86	80 bis 110
	Gründüngung, Rübenblatt	10	8
	Grünschnitt	20	16

Humus-Reproduktionsleistung von **Gülle**

Material		TM %	Humus-Reproduktion (kg Humus-C) (t Substrat) ⁻¹
Gülle	Schwein	4	4
		8	8
	Rind	4	6
		7	9
		10	12
	Geflügelkot	15	12
	25	22	
	35	30	
	45	38	

Humus-Reproduktionsleistung von **Bioabfall**

Material		TS %	Humus-Reproduktion (kg Humus-C) (t Substrat) ⁻¹
Bioabfall	nicht verrottet	20	30
		40	62
Frischkompost		30	40
		50	66
Fertigkompost		40	46
		50	58
		60	70

Humus-Reproduktionsleistung von **Gärrückständen**

Material		TS %	Humus-Reproduktion (kg Humus-C) (t Substrat) ⁻¹
Gärrückstände	flüssig	4	6
		7	9
		10	12
	fest	25	36
		35	50
	Kompost	30	40
60		70	

Reproduktionswirksamkeit von Stroh im Vergleich zu Stalldung

(Beispiel: Bodenfruchtbarkeitsversuch Thyrow, 56 Versuchsjahre, Lettau & Ellmer, 1997)

org. Düngung		Häq	C _{org} %			
Art	t ha ⁻¹ a ⁻¹ FM	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	Ist -Wert	Differenz zu NPK	Sollwert	Ist-Soll
NPK	0	0	0,34	-	-	-
NPK+Stalldung	10	400	0,53	0,19	-	-
NPK+Stroh	2,7	297	0,50	0,16	0,14	+0,02

