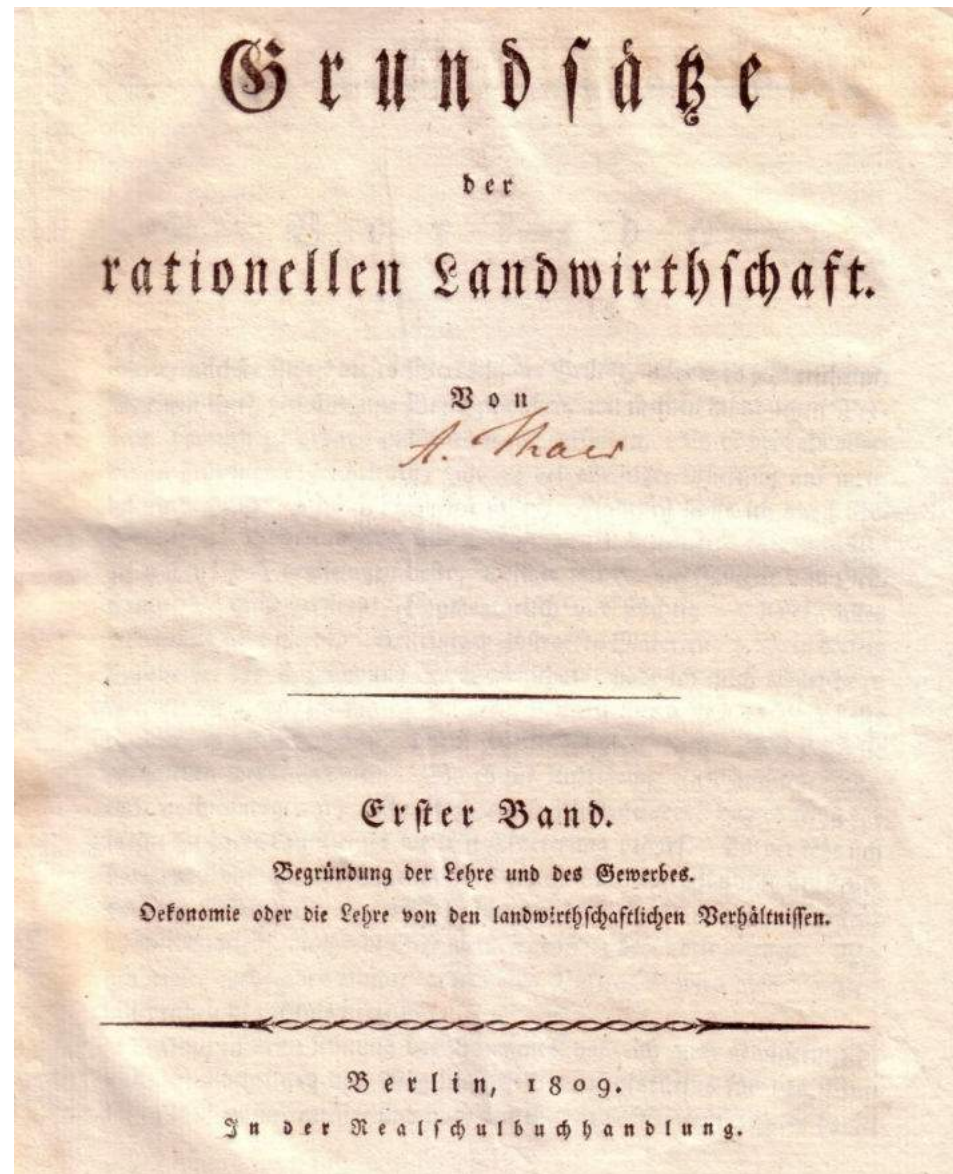


Frank Ellmer

unter Mitarbeit von Michael Baumecker, Thomas Döring, Thomas Gäbert,
Julian Klepatzki, Jörg Zimmer

Dauerfeldversuche als Forschungsbasis im Ackerbau: Stand und Perspektiven





Gutshaus und -park von A. D. Thaer in Möglin,
Kreis Märkisch-Oderland, Brandenburg

(Ellmer 2012)

Begründung der Lehre,

99

§. 19.

Erfahrungen machen wir, entweder durch bloße

Beobachtung, indem wir die von selbst zusammentreffenden Körper und Potenzen und deren Einwirkung auf einander gehörig beachten, und das Resultat bemerken; oder durch

Versuche, indem wir wohlbekannte Dinge in genau bestimmten Verhältnissen zusammenbringen, ihre Wechselwirkung beachten, und dabei möglichst verhüten, daß nichts Fremdes oder Unbekanntes, was Einfluß auf den Erfolg haben kann, sich einmische.

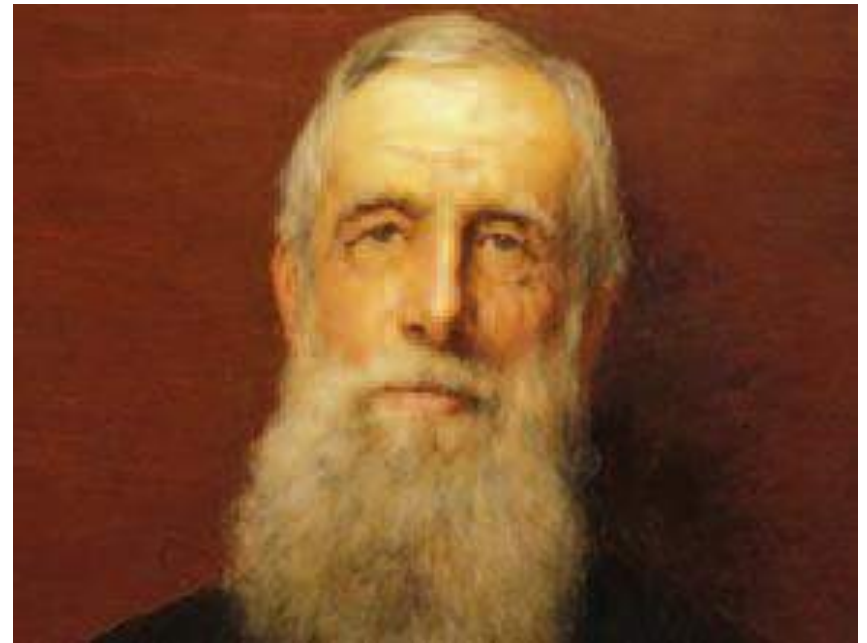
Ein Versuch ist eine der Natur vorgelegte Frage, worauf sie, wenn er gehörig eingerichtet ist, durchaus eine Antwort — sey es auch nur durch Ja oder Nein — geben muß.

Definition des landwirtschaftlichen Versuchs

Die Begründer von Rothamsted, 1840



Sir Joseph Henry Gilbert



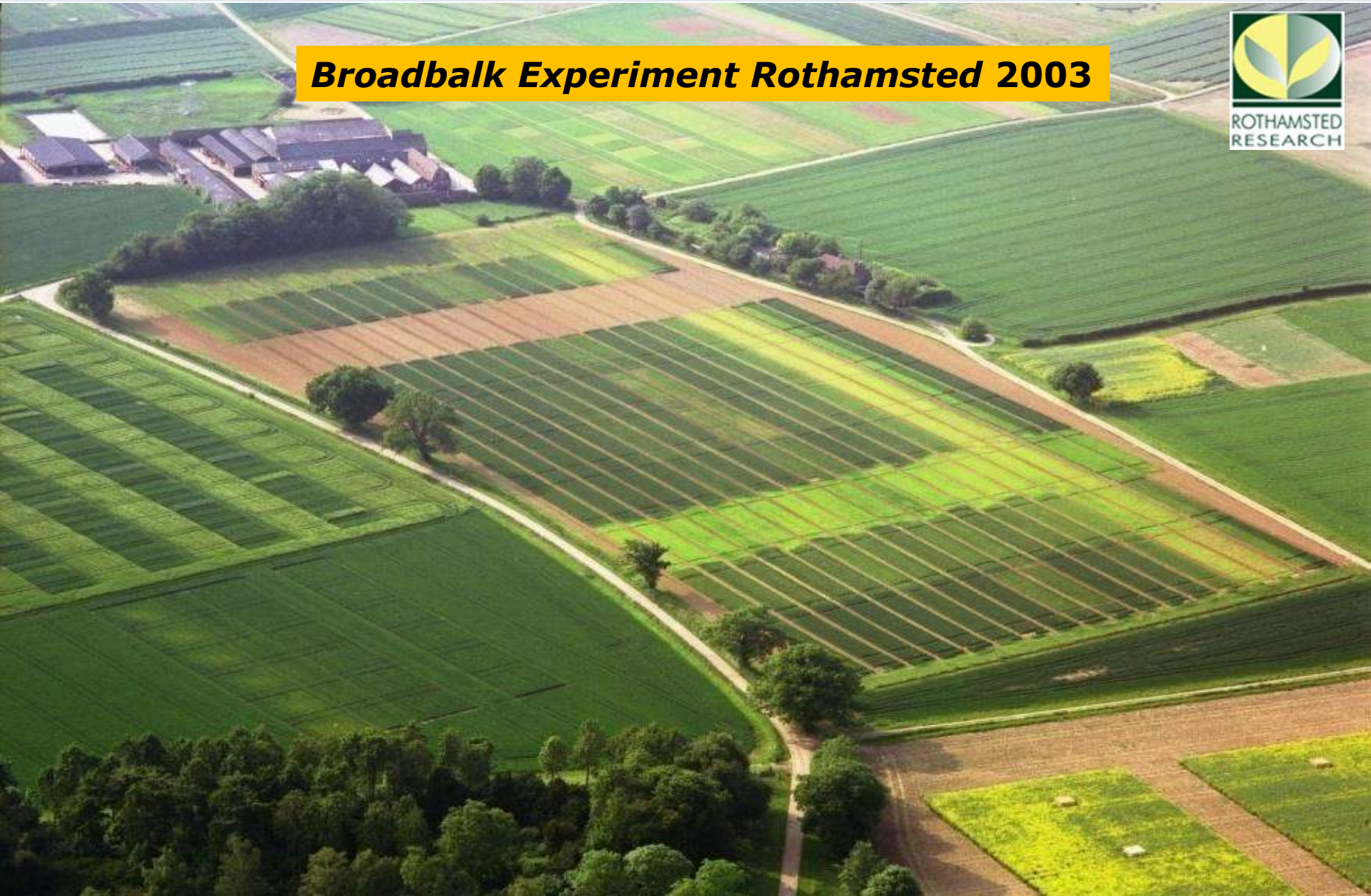
Sir John Bennet Lawes

Dauerfeldversuch
Broadbalk Experiment Rothamsted
Begründet durch Gilbert & Lawes 1843



Aufnahme 1925

Broadbalk Experiment Rothamsted 2003

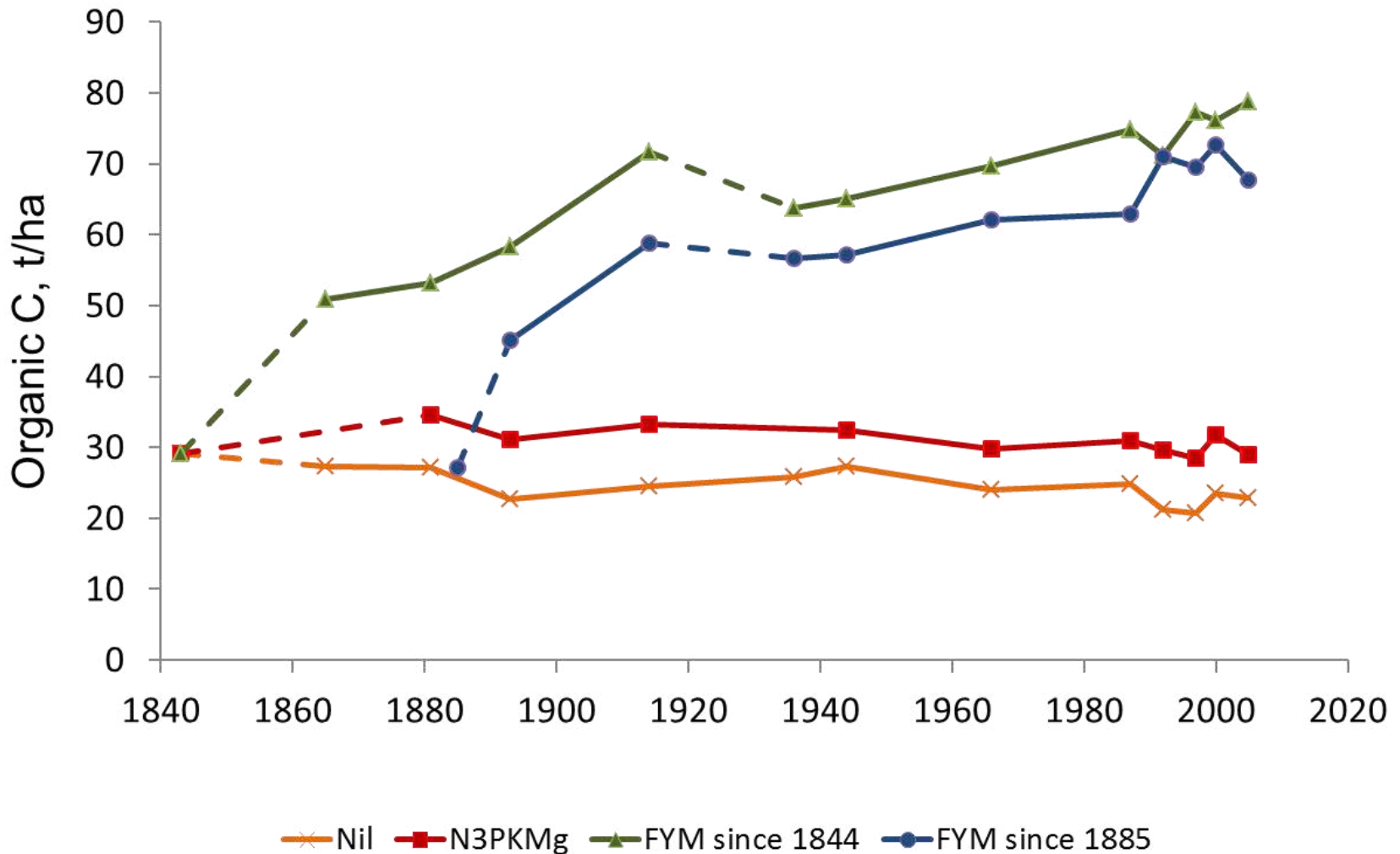


Broadbalk Experiment Rothamsted 2009
(Ellmer 2009)



Kohlenstoffvorrat im Oberboden (t ha^{-1})

Broadbalk Experiment; Poulton, P. 2012



Anfänge des Versuchswesens in Deutschland

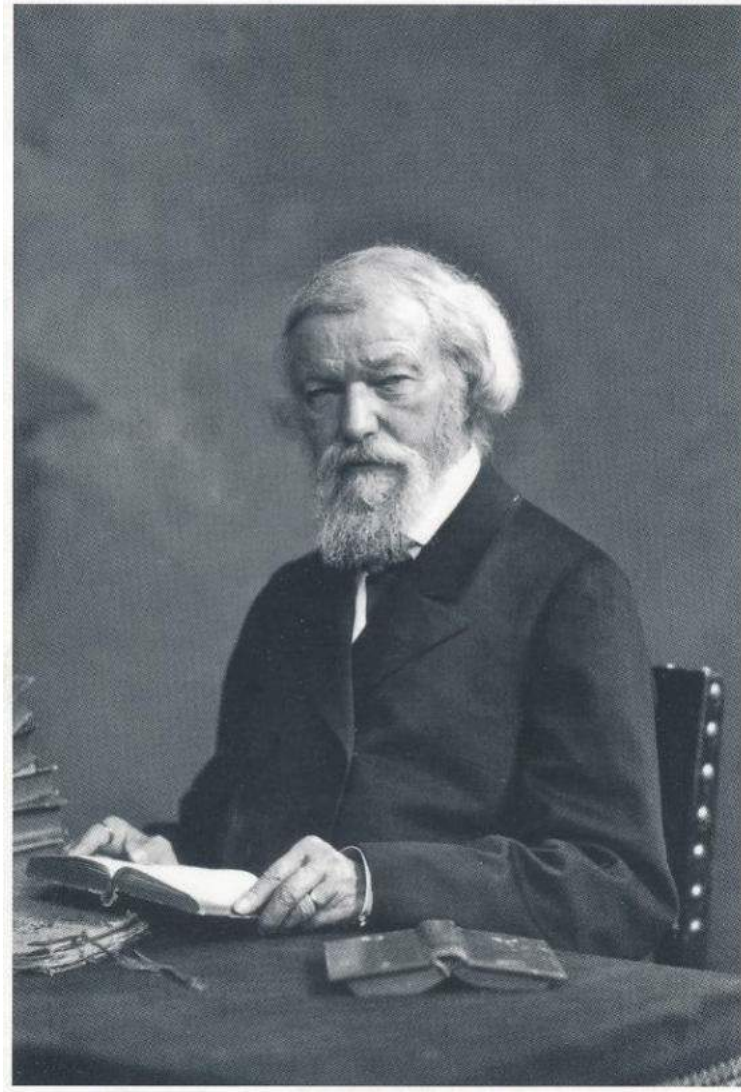
Emil von Wolff

1851-1853:

Leiter der Landwirtschaftlichen Versuchsstation Möckern bei Leipzig

***„Die naturgesetzlichen Grundlagen des Ackerbaus
nebst deren Bedeutung für die Praxis“***

Leipzig 1851/52



Julius Kühn 1825 – 1910
Begründer des Landwirtschaftlichen Instituts
der Universität Halle; 1863

Versuchsstruktur



6	Stallmistdüngung 2; seit 1961 ungedüngt
5	N-Düngung
4	PK-Düngung
3	NPK-Düngung
2	Ungedüngte Kontrolle
1	Stallmistdüngung 1

„Ewiger Roggenbau“ am 15. Juni 2013
(Ellmer 2013)



„Ewiger Roggenbau“ am 15. Juni 2013
(Ellmer 2013)

NPK

N60 kg ha⁻¹

P24 kg ha⁻¹

K75 kg ha⁻¹

bis 1990 40 kg ha⁻¹ N

**Erträge von Winterroggen im Versuch „Ewiger Roggenbau“ (Halle/Saale)
in Monokultur und Fruchtwechsel;
Mittel 1991–2009 (EISSNER & SCHMIDT 2009)**

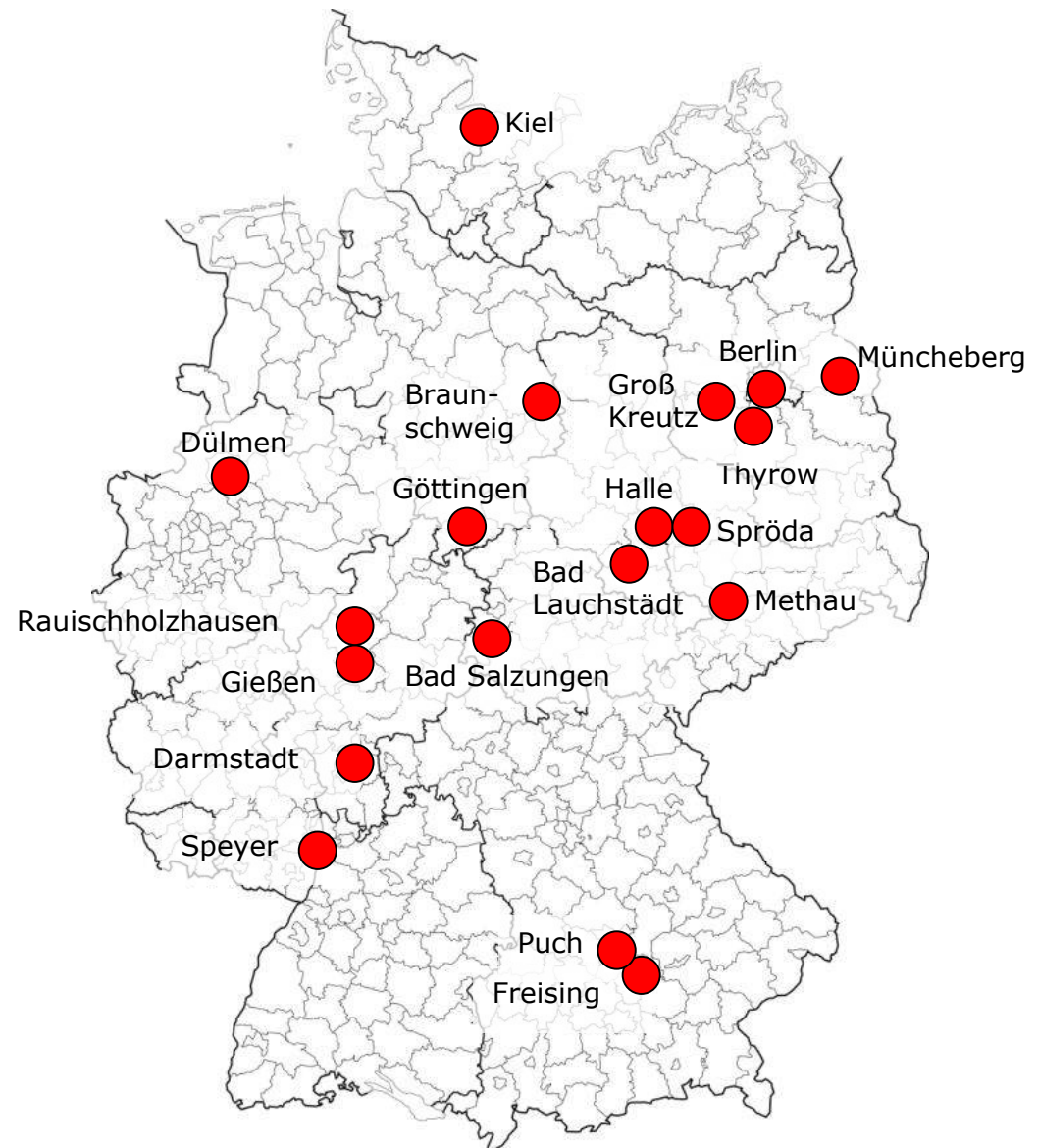
Düngungs-varianten	Dünger (kg ha ⁻¹)				Erträge (dt ha ⁻¹)		Differenz (%)
	Stall- mist	N	P	K	Mono- kultur	Frucht- wechsel	
Ungedüngt	0	0	0	0	20,3	30,6	50,7
-PK	0	0	24	75	23,6	30,7	30,1
Stallmist	12000	60	20	60	41,3	56,8	37,5
NPK	0	60	24	75	47,4	58,8	24,1
NPK+Stallmist	12000	60+60	24+20	75+60	53,2	63,2	18,8

Dauerfeldversuche in Deutschland und ihre Rolle in der agronomischen Forschung

Standorte von Dauerfeldversuchen in Deutschland

Dauerfeldversuche werden in Deutschland unterhalten von:

- Universitäten
- Außeruniversitären
Forschungseinrichtungen
- Bundesforschungseinrichtungen
- Landeseinrichtungen
- Forschungseinrichtungen der Industrie
- Verbänden



Ergebnisse und Erkenntnisse auf der Basis von Dauerfeldversuchen

Nährstoffhaushalt und pH-Wert von Böden

- Optimalgehalte, Sollwerte, Grenzwerte für Makro- und Mikronährelemente

Humushaushalt von Böden

- Richtwerte für Optimalgehalte
- Grundlagen von Humusbilanzen

Fruchtfolge-Regeln

- Konzentrationsgrade von Fruchtarten
- Vorfrucht- und Fruchtfolgewirkungen

Klimawirkungsforschung

- Ertragsvariabilität von Nutzpflanzen
- Anpassungsstrategien

Zukünftige Ansätze für Forschung in Dauerfeldversuchen

Biologisierung des Ackerbaus

- Aufklärung bodenmikrobiologischer Zustandsgrößen in Böden
- Optimierung der mikrobiellen Umsatzleistungen in Böden
- Nährstoffversorgung von Pflanzenbeständen bei reduziertem externen Input
- Biologischer Pflanzenschutz
- ...

Globaler Wandel

- Vernetzung von Bodendauerbeobachtung und Dauerfeldversuchen
- Auswirkungen sich ändernder klimatischer Bedingungen auf Böden
- Krankheits-, Schädlings- und Nützlingsentwicklung
- ...

Beispiele aus der aktuellen Forschung

Statischer Nährstoffmangelversuch Thyrow

Anlagejahr	1937
Versuchsaufbau	Blockanlage mit 4 Wiederholungen
Prüfgliedanzahl	8
Versuchsfläche	2304 m ²
Fruchtfolge	Kartoffeln-Sommergerste-Silomais-Sommergerste

Ausgewählte Prüfglieder

- 1 Ungedüngte Kontrolle
- 2 Stallmist, ohne Kalk
- 3 NPK, mit Stallmist und Kalk
- 4 NPK, mit Kalk
- 5 NPK, ohne Kalk

Düngung (kg ha⁻¹)

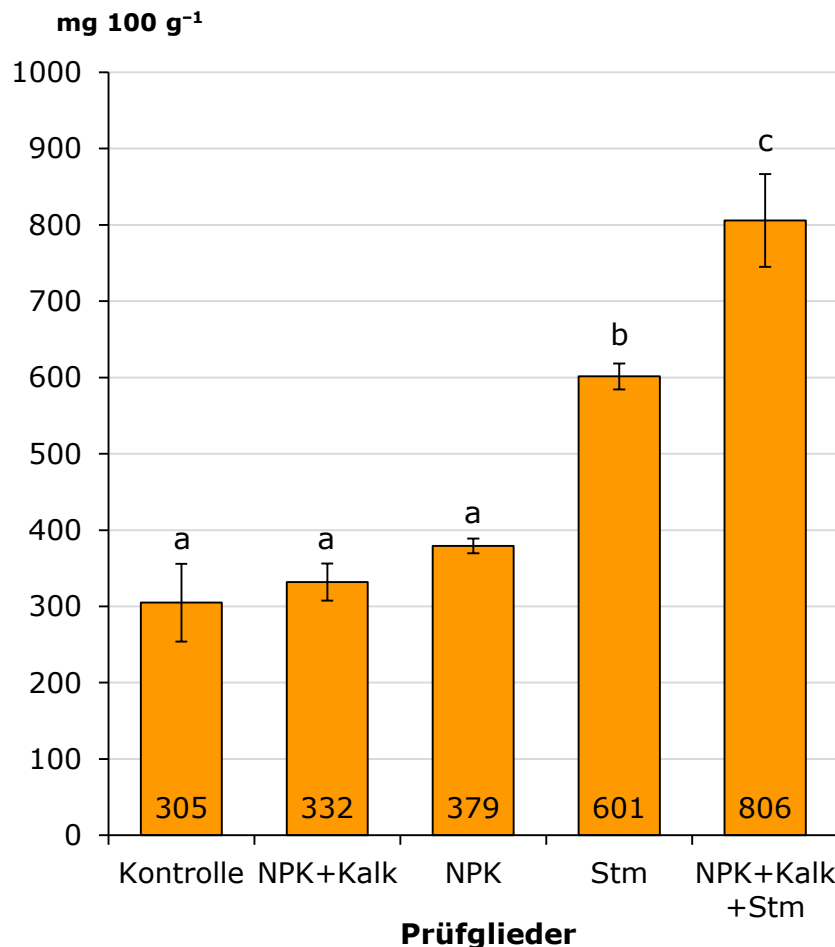
N	60/90
P	24
K	100
Kalk	nach Bedarf*
Stallmist	30000**

