

Versuch macht klug – Dauerversuch macht klüger!

Jutta Rogasik, Holger Lilienthal und Ewald Schnug (Braunschweig)

Der besondere und unwiederbringliche Wert von Dauerversuchen liegt in ihrem über lange Zeiträume akkumulierten Erkenntnisstand. Böden reagieren sehr langsam auf Veränderungen ihrer Eigenschaften, insbesondere der Kohlenstoff- und Stickstoff-Gehalte, aber auch der Bodenmikrobiologie. Bevor sich infolge von Nutzungsänderungen ein neues Gleichgewicht eingestellt hat, vergehen oft mehrere Jahrzehnte. Vor diesem Hintergrund sind die bestehenden Dauerfeldversuche ein Glücksfall für die Agrar- und Umweltwissenschaften. Sie liefern Grundlagen für den experimentellen Nachweis langfristiger Wirkungen der Stoffkreisläufe auf unsere Böden, die naturnahen Ökosysteme und die landwirtschaftliche Produktion.

Der Ursprung der Dauerversuche

Zwischen 1843 und 1856 begründeten Sir John Lawes und Sir Henry Gilbert die „Rothamsted Classical Experiments“. Sie untersuchten, wie sich anorganische Materialien, die beträchtliche Mengen an Stickstoff, Phosphor, Kalium, Natrium und Magnesium enthielten, auf die Ertrags-höhe auswirken. Zu diesen Materialien zählte „Superphosphat“, das durch schwefelsauren Aufschluss von Knochen hergestellt wurde. Makaber die Herkunft der Knochen zur damaligen Zeit! Am 18. November 1822 berichtete die britische Zeitung „The Observer“: „...the Napoleonic battlefields of Leipzig, Austerlitz and Waterloo had been swept alike of the bones of the hero and of the horses which he rode, and that hundreds of tons of the bones had been shipped to Yorkshire bone-grinders to make fertilizers for farmers.“¹⁾

Die Effekte dieser „Handelsdünger“ wurden in unterschiedlichen Kombinationen mit denen von Stalldung verglichen. Schon Lawes (1814–1900) und Gilbert (1917–1901) archivierten Pflanzen- und Bodenproben für die chemische Analytik.

Diese Proben sind heute von unschätzbarem Wert, erlauben sie uns doch, mit moderner Messtechnik in den Boden von vor mehr als 150 Jahren zu schauen. Die Mehrzahl dieser Versuche ist bis heute, wenn auch modifiziert, erhalten geblieben.

In Deutschland waren es vor allem die Agrikulturchemiker Max Maercker (1842–1901) und Wilhelm Schneidewind (1860–1931), die die Bedeutung der Langzeitexperimente sowohl für Wissenschaft als auch landwirtschaftliche Praxis erkannten und Anfang des 20. Jahrhunderts umsetzten (Ewiger Roggenbau Halle, Statischer Versuch Bad Lauchstädt). Die damaligen Erkenntnisse waren von großem Interesse für die Landwirte, zeigten sie doch, mit welchen Nährstoffen die größten Ertrags-effekte erzielt werden konnten.

Heute untersuchen die Wissenschaftler ganz andere Effekte der Düngung: die Wirkungen auf die Umwelt und die Produktqualität stehen im Mittelpunkt ihrer Forschungen. Diese neuen Fragestellungen können nur auf der Basis von Dauerfeld-

1) Die Schlachtfelder der Napoleonischen Kriege bei Leipzig, Austerlitz und Waterloo waren förmlich übersät mit den Knochen der Krieger und ihrer Reitpferde, sodass Hunderte von Tonnen Knochenmaterial in die Knochenmühlen nach Yorkshire transportiert wurden, um daraus Dünger für die Farmer zu machen.

versuchen zutreffend beantwortet werden. Aktuell existieren weltweit etwa 600 Dauerversuche mit einer Laufzeit von mehr als 20 Jahren, davon 186 mit mehr als 50 Jahren (Tab. 1).

Der C-Dauerversuch in Braunschweig

1952 wurde von der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) in Braunschweig auf einer ehemaligen Waldfläche ein Kohlenstoff-Dauerversuch angelegt (Tab. 2; Abb. 1). Heute ist dieser Versuch einer der 24 in Deutschland noch verbliebenen Dauerversuche mit einer Versuchsdauer von mehr als 50 Jahren. 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. Der Versuch wird in einer Hackfrucht-Getreide-Rotation ohne Landwechsel geführt. Die organische Düngung erfolgt zu Hackfrüchten. Getreide erhält nur mineralische Düngung.

Geprüft wird der Einfluss langjähriger organischer und mineralischer Düngung auf wichtige Parameter der Bodenfrucht-

Tab. 1: Dauerfeldversuche mit einer Laufzeit von mehr als 20 Jahren (nach Debreczeni & Körschens 2003)

Kontinent		20–50 Jahre	50–100 Jahre	> 100 Jahre
Europa, darunter in		292	81	20
	Großbritannien	6	2	11
	Deutschland	70	22	2
	Ungarn	75	2	
	Russland	32	30	
Afrika		32	37	
Asien		28	7	
Australien		7	14	
Nord-Amerika, darunter in		41	21	5
	Kanada	8	4	
	USA	33	17	5
Süd-Amerika		9	1	

barkeit. Außerdem wird bewertet, wie viel CO₂ im Boden in Abhängigkeit von der Bewirtschaftungsintensität gespeichert wird bzw. in die Atmosphäre verloren geht.

Langjährig praktizierte Düngungsintensitäten – von „Luxuskonsum“ bis 50 Jahre lang ungedüngt – erlauben Schlussfolgerungen zur Entwicklung der Humusbilanz und des Humusgehaltes, aber auch physikalischer Bodeneigenschaften. So konnte anhand der langfristigen Beobachtungsreihen nachgewiesen werden, dass

die Humusversorgung eng mit der Fähigkeit des Bodens zur Wasseraufnahme (Wasserinfiltration) korreliert ist – eine wesentliche Voraussetzung für die Erhaltung der Ackerflächen in einem guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand. In der Versuchsvariante „NPK + Stallmist“ und einer Bewirtschaftungs-

dauer von nur 50 Jahren wurde eine deutlich höhere Infiltrationsrate gemessen als in der Variante „NPK“ (Abb. 2). Entscheidend dafür ist der höhere Humusgehalt (1,4% C_{org} bzw. 2,4% Humus) sowie das dadurch verbesserte Makroporensystem. Die Bewirtschaftung seit mehr als 100 Jahren reduzierte den Humusgehalt und

Tab. 2: Kennwerte des Dauerversuches in Braunschweig

Parameter	C-Dauerversuch Südfeld
geographische Lage	52° 18' N; 10° 27' E
Höhe über NN	81 m
Bodenformenvergesellschaftung	Braunerde-Podsol, Parabraunