

Langzeiteffekte ackerbaulicher massnahmen auf die bodenfruchtbarkeit

Jutta Rogasik , Susanne Schroetter , Ewald Schnug & Peter Kundler

To cite this article: Jutta Rogasik , Susanne Schroetter , Ewald Schnug & Peter Kundler (2001) Langzeiteffekte ackerbaulicher massnahmen auf die bodenfruchtbarkeit, Archives of Agronomy and Soil Science, 47:1-2, 3-17, DOI: [10.1080/03650340109366196](https://doi.org/10.1080/03650340109366196)

To link to this article: <http://dx.doi.org/10.1080/03650340109366196>



Published online: 15 Dec 2008.



Submit your article to this journal [↗](#)



Article views: 51



View related articles [↗](#)



Citing articles: 6 View citing articles [↗](#)

LANGZEITEFFEKTE ACKERBAULICHER MASSNAHMEN AUF DIE BODENFRUCHTBARKEIT

JUTTA ROGASIK^{a,*}, SUSANNE SCHROETTER^a,
EWALD SCHNUG^a und PETER KUNDLER^b

^a*Institut für Pflanzenernährung
und Bodenkunde, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft
Braunschweig (FAL), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, Germany;*
^b*Eberswalder Strasse 120, 15374 Müncheberg, Germany*

(Eingegangen 22. Januar 2001)

An Hand von Dauerversuchen in Braunschweig und Müncheberg wird in einer Fallstudie der Einfluß landbaulichen Managements auf Erträge und Bodenfruchtbarkeit dargestellt.

Langfristig werden hohe Erträge sowie optimale Humusgehalte nur durch kombinierte organisch – mineralische Düngung erreicht. In den Varianten hoher Erträge finden sich vergleichsweise höhere Bodengehalte an C_{org} , $P_{(CAL)}$ sowie höhere pH-Werte.

Ohne organische Düngung (Variante NPK) kann der C_{org} -Gehalt des Bodens nicht aufrechterhalten werden. Doch auch alleinige organische Düngung (Variante Stm2) reicht auf sandigen Ackerstandorten nicht aus, optimale Humusgehalte einzustellen. Langfristig erhöht konservierende Bodenbearbeitung die Erträge und verringert die N-Austräge in die Atmosphäre und ins Grundwasser.

Stichwörter: Dauerversuch; Düngung; Bodenbearbeitung; Organische Bodensubstanz; Nährstoffgehalt; Ertrag

*Corresponding author. Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig (FAL), Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, Germany.

Long-term Effects of Agrotechnical Measures on Soil Fertility

The effects of agrotechnical measures on soil fertility and crop yield are shown as a case study based on long-term experiments in Braunschweig and Müncheberg.

Precondition for high yields and the maintenance of soil organic matter is the combination of organic and mineral fertilization. High yield treatments are characterized by increased contents of C_{org} , $P_{(CAL)}$ and higher pH.

The soil organic matter content cannot be maintained without organic fertilization (treatment NPK). However, even the treatment "organic fertilization" (Stm2) did not yield the optimum soil organic matter content.

Crop yields were increased and N losses into atmosphere and groundwater were decreased under long-term conservation tillage.

Keywords: Long-term experiment; Fertilization; Soil tillage; Soil organic carbon; Nutrient content; Crop yield

EINLEITUNG

Der besondere Wert von Dauerversuchen resultiert aus ihrem über Jahrzehnte akkumulierten und zeitlich unwiederbringlichen Erkenntnisstand. Für die Bodenforschung haben diese Versuche generell eine hohe Relevanz, denn Veränderungen der Bodeneigenschaften, insbesondere der C- und N-Gehalte, verlaufen sehr langsam und sind größtenteils erst nach mehreren Fruchtfolgeabläufen sicher nachweisbar. Die Ertragswirksamkeit ackerbaulicher Maßnahmen wird hingegen schon kurzfristiger sichtbar (Kundler, 1989; Rogasik und Smukalski, 1993). Dabei ist die Quantifizierung der Effekte kombinierter organisch-mineralischer Düngung sowie konservierender Bodenbearbeitungsstrategien eine vordringliche Aufgabe, vor allem auch im Hinblick auf den Ressourcenschutz (Rogasik *et al.*, 1997; Smukalski *et al.*, 1990).

Ziel dieses Beitrages ist es, an Hand von Dauerversuchen in Braunschweig und Müncheberg, die ursprünglich einmal zur Untersuchung von ertragssteigernden Maßnahmen auf sandigen Böden angelegt wurden, in einer Fallstudie den langfristigen Einfluß landbaulichen Managements auf Erträge sowie den Gehalt der Böden an organischer Substanz und verwandter Eigenschaften darzustellen. Die Ergebnisse dieser Versuche gehen ein in Empfehlungen für eine nachhaltige Bewirtschaftung des Ackerlandes, wobei betriebswirtschaftliche Erfordernisse mit den Forderungen nach angemessenem Schutz der natürlichen Ressourcen (Boden, Wasser, Luft) in Einklang zu bringen sind.

MATERIAL UND METHODEN

Versuchsstandort

Der Versuchsstandort Müncheberg liegt im kontinental beeinflussten ostdeutschen Binnenlandklima. Durch seine Lage im Regenschatten Berlins und zwischen den Stromtälern der Oder und der Spree kommt es besonders im Frühsommer zu ausgesprochenen Trockenperioden. Im langjährigen Mittel beträgt die durchschnittliche Niederschlagsmenge 511 mm und die mittlere Jahrestemperatur 8,4°C. Der Versuchsstandort Braunschweig liegt im maritim und kontinental beeinflussten Übergangsklima mit 618 mm Niederschlag im langjährigen Mittel und einer mittleren Jahrestemperatur von 8,8°C (Tab. I).

Versuchsbeschreibung

Bemerkenswert an beiden Dauerversuchen ist, daß über fast ein halbes Jahrhundert hinweg die Bewirtschaftungskombinationen nahezu unverändert beibehalten wurden.

Der **Müncheberger** Nährstoffsteigerungsversuch wurde 1962 angelegt (Tab. II). Der Versuch läuft in einer Hackfrucht-Getreide-Rotation ohne Landwechsel. Die organische Düngung erfolgt zu Hackfrüchten. Getreide erhält nur mineralische Düngung (Smukalski *et al.*, 1990; Smukalski und Rogasik, 1992).

Der **Braunschweiger** Nährstoffsteigerungsversuch wurde 1952 auf einer ehemaligen Waldfläche (Buchen) angelegt. Seit 1980 läuft der Versuch mit geringen Änderungen in der jetzigen Form (Tab. III). Der Versuch wird in

TABELLE I Kennwerte der Versuchsstandorte
TABLE I Description of the experimental sites

Parameter	Braunschweig	Müncheberg
geographische Lage	52° 18' N; 10° 27' E	52° 30' N; 14° 8' E
Höhe über NN	81 m	62 m
Bodenformen-	Braunerde-Podsol,	Rosterde, Braunerde,
vergesellschaftung	Parabraunerde	Sandtieflehm-Fahlerde
FAO-Bodenklassifikation	Dystric Cambisol,	Leptic Podzol, Luvic und
	Orthic Luvisol	Cambic Arenosol
Körnungsart	schluffig-lehmiger Sand (Slu)	schwach schluffiger, schwach lehmiger Sand (Su2, SI2)

TABELLE II Versuchsplan in Müncheberg
TABLE II The experimental design of the Müncheberg trial

Prüffaktoren	organische Düngung ^a $t \cdot ha^{-1} \cdot a^{-1}$ TM	N-Düngung ^b [$kg \cdot ha^{-1} \cdot a^{-1}$]				
		N1	N2	N3	N4	N5
ungedüngt						
NPK	0	50	86	115	153	189
NPK + Stm 1	1,2	32	68	114	138	169
NPK + Stm 2	3,2	8	50	75	115	147
NPK + Stroh	2,0	60	96	132	157	187

^azur Hackfrucht.

^bMittel der Fruchtfolge (1963–1998).

Stm = Stallmist.

TABELLE III Versuchsplan in Braunschweig
TABLE III The experimental design of the Braunschweig trial

Prüffaktoren	organische Düngung ^a $t \cdot ha^{-1} \cdot a^{-1}$ TM	N-Düngung ^b [$kg \cdot ha^{-1} \cdot a^{-1}$]		
		N1	N2	N3
ungedüngt				
NPK	0	70	140	175
NPK + Stm 1	1,2	0	70	140
NPK + Stm 2	3,2	(0) ^c	0	70
NPK + Stroh	2,0	70	140	

^azur Hackfrucht.

^bDüngung zu Winterweizen 2000.

^cohne PK-Düngung.

Stm = Stallmist.

einer Hackfrucht-Getreide-Rotation ohne Landwechsel geführt. Auch hier wird zu Hackfrüchten organisch gedüngt, Getreide erhält nur mineralische Düngung.

Zusätzlich zu den beschriebenen Dauerversuchen werden Ergebnisse aus Versuchen, die speziell zur Prüfung von Bodenbearbeitungsverfahren angelegt wurden, in die Auswertung einbezogen. In diesen Feldexperimenten werden folgende Varianten geprüft:

- konventionell* wendende Bodenbearbeitung, Bearbeitungstiefe fruchtartenspezifisch
- konservierend* nichtwendende Bodenbearbeitung, Reduzierung von Tiefe und Intensität der Bodenbearbeitung

ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Langfristig werden hohe Erträge nur durch kombinierte organische und mineralische Düngung erreicht

Im Ackerbau muß die Düngung das Ziel verfolgen, durch effektiven Nährstoffeinsatz hohe und stabile Erträge bei gleichzeitig geringen C- und N-Verlusten zu erzeugen (Rogasik *et al.*, 2000). Dieser Forderung wird im Hinblick auf Ertrag und Bodenfruchtbarkeit langfristig nur der kombinierte Einsatz organischer und mineralischer Düngemittel gerecht (Smukalski *et al.*, 1993). Die Zufuhr organischer Substanz kann in Form von Dung aus der Tierproduktion, Gründüngung, Stroh oder durch Ernte- und Wurzelrückstände bzw. deren Kombinationen erfolgen.

Im Braunschweiger Nährstoffsteigerungsversuch wurde im Vegetationsjahr 2000 das Ertragsoptimum bei Winterweizen mit $140 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$ erreicht. Die Nachwirkung der organischen Düngung ist in der Tendenz nur in den Varianten ohne Mineral-N-Düngung nachzuweisen. Die ungedüngte Versuchsvariante erreichte nach ca. 50 Versuchsjahren mit $40 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$ immerhin noch 50% des Ertragsoptimums (Abb. 1).

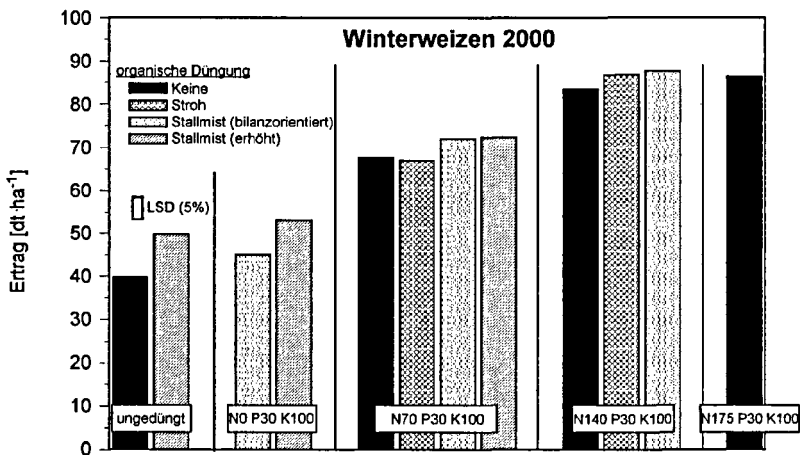


ABBILDUNG 1 Einfluß langjähriger organisch-mineralischer Düngung auf das Ertragsverhalten von Winterweizen (Dauerversuch Braunschweig, 2000).

FIGURE 1 Influence of long-term organic and mineral fertilization on yield of winter wheat (trial Braunschweig, 2000).

TABELLE IV GE-Erträge [$\text{dt} \cdot \text{ha}^{-1}$] in Abhängigkeit von der Mineraldüngung bei differenzierter organischer Düngung (Müncheberger Nährstoffsteigerungsversuch, 1963 bis 1996)
 TABLE IV Yields of cereal units [$\text{dt} \cdot \text{ha}^{-1}$] in relation to fertilization and organic manuring (Müncheberg Long Term Fertilizer Experiment, 1963 till 1996)

	<i>N-Düngung [$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$]</i>		<i>GE-Ertrag*</i> [$\text{dt} \cdot \text{ha}^{-1}$]
	<i>mineralisch</i>	<i>mineralisch + organisch</i>	
ungedüngt	0	0	36,8
NPK	51	51	73,3
	88	88	86,7
	117	117	95,8
	156	156	99,6
	192	192	100,1
NPK + Stm 1	32	63	72,1
	68	100	90,8
	116	144	97,6
	140	169	100,1
	170	198	104,4
PK + Stm 2	8	81	64,2
NPK + Stm 2	51	124	89,6
	76	152	95,1
	117	192	101,3
	149	218	102,4
	62	75	82,2
NPK + Stroh	99	111	88,9
	135	148	100,0
	160	171	101,6
	190	203	95,4
LSD (5%) = 26,8 $\text{dt} \cdot \text{ha}^{-1}$			

*Erträge in Getreideeinheiten (GE) als Summe Haupt- und Nebenprodukt für die mittlere Fruchtfolgeleistung von Zuckerrüben, Sommergerste, Kartoffeln und Winterweizen.

Stm = Stallmist.

Gleiche Ergebnisse wurden im Müncheberger Dauerversuch erzielt (Tab. IV). Die düngungsabhängige Ertragsdifferenzierung ist auf diesem sehr leichten Sandstandort jedoch wesentlich stärker.

Ackernutzung reduziert die Humusgehalte

Neben der direkten Bodenbearbeitungsintensität beeinflussen Dauer der Bewirtschaftung und Art der Landnutzung den Abbau der organischen Bodensubstanz. Vergleichende Untersuchungen auf dem Versuchsfeld Braunschweig ergaben, daß 50 Jahre nach Beginn der Bewirtschaftung der C-Gehalt im Oberboden um ca. 60% gesunken ist. Auf Flächen, die noch länger landwirtschaftlich genutzt werden, beträgt der C_{org} -Gehalt sogar nur noch 20% des ursprünglichen Wertes (Abb. 2).

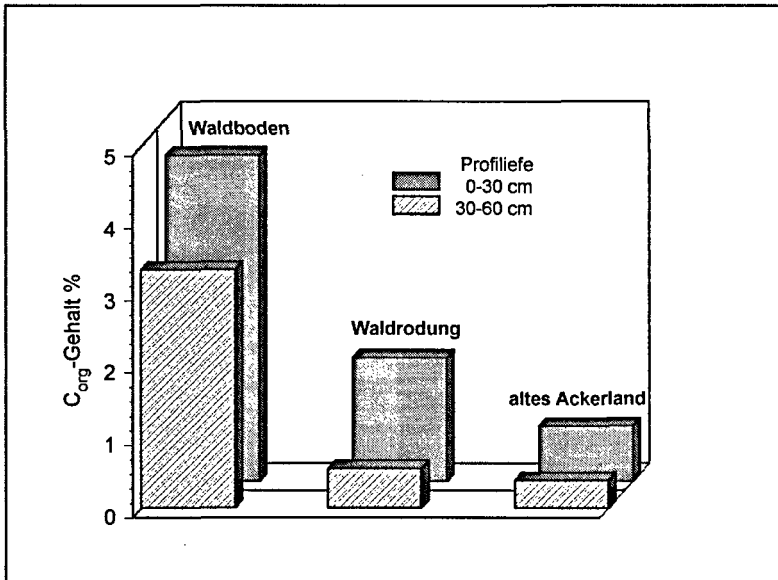


ABBILDUNG 2 Unterschiedliche Landnutzung und Abbau der organischen Bodensubstanz (Braunschweig, 1999).

FIGURE 2 Different land use systems and decomposition of soil organic matter (Braunschweig, 1999).

Der Erhalt optimaler Humusgehalte im Ackerbau erfordert organische und mineralische Düngung

Ebenso differenziert wie das Ertragsverhalten gestaltet sich auch das Bodenfruchtbarkeitsniveau. In den Varianten mit höheren Erträgen finden sich auch höhere Bodengehalte an C_{org} , $P_{(CAL)}$ sowie höhere pH-Werte (Abb. 3). Dies zeigt einmal mehr, daß nur durch eine optimale Kombination bodenfruchtbarkeitsbestimmender Parameter ein hohes Ertragsniveau erreicht wird.

In Abhängigkeit vom Düngungsmanagement stellte sich sowohl auf der Braunerde in Müncheberg als auch auf der Parabraunerde in Braunschweig ein unterschiedlicher C_{org} -Gehalt im Boden ein (Tab. V).

Ohne organische Düngung (Variante NPK) kann der C_{org} -Gehalt des Bodens nicht erhalten werden. Aber auch alleinige organische Düngung (Variante Stm2) reicht auf sandigen Ackerstandorten ganz offensichtlich nicht aus, optimale Humusgehalte einzustellen (Tab. V).

Auf den ungedüngten Versuchspartzen des Müncheberger Nährstoffsteigerungsversuches war die Abnahme des C_{org} -Gehaltes im Oberboden

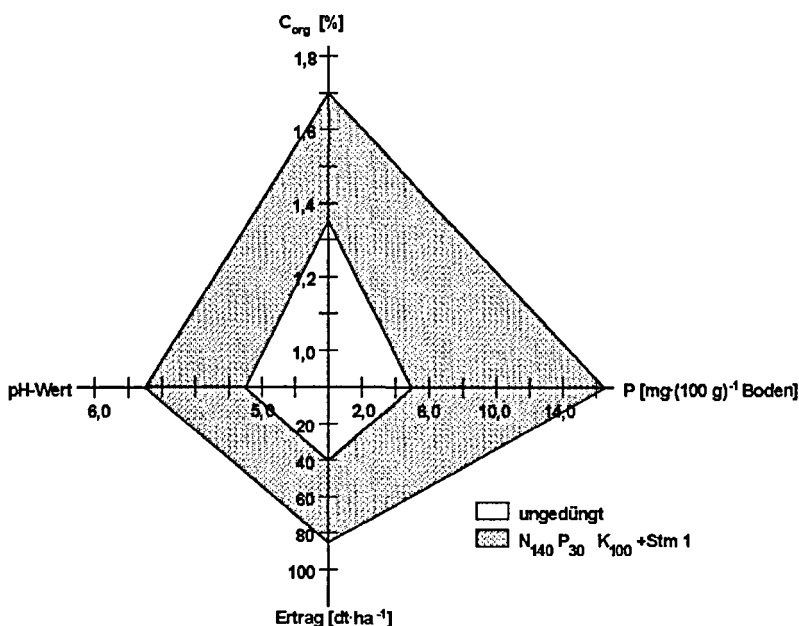


ABBILDUNG 3 Einfluß langjähriger organisch-mineralischer Düngung auf C_{org} - und $P_{(CAL)}$ -Gehalte und pH-Wert im Boden sowie den Ertrag von Winterweizen (Dauerversuch Braunschweig, 2000).

FIGURE 3 Influence of long-term organic and mineral fertilization on C_{org} and $P_{(CAL)}$ content of soil, pH and yield of winter wheat (trial Braunschweig, 2000).

in den ersten 15 Versuchsjahren erheblich (um 0,12% C_{org}). In den darauf folgenden Jahren verlangsamte sich der Rückgang der Humusgehalte. Im Verlauf von fast 40 Jahren hat der C_{org} -Gehalt im Oberboden des Versuches in den Kontrollparzellen um etwa 30% abgenommen (Abb. 4).

Die Änderungen des Gehaltes an organischer Substanz im Boden betreffen im wesentlichen die leicht umsetzbaren Bestandteile (Körschens, 1993, 1997; Smukalski und Rogasik, 1992), die heißwasserextrahierbar sind und von Körschens und Schulz (1999) als C_{ums}^1 definiert wurden. Am Material des Müncheberger Nährstoffsteigerungsversuches wird der Einfluß von organischer bzw. mineralischer Düngung auf den Gehalt an umsetzbarem Kohlenstoff deutlich (Abb. 5). Dieser wird durch die Zufuhr organischer Dünger stärker beeinflusst als durch den Einsatz von Mineraldüngung.