*pH-Ziel 5,5 – 5,8

**jedes zweite Jahr zur Hackfrucht
(Baumecker 2007; Gäbert 2014)

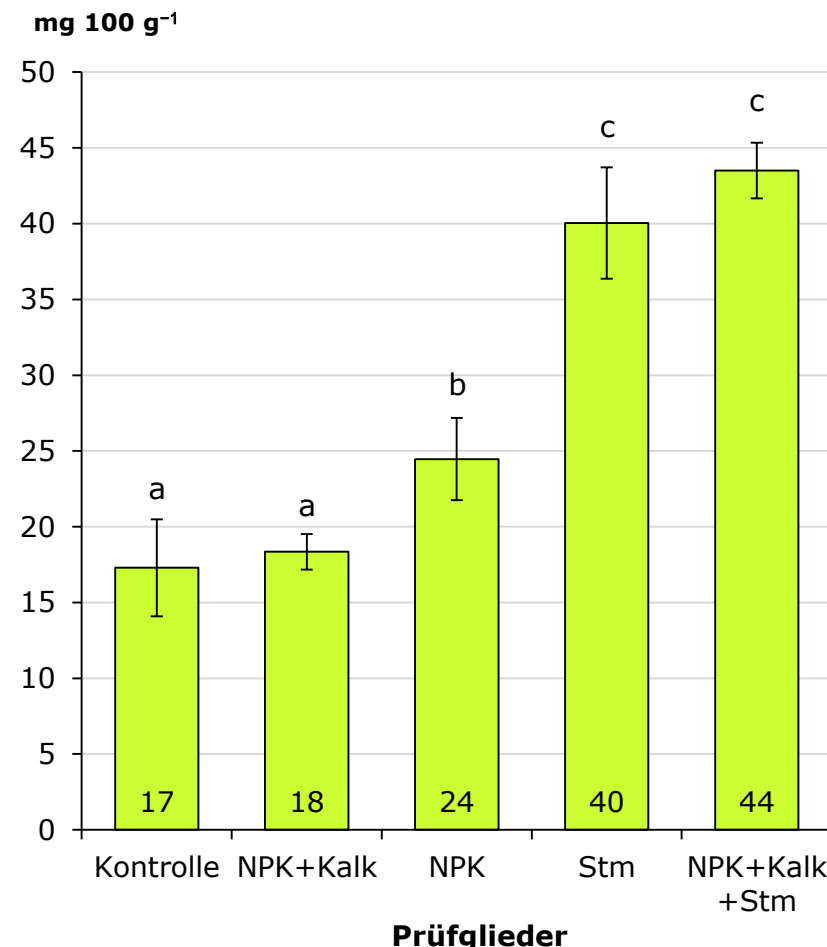
C_{org} -Gehalt

Verbrennungsmethode nach DUMAS



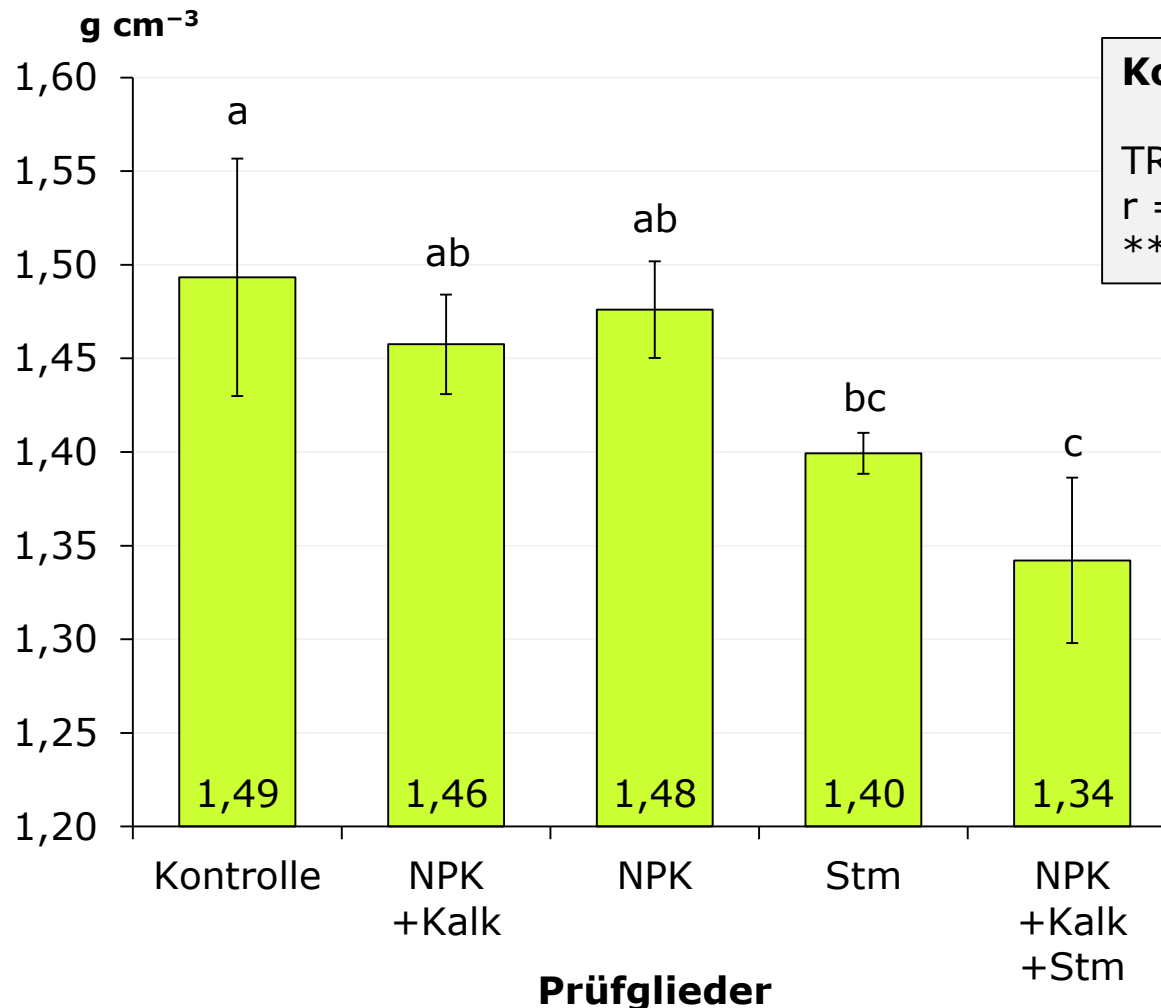
C_{hwl} -Gehalt

VDLUFA Methode



Mittelwerte \pm Standardabweichungen; unterschiedliche Buchstaben innerhalb eines Untersuchungsparameters kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Kohlenstoffgehalte; Tukey-Test mit $\alpha=0,05$; n=4 (Gäbert 2014)

Trockenrohdichte



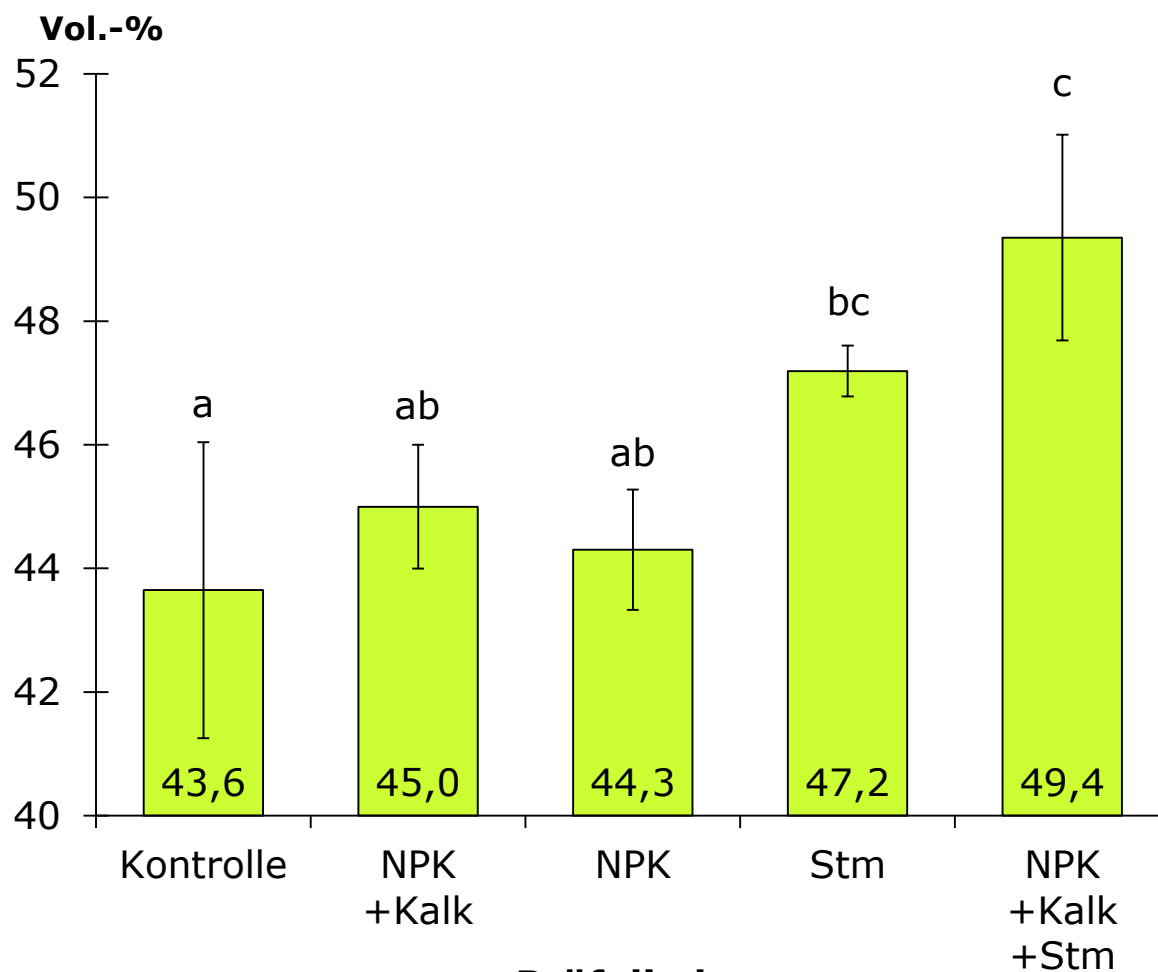
Korrelation mit C_{org}:

$$\text{TRD} = -0,0003 C_{\text{org}} + 1,57$$
$$r = -0,86^{***}$$

*** signifikant für $p \leq 0,001$

Mittelwerte \pm Standardabweichungen; unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Trockenrohdichte; Tukey-Test mit $\alpha=0,05$; $n=4$ (Gäbert 2014)

Gesamtporenvolumen



Korrelation mit C_{org} :