¹ C_{ums} – leicht umsetzbarer Teil der organischen Bodensubstanz.

TABELLE V Einfluß organischer und mineralischer Düngung auf die C_{org} -Gehalte im Oberboden der Dauerversuche in Müncheberg und Braunschweig
TABLE V Influence of organic and mineral fertilization on the C_{org} content in the topsoil of the long-term experiments in Müncheberg and Braunschweig

Düngungsvariante	N-Düngung [kg·ha ⁻¹]	C_{org} [%]	
		Müncheberg	Braunschweig
ungedüngt	0	0,42	1,34
NPK	140	0,49	1,52
NPK + Stroh	140	0,53	1,92
NPK + Stm 1	140	0,52	1,72
NPK + Stm 2	70	0,58	1,60
Stm 2	0	0,51	1,41

Stm 1 und Stm 2: vergl. Tab. II, III.

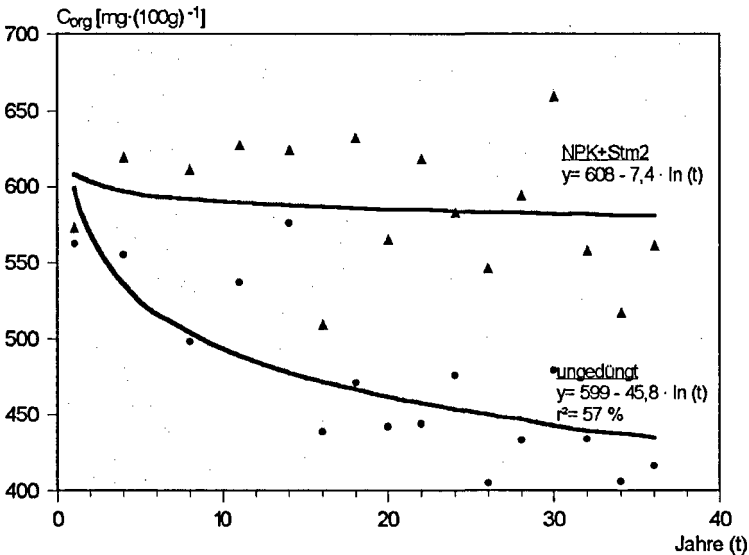


ABBILDUNG 4 Entwicklung der C_{org} -Gehalte in den Varianten "NPK+Stm2" und "ungedüngt" im Müncheberger Dauerversuch.
FIGURE 4 Development of the C_{org} content in the treatments "NPK+Stm2" and "ungedüngt" (trial Müncheberg).

Insgesamt ist der Gehalt des Bodens an umsetzbarem Kohlenstoff im Müncheberger Nährstoffsteigerungsversuch nach Körschens und Schulz (1999) als gering einzustufen (vgl. Abb. 5).

Die Ergebnisse der Dauerversuche in Müncheberg und Braunschweig belegen, daß bei kombinierter organisch-mineralischer Düngung mit einem

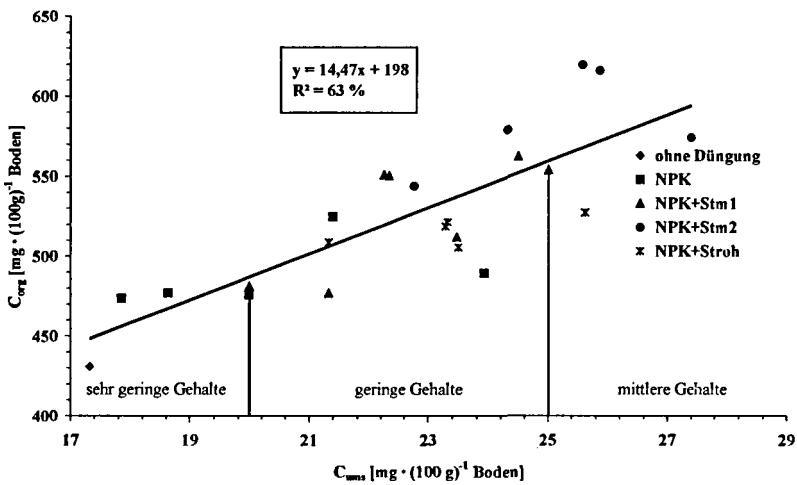


ABBILDUNG 5 Beziehung zwischen heißwasserlöslichem (C_{ums}) und organischem Kohlenstoff (C_{org}) im Müncheberger Dauerversuch.
FIGURE 5 Relationship between the hot water extractable (C_{ums}) and soil organic carbon (C_{org}) in the Müncheberg trial.

geringfügigen Überwiegen aller C-Einträge (Photosynthese, organische Düngung) gegenüber den C-Austrägen (Bodenatmung, Abfuhr der Ernteprodukte) gerechnet werden kann. Beispielhaft wurden die organischen Rückstände in der Ackerkrume nach dem Anbau von Zuckerrüben untersucht. Hier wurde bei gleicher organischer Düngung und Bodenbearbeitung (Pflugfurche) die Wirkung unterschiedlicher Mineraldüngermengen deutlich (Tab. VI).

TABELLE VI Gehalt an organischem Kohlenstoff in der Ackerkrume nach der Ernte von Zuckerrüben bei unterschiedlicher Mineraldüngung (Braunschweig, 2000)
TABLE VI Content of soil organic carbon in the topsoil after harvest of sugar beets dependent on mineral fertilization (Braunschweig, 2000)

Management	Erträge [dt·ha ⁻¹]		organische Rückstände ^a [t·ha ⁻¹] Bodenschicht [cm]		Kohlenstoff-Eintrag [t·ha ⁻¹ C] Bodenschicht [cm]	
	Körper	Blatt	0...15	15...30	0...15	15...30
NPK 200/30/100 + Stm ^b	589	419	2,1	2,8	0,7	1,0
NPK 100/15/60 + Stm ^b	650	331	2,0	1,4	0,7	0,5

^aStallmist-, Ernte- und Wurzelrückstände.
^bStallmist 4,8 t·ha⁻¹.

Intensive mineralische Düngung bewirkt eine vermehrte Blattbildung und einen höheren Feinwurzelanteil bei Zuckerrüben. Durch das erhöhte N-Angebot bleiben diese Wurzeln offenbar länger erhalten, Absterbeerscheinungen und Zersetzung treten zu einem späteren Zeitpunkt ein. Dadurch kommt es besonders im unteren Bereich der Ackerkrume zur Akkumulation von leicht umsetzbarem Kohlenstoff.

Langfristig erhöht konservierende Bodenbearbeitung die Erträge und verringert die N-Austräge in die Atmosphäre und ins Grundwasser

Die Dauerversuche zeigen, daß auf beiden Standorten eine Reduzierung der Bodenbearbeitung ohne Ertragsverluste möglich ist. Durch konservierende Bodenbearbeitung kombiniert mit einem am Entzug durch die Pflanzen orientierten Nährstoffeinsatz werden die Erträge annähernd auf gleichem Niveau gehalten wie bei konventioneller Bodenbearbeitung. Für den Versuchsstandort Müncheberg konnte diese Feststellung in zahlreichen anderen Versuchen bestätigt werden (Seyfarth *et al.*, 1999). Die positive Wirkung

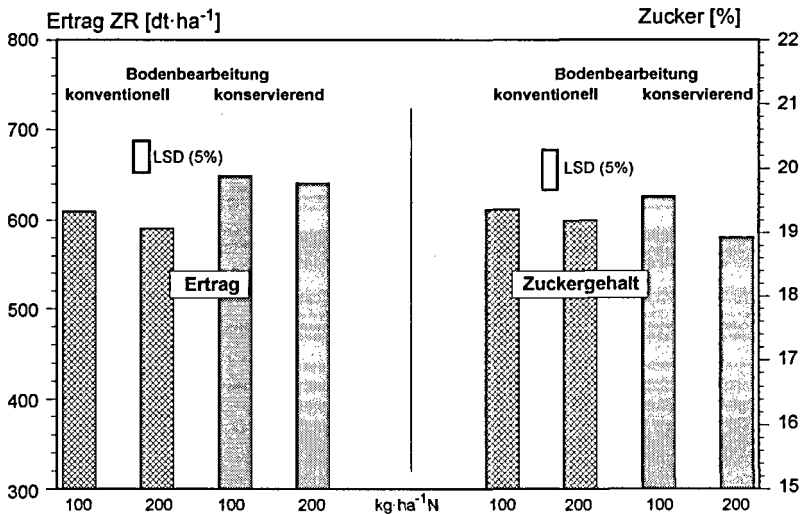


ABBILDUNG 6 Effekte konservierender Bodenbearbeitung und differenzierter Stickstoffversorgung auf Ertrag und Qualität von Zuckerrüben (Braunschweig, 2000).
FIGURE 6 Effects of conservation tillage and different N fertilization on yield and quality of sugar beets (Braunschweig, 2000).