$$GPV = 0,01 C_{org} + 40,64$$

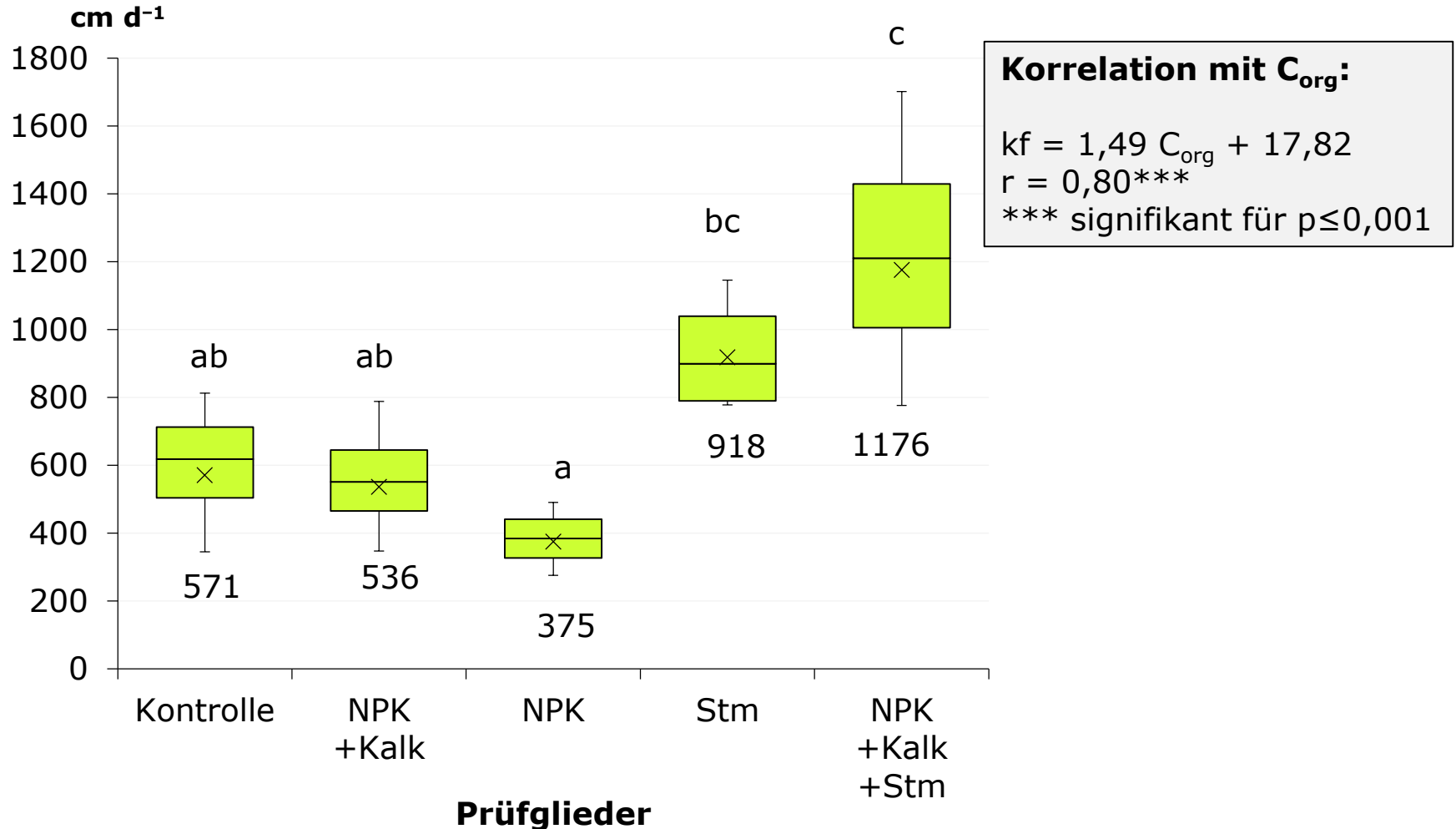
$$r = 0,86^{***}$$

*** signifikant für $p \leq 0,001$

Prüfglieder

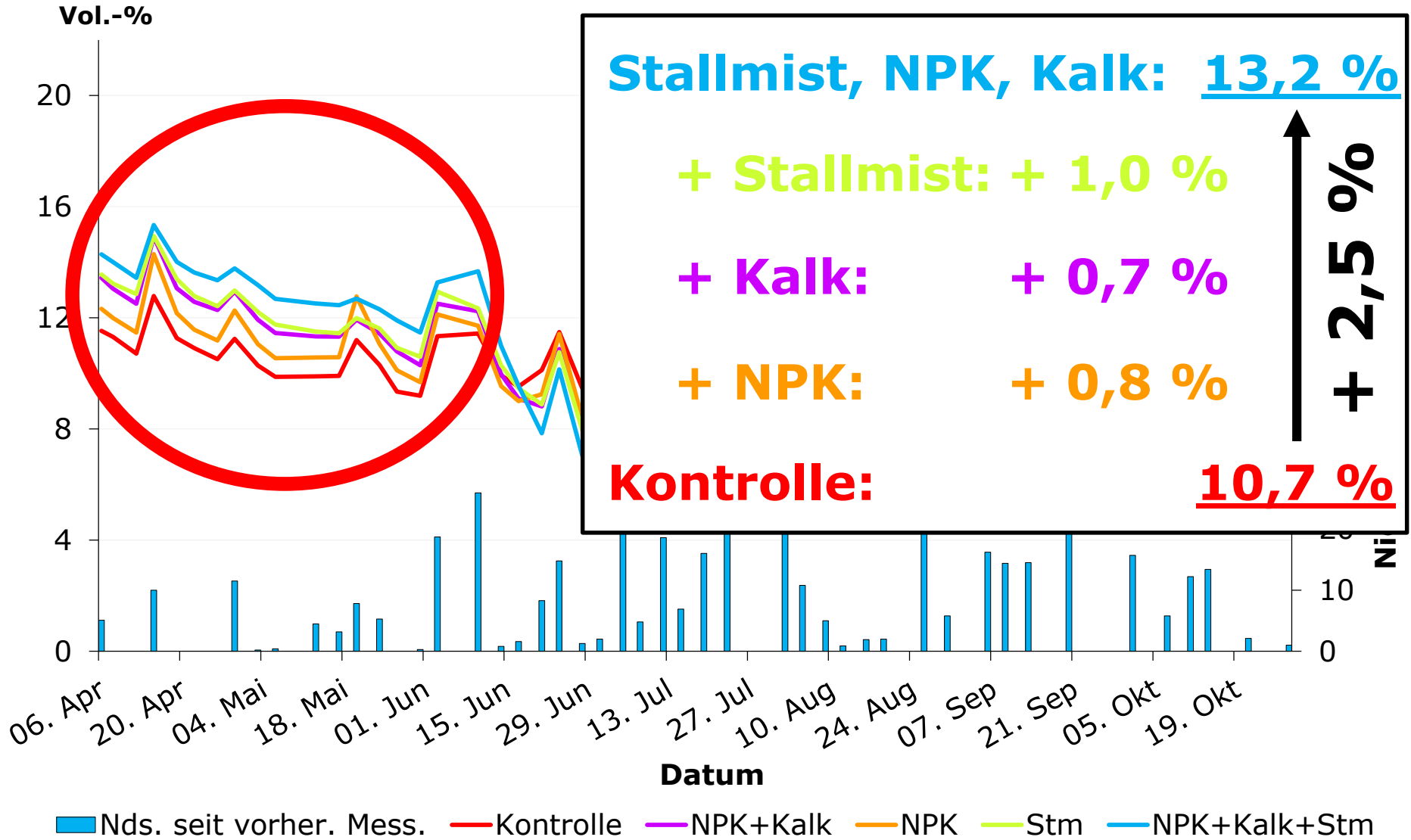
Mittelwerte \pm Standardabweichungen; unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten des Gesamtporenvolumens; Tukey-Test mit $\alpha=0,05$; $n=4$ (Gäbert 2014)

Gesättigte hydraulische Leitfähigkeit



Geometrische Mittelwerte (x); Boxen \triangle obere und untere Quartile sowie Mediane; Fehlerbalken \triangle minimale bzw. maximale Einzelwerte; unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen sign. Unterschiede zwischen den Mittelwerten der gesättigte hydraulische Leitfähigkeit; Tukey-Test mit $\alpha=0,05$; $n=4$; Gäbert 2014)

Entwicklung des Bodenwassergehaltes in 20 cm Tiefe (2011)



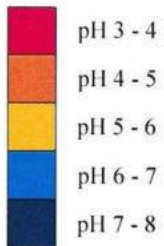
FAZIT

Auf dem untersuchten schwach schluffigen Sandboden bestehen enge Beziehungen zwischen dem Kohlenstoffgehalt, der Bodenstruktur und dem Wasserhaushalt.

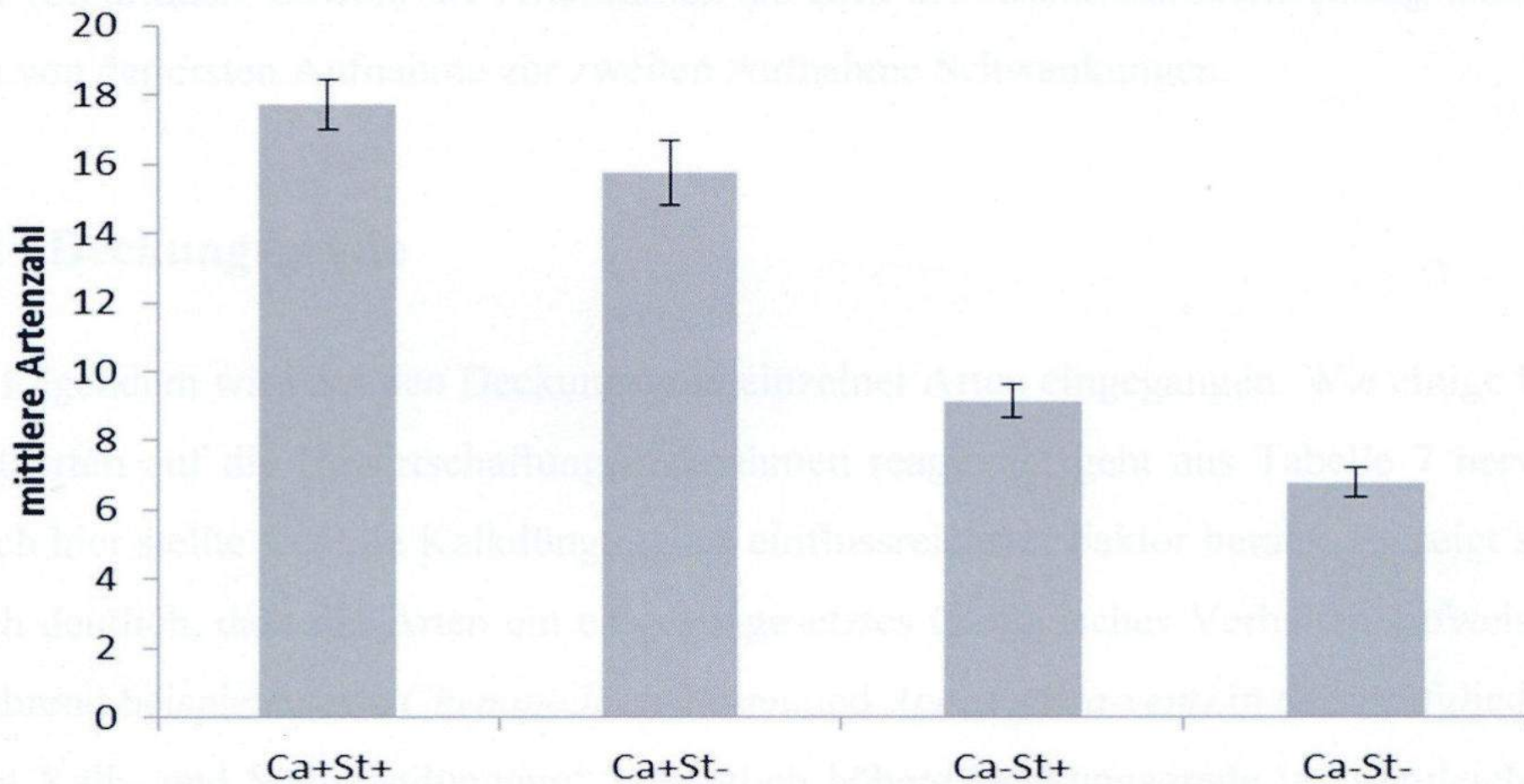
Höhere C-Gehalte sind mit geringerer Trockenrohichte, höherem Porenvolumen, höherer gesättigter Wasserleitfähigkeit und damit besserer Wasserversorgung der Pflanzenbestände verbunden.

pH-Werte im Statischen Versuch Bodennutzung Berlin-Dahlem (Roye 2015)

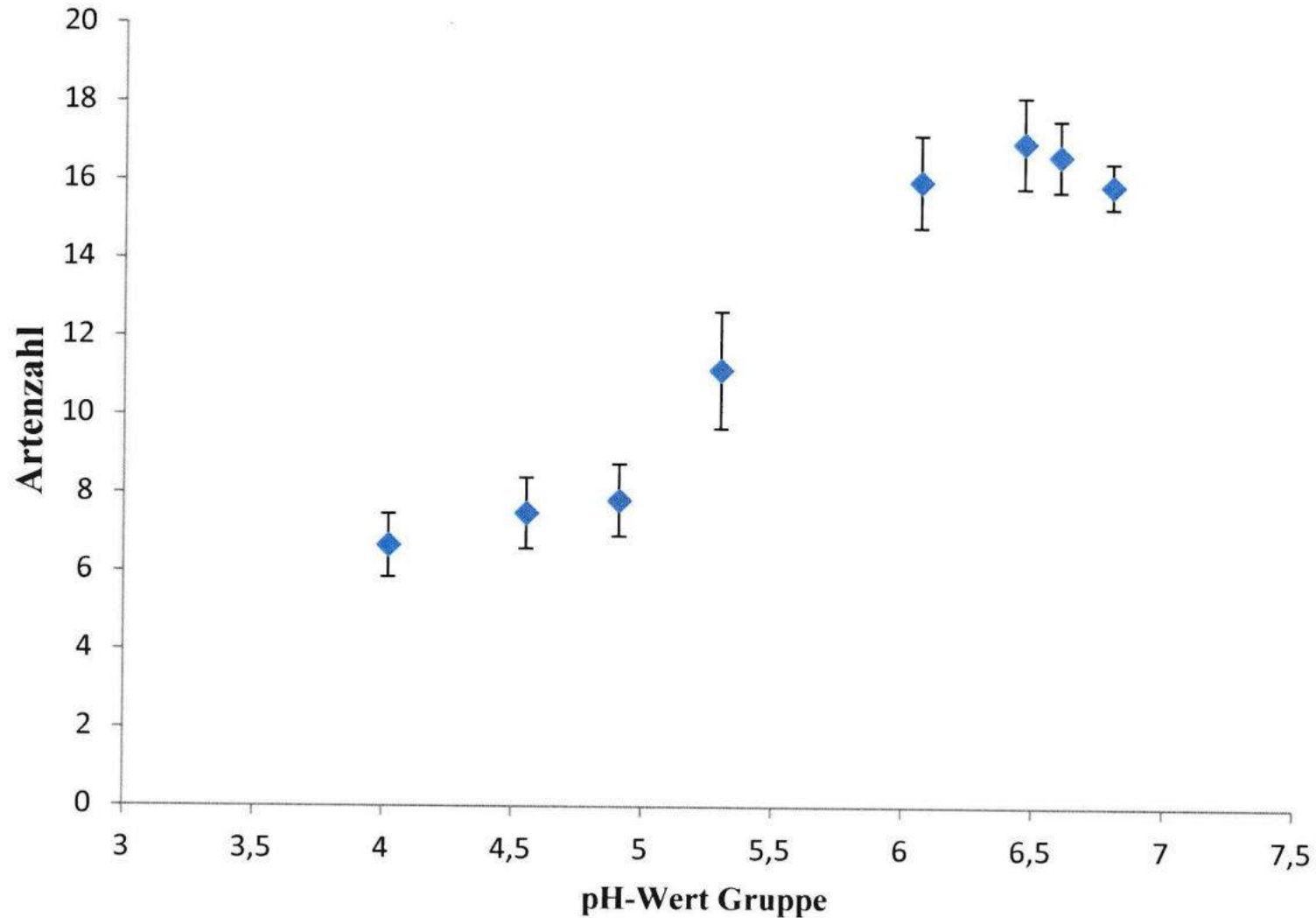
			r1				r2				r3			
Flach	mit Kalk	Fw	5,41	5,59	6,07	6,17	6,22	6,61	6,66	6,83	7,13	6,99	6,79	6,60
		8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96	
	Fw	6,32	6,26	6,15	6,39	6,31	6,56	6,75	6,57	6,51	6,54	6,49	6,49	
	7	15	23	31	39	47	55	63	71	79	87	95		
ohne Kalk	Fw	4,85	5,26	4,19	3,61	4,03	4,77	4,33	4,08	4,85	4,21	4,01	4,47	
	6	14	22	30	38	46	54	62	70	78	86	94		
Fw	3,99	3,86	4,74	5,01	4,88	4,37	5,03	5,21	5,20	4,75	5,09	5,08		
5	13	21	29	37	45	53	61	69	77	85	93			
Tief	mit Kalk	Fw	6,01	5,85	6,29	6,70	6,70	6,53	6,21	6,45	6,39	6,60	6,42	6,55
		4	12	20	28	36	44	52	60	68	76	84	92	
	Fw	6,62	6,61	6,60	6,76	6,72	6,54	6,60	6,47	6,82	6,69	6,60	6,72	
	3	11	19	27	35	43	51	59	67	75	83	91		
ohne Kalk	Fw	5,65	4,60	5,37	4,26	4,73	5,34	5,19	5,30	4,94	4,73	4,63	4,85	
	2	10	18	26	34	42	50	58	66	74	82	90		
Fw	5,30	4,33	5,02	4,58	4,05	3,96	4,23	4,65	3,96	4,47	5,35	5,59		
1	9	17	25	33	41	49	57	65	73	81	89			
			- P		+ P		- P		+ P		- P		+ P	
			+Mist	-Mist	+Mist	-Mist	+Mist	-Mist	+Mist	-Mist	+Mist	-Mist	+Mist	-Mist



Artenanzahl von Unkräutern im Statischen Versuch Bodennutzung Berlin-Dahlem (Roye 2015)



Artenanzahl von Unkräutern in Abhängigkeit vom pH-Wert (Roye 2015)



Reaktion von *Lolium perenne* und von Unkrautarten auf Bewirtschaftungsmaßnahmen im Statischen Versuch Bodennutzung Berlin-Dahlem (Roye 2015)

Art	Kalk		Stallmist		Pflugtiefe		Phosphor	
	+	-	+	-	tief	flach	+	-
<i>Lolium perenne</i>	+		+		+		+	
<i>Scleranthus annuus</i>		+	+			+	+	
<i>Spergula arvensis</i>		+		+		+		+
<i>Chenopodium album</i>	+		+		+		(+)	
<i>Apera spica-venti</i>	+		+		(+)		(+)	
<i>Viola arvensis</i>	+		(+)					(+)
<i>Matricaria discoidea</i>	+		+			+		
<i>Polygonum aviculare</i>	+		+			+		(+)
<i>Spergularia rubra</i>	+		+		(+)		+	
<i>Fallopia convolvulus</i>	+		+			+	+	
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	+		+			+		+

Ackerspörgel (*Spergula arvensis*)



(Döring 2014)

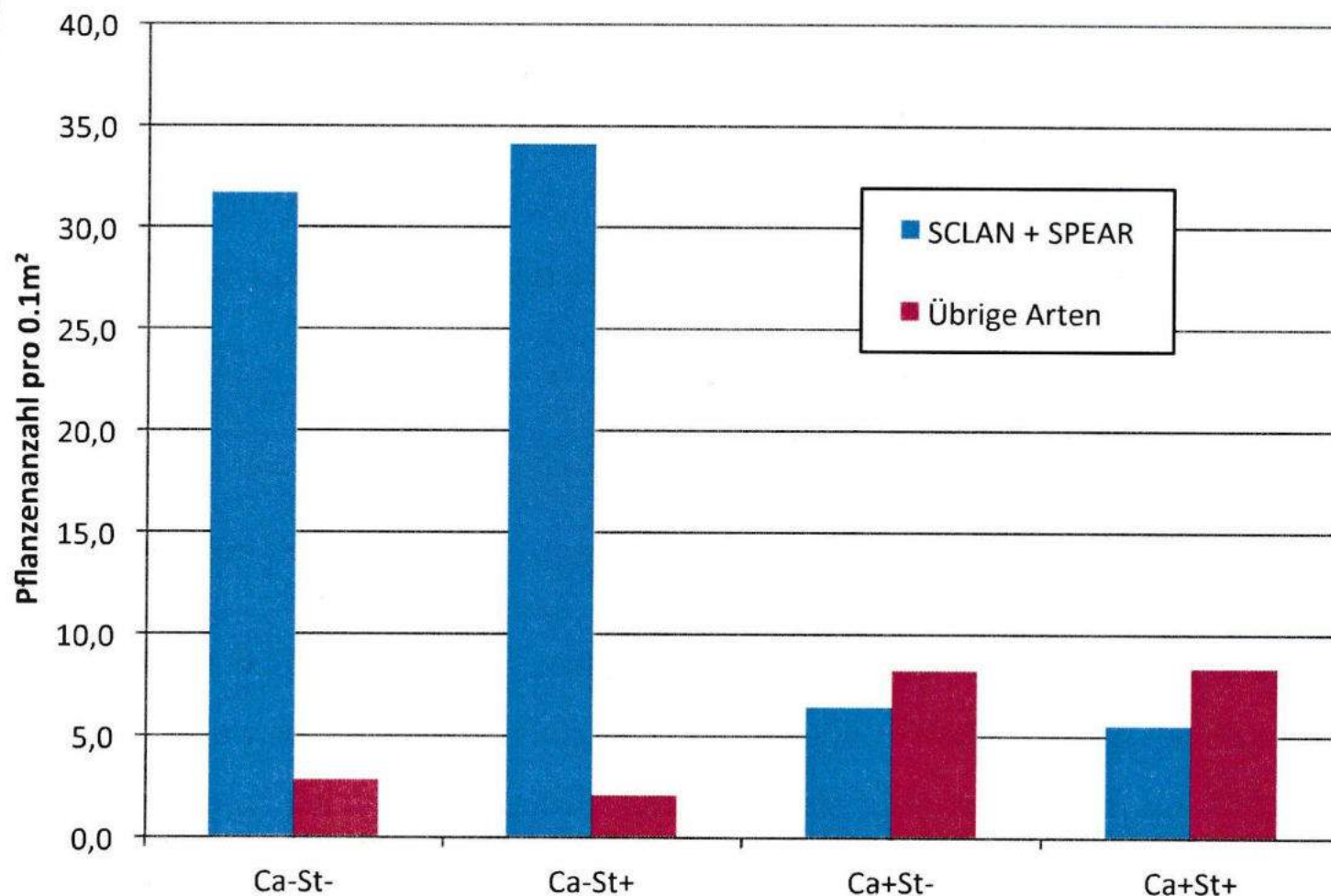
Einjähriger Knäuel (*Scleranthus annuus*)



(Döring 2014)

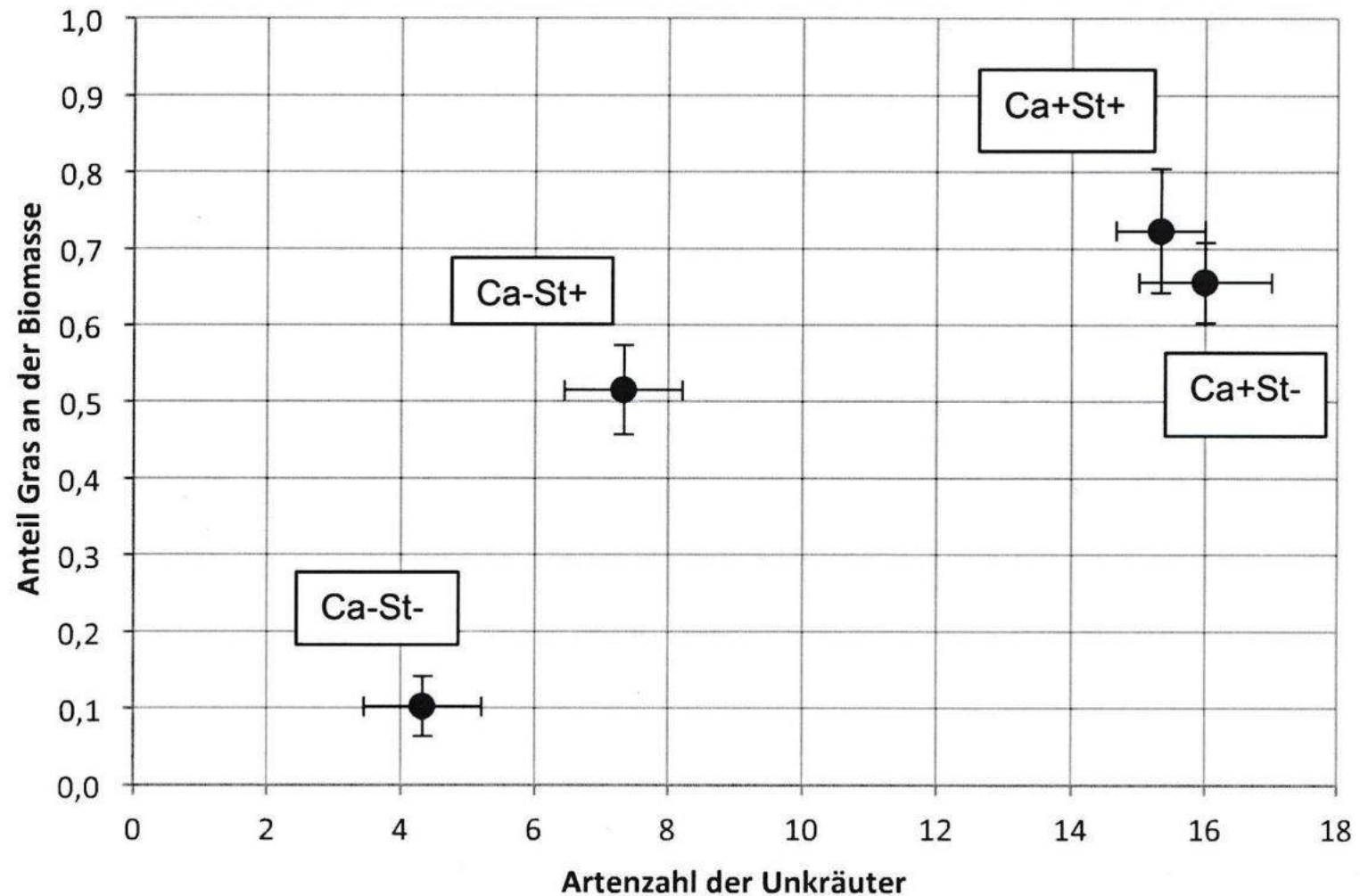
Einfluss langjährig differenzierter Düngung auf die Unkrautdichte; 05.05.2014

Statischer Versuch Bodennutzung Berlin-Dahlem (Beneke 2015)



Beziehungen zwischen Artenanzahl von Unkräutern und Grasanteil in der Biomasse (1. Schnitt 2014)

Statischer Versuch Bodennutzung Berlin-Dahlem (Beneke 2015)

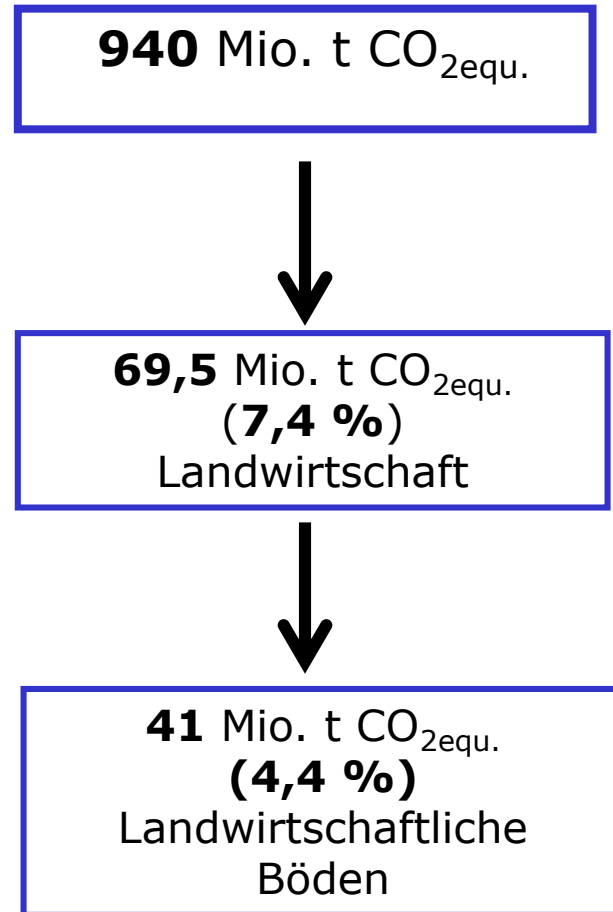


FAZIT

Auf dem mittel schluffigen Sandboden bestehen enge Beziehungen zwischen dem pH-Wert und der Phytozönose.

pH-Werte unterhalb des standorttypischen Optimums schränken die Biodiversität der Ackerwildflora stark ein.

THG-Emissionen in Deutschland 2012



Stickstoff-Kombinationsversuch Groß Kreuz (M4)

Organisch-mineralische Düngung der Prüfglieder (Fruchtfolgemittel, $\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$)

Prüffaktor A organische Düngung mit Stalldung ($\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$)	Prüffaktor B Mineralische N-Düngung ($\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$)				
	(0)	(50)	(100)	(150)	(200)
(0)	0	50	100	150	200
(50)	50	100	150	200	250
(100)	100	150	200	250	300
(150)	150	200	250	300	350
(200)	200	250	300	350	400

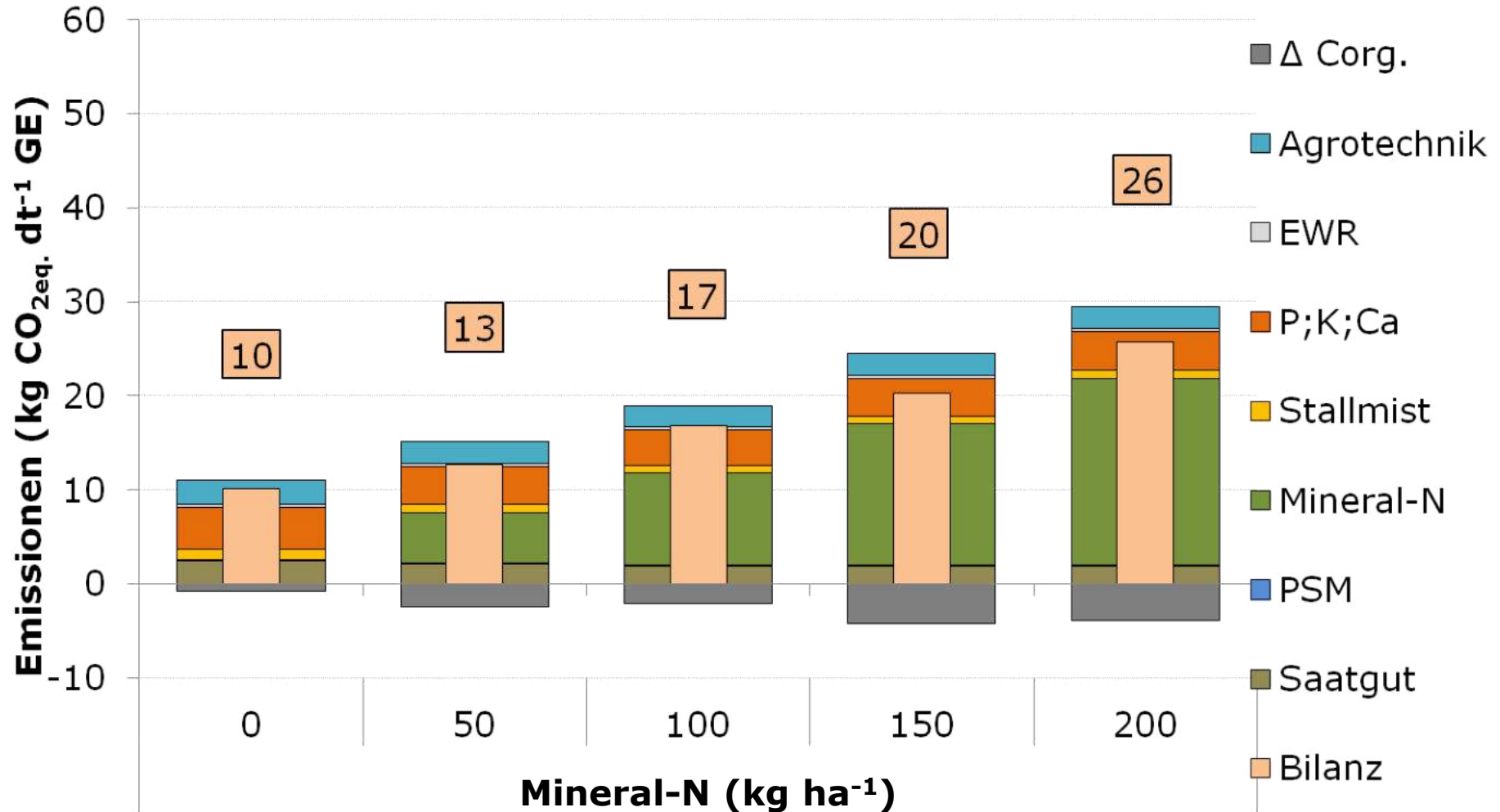
Stickstoff-Kombinationsversuch Groß Kreuz (M4)

Kohlenstoffvorräte der Prüfglieder (t ha⁻¹ C_{org})

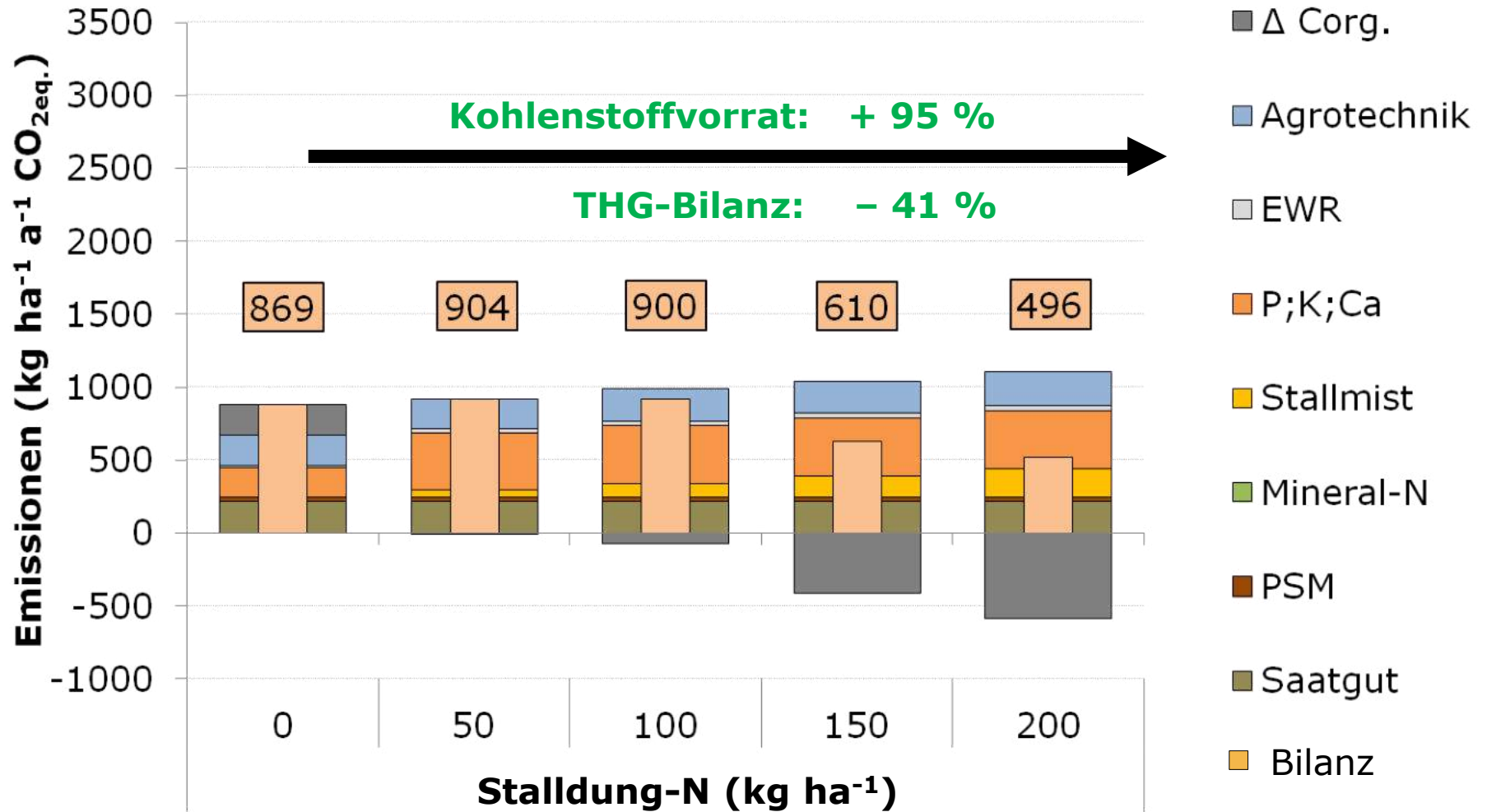
Prüffaktor A organische Düngung mit Stalldung (kg ha ⁻¹ a ⁻¹ N)	Prüffaktor B Mineralische N-Düngung (kg ha ⁻¹ a ⁻¹ N)				
	(0)	(50)	(100)	(150)	(200)
(0)	23,0	24,5	28,2	26,8	27,5
(50)	28,7	31,9	31,0	33,6	32,1
(100)	30,6	35,6	35,3	41,9	40,7
(150)	40,0	43,0	42,4	42,6	45,0
(200)	44,6	50,3	47,7	47,8	45,5

¹ Datenbasis: Parzellenmittelwerte der BU, n = 4, n_{BU} = 3 (27.08.2004, 08.08.2006, 12.09.2010)
ZIMMER 2014

THG-Emissionen nach Quellen – ertragsbezogen 100 kg ha⁻¹ Staldung-N (Klepatzki 2015)



THG-Emissionen nach Quellen – flächenbezogen ohne Mineral-N (Klepatzki 2015)



THG-Emissionen [$\text{kg ha}^{-1} \text{a}^{-1} \text{CO}_{2\text{equ.}}$] und Ertrag (in Getreideeinheiten* [$\text{t ha}^{-1} \text{a}^{-1}$])

Stallmist ($\text{kg ha}^{-1} \text{N}$)	Mineral N ($\text{kg ha}^{-1} \text{N}$)									
	0		50		100		150		200	
0	869	(4,7)	1630	(8,2)	2104	(10,8)	2742	(10,3)	3316	(10,8)
50	904	(6,9)	1416	(9,6)	2052	(11,0)	2555	(11,1)	3201	(11,3)
100	900	(8,8)	1337	(10,5)	1947	(11,6)	2302	(11,4)	2933	(11,4)
150	610	(9,3)	1119	(11,1)	1736	(11,6)	2324	(11,5)	2825	(11,4)
200	496	(10,3)	904	(11,2)	1589	(11,4)	2185	(11,3)	2855	(11,6)

THG-Emissionen [%] und GE-Ertrag [%]
relativ zum standortspezifisch optimalen Fruchtfolgeertrag

Stallmist ($\text{kg ha}^{-1} \text{N}$)	Mineral N ($\text{kg ha}^{-1} \text{N}$)									
	0		50		100		150		200	
0	-58	-(57)	-21	-(26)	3	-(2)	34	-(6)	62	-(2)
50	-56	-(37)	-31	-(13)	0	(0)	25	(1)	56	(3)
100	-56	-(20)	-35	-(4)	-5	(5)	12	(3)	43	(4)
150	-70	-(15)	-45	(1)	-15	(6)	13	(5)	38	(4)
200	-76	-(6)	-56	(2)	-23	(4)	6	(3)	39	(5)

*Mittelwerte basierend auf den Erträgen der Erntejahre 2001-2010 (Klepatzki 2015)

FAZIT

Auf dem lehmigen Sandboden variieren die Kohlenstoffvorräte düngungsbedingt zwischen 23 und 45 t ha⁻¹.

Die durch organische Düngung erreichten hohen Kohlenstoffvorräte entlasten die Treibhausgasbilanz um bis zu 40 %.

Anhand der Ergebnisse sind Szenarien bezüglich angepasster Düngungsintensität möglich.

Quo vadis Dauerfeldversuche?

Dauerfeldversuche sind

- das „Langzeitgedächtnis“ des Bodens für Umwelt- und Bewirtschaftungseinflüsse
- historisch gewachsene Bausteine des agronomischen Wissens der Neuzeit
- Schatzkammern für Forschungsfragen und –aufgaben der Zukunft
- Grundlagen für Lehre und Bildung nachkommender Generationen.

Dies sollte Grund genug sein, um sie für Forschung und Lehre in den Bodenwissenschaften, der Agrikulturchemie und der Agronomie zu erhalten, fortzuführen und umfassend zu nutzen.

Die Sammlungen der Humboldt-Universität zu Berlin





Acker- und pflanzenbauliche Dauerfeldversuche

Insgesamt acht Dauerfeldversuche werden fortlaufend am gleichen Ort durchgeführt. An den Standorten Berlin-Dahlem (seit 1923) und Thyrow (seit 1937) werden Fragen der Fruchtfolge, der Bodenbearbeitung, der Düngung, der Bewässerung sowie der Ertragsfähigkeit in Bezug zu klimatischen Faktoren erforscht.

Lebenswissenschaftliche Fakultät,
Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und
Gartenbauwissenschaften
Prof. Dr. Dr. h.c. Frank Ellmer
Albrecht-Thaer-Weg 5, 14195 Berlin
T: (030) 2093 46470
E: frank.ellmer@agrar.hu-berlin.de

Aktuelle Einbindung in die Forschung

Boden als nachhaltige Ressource für die Bioökonomie BONARES

Partner im Verbund „Sustainable Subsoil Management - Soil³“;
Federführung: Institut für Bodenwissenschaften und Bodenökologie der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn (Prof. Amelung); 2015 -2018

Kooperation mit dem BONARES-Zentrum

Leitung: Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ,
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung ZALF Müncheberg;
Langjährige Datensätze aus Dauerfeldversuchen für zentrale Datenbank:
Bodengehalte an C, N, P, K, pH-Werte



Herzlichen Dank für Ihr geduldiges Zuhören