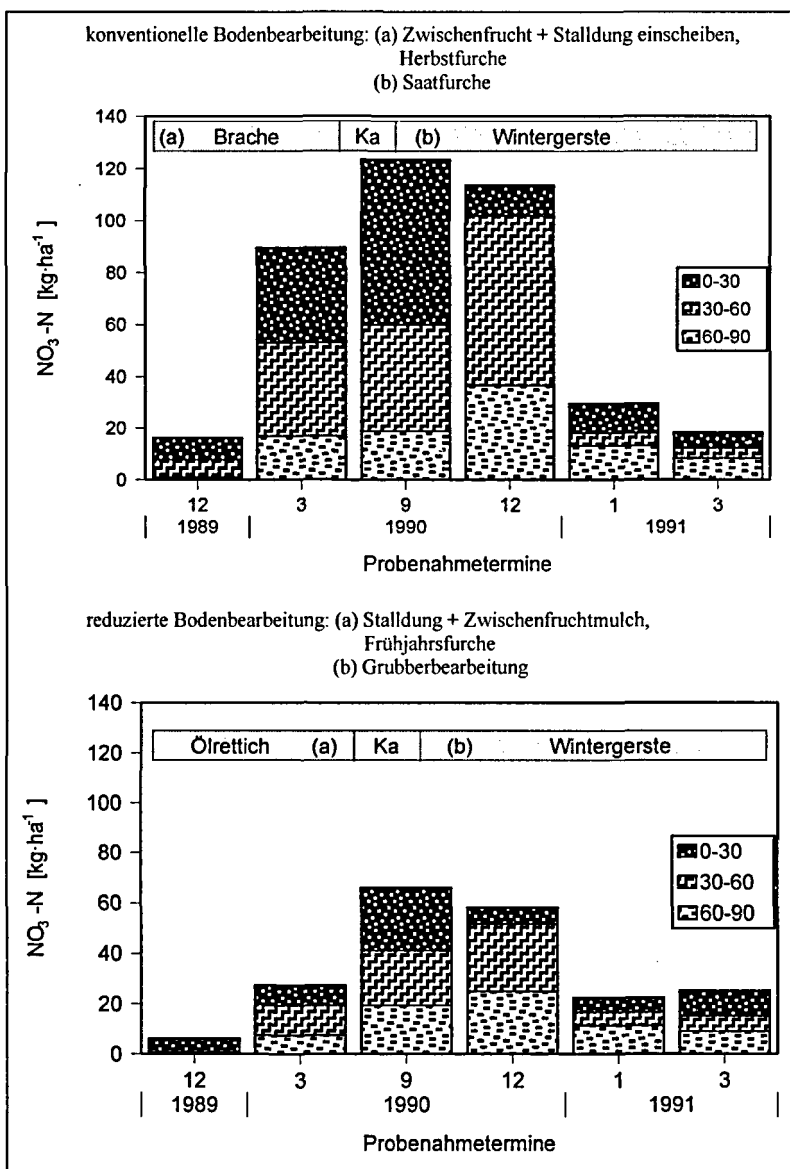


ABBILDUNG 7 Einfluß der Bewirtschaftungsintensität auf den Boden-Nitratgehalt im Dauerversuch Müncheberg.

FIGURE 7 Influence of land use intensity on the soil nitrate content in the Müncheberg trial.

konservierender Bodenbearbeitung auf die Erträge wurde auch im Braunschweiger Versuch festgestellt, eine signifikante Qualitätsverbesserung des Erntegutes wie z. B. die Zuckergehalte von Rüben wurde jedoch nicht nachgewiesen (Abb. 6).

Konservierende Bodenbearbeitung beeinflusst auch die Kompartimentierung von Nährstoffen im Ökosystem Boden. Die Konzentrierung von organischer Substanz und Nährstoffen nahe der Bodenoberfläche führt zu einer ausgeprägten Schichtung der Aktivität des Bodenlebens mit maximaler Aktivität nahe der Bodenoberfläche (Seifarth *et al.*, 1999). Als Folge reduzierter Bodenbearbeitung wird eine Verlangsamung der N-Umsetzung im Vergleich zu konventioneller Bodenbearbeitung ausgelöst. Das Resultat sind niedrigere N_{\min} -Gehalte im Boden (Abb. 7) und als deren Folge eine geringere potentielle Nitrifikation und somit ein geringeres Risiko von N-Austrägen. Durch konservierende Bewirtschaftung über einen längeren Zeitraum kommt es so zunächst zur Anreicherung mit Stickstoff, der aber potentiell auch für die Bildung gasförmiger N-Verbindungen zur Verfügung steht. Nach Erreichen eines neuen Fließgleichgewichtes ist demnach mit veränderten Umsetzungsvorgängen im Boden und unter Umständen mit erhöhten N-Verlusten zu rechnen.

In Müncheberger Dauerversuchen wurde folgendes komplexes Reaktionsmuster der Lachgasemission in Abhängigkeit von Bodenbearbeitung und N-Düngung festgestellt (Augustin und Rogasik, 1999):

- | | |
|------------------------|--|
| Kurzzeiteffekte | Bei hoher N-Düngung bewirkte die konventionelle Bodenbearbeitung höchste Emissionswerte, bei allen Varianten der reduzierten Bodenbearbeitung traten dagegen erheblich geringere Emissionsraten auf. |
| Langzeiteffekte | Unabhängig von der Intensität der Bodenbearbeitung wurden auf allen Varianten mit hoher N-Düngung hohe Lachgasemissionen festgestellt. |

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Forderung nach hohen, stabilen Erträgen bei gleichbleibend guter Qualität der Ernteprodukte ist durchaus in Einklang zu bringen mit der Forderung nach ressourcenschonendem, umweltgerechtem Ackerbau, wenn

die Langzeiteffekte der ackerbaulichen Maßnahmen in ihrer Wirkung auf Ertrag und Bodenfruchtbarkeit ausreichend aufgeklärt, gebührend berücksichtigt und gezielt gesteuert werden.

Die langfristigen Beobachtungs- und Meßreihen der Dauerversuche in Braunschweig und Müncheberg sind zur Quantifizierung von Langzeiteffekten ackerbaulicher Maßnahmen auf Ertrag und Bodenfruchtbarkeit gut geeignet. Die Ergebnisse sind wesentliche Bausteine für die Entwicklung ressourcenschonender Landnutzungssysteme.

Entscheidend für umweltgerechte, nachhaltige Wirtschaftsweisen sind vor allem die Maßnahmen, die die organische Bodensubstanz und damit den für die meisten anderen Bodeneigenschaften bestimmenden Faktor bewahren und in angemessener Weise mehrten. Durch eine ausgewogene organisch-mineralische Düngung, deren Höhe sich am Nährstoffbedarf der Pflanzen und an den natürlichen Standortbedingungen orientiert, können unwirtschaftliche Nährstoffüberschüsse vermieden und ökologisch bedenkliche Nährstoffausträge verhindert werden. Wird sie in gut organisierten Fruchtfolgen mit möglichst kurzen Brache-Zeiten, kombiniert mit strukturerhaltenden Bodenbearbeitungsverfahren und einem gewissenhaft gestalteten Pflanzenschutz eingesetzt, können gleichlaufend andere ertragsrelevante Bodenmerkmale positiv beeinflusst werden. Das pflanzenverfügbare Wasser, Bodenverdichtungen, Verschlammungsneigung, Erosionsanfälligkeit, biologische Aktivität und nicht zuletzt Senken- und Quelleigenschaften des Bodens für klimarelevante Gase sind einige der Wichtigsten.

Literatur

- Augustin, J. und Rogasik, J. (1999) Kurz- und Langzeiteffekte differenzierter ackerbaulicher Nutzung sandiger Böden auf die Emission klimarelevanter Spurengase (N₂O, CH₄). In: Merbach, W. und Körschens, M. (Hrsg.): Dauerdüngungsversuche als Grundlage für nachhaltige Landnutzung und Quantifizierung von Stoffkreisläufen. Internationales Symposium Halle/Saale, Kurzfassungen der Beiträge, UFZ-Bericht 24/1999, S. 251–254.
- Körschens, M. (1993) Simulationsmodelle für den Umsatz und die Reproduktion der organischen Substanz im Boden. Bodennutzung und Bodenfruchtbarkeit. Hamburg, Berlin: Parey, Bd. 4. Humushaushalt. Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft; N. F., 206, S. 140–154.
- Körschens, M. (1997) Abhängigkeit der organischen Bodensubstanz (OBS) von Standort und Bewirtschaftung sowie ihr Einfluß auf Ertrag und Bodeneigenschaften. Arch. Acker-Pfl. Boden., 41, 435–463.
- Körschens, M. und Schulz, E. (1999) Die organische Bodensubstanz–Dynamik–Reproduktion–ökonomisch und ökologisch begründete Richtwerte. UFZ–Bericht Nr. 13/1999.

- Kundler, P. (1989) Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, 452 S.
- Rogasik, J., Obenauf, S., Lüttich, M. und Ellerbrock, R. (1997) Faktoreinsatz in der Landwirtschaft – ein Beitrag zur Ressourcenschonung (Daten und Analysen aus dem Müncheberger Nährstoffsteigerungsversuch). Arch. Acker- Pfl. Boden., 42, S. 247–263.
- Rogasik, J., Schnug, E. und Rogasik, H. (2000) Landbau und Treibhauseffekt – Quellen und Senken für CO₂ bei unterschiedlicher Landbewirtschaftung. Arch. Acker- Pfl. Boden., 45, S. 105–121.
- Rogasik, J. und Smukalski, M. (1993) Beziehungen zwischen quantitativen Faktoren der Bodenfruchtbarkeit und Höhe des Pflanzenertrages auf Ackerstandorten sowie deren Modifikation durch ausgewählte Klimaelemente. Arch. Acker- Pflanzenbau und Bodenkd., 37, S. 325–340.
- Seyfarth, W., Joschko, M., Rogasik, J., Höhn, W., Augustin, J., Schroetter, S. *et al.* (1999) Bodenökologische und pflanzenbauliche Effekte konservierender Bodenbearbeitung auf sandigen Böden: C- und N-Verluste und bodenbiologische Aktivität. ZALF – Bericht Nr. 39, Müncheberg, 136 S.
- Smukalski, M., Kundler, P., Rogasik, J. und Kühn, G. (1990) Bodenfruchtbarkeit und Ertragsentwicklung in Abhängigkeit von mineralischer und organischer Düngung–düngungsbedingte Extensivierungseffekte auf sandigen Böden Nordost-deutschlands. FZB-Report 1990, wissenschaftlicher Jahresbericht des Forschungszentrums für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg, S. 164–171.
- Smukalski, M., Kundler, P. und Rogasik, J. (1990) Der Müncheberger Nährstoffsteigerungsversuch. Dauerfeldversuche der DDR, Berlin, S. 251–259.
- Smukalski, M. und Rogasik, J. (1992) Nährstoffbilanzen und Entwicklung der Bodenfruchtbarkeit bei extensivem bis intensivem Wirtschafts- und Mineraldüngereinsatz. Maercker-Symposium zum 90jährigen Bestehen des Statischen Düngungsversuchs Bad Lauchstädt: "Dauerfeldversuche und Nährstoffdynamik", 9.–12.6. 1992 in Bad Lauchstädt, S. 36–41.
- Smukalski, M., Rogasik, J. und Obenauf, S. (1993) Nährstoffumsatz und Nährstoffbilanzen bei ackerbaulicher Nutzung pleistozäner Sandböden in Abhängigkeit von Nährstoffzufuhr und Fruchtfolge – Ergebnisse aus Müncheberger Dauerfeldversuchen. Landbauforschung Völkenrode, 43, 4, S. 211–223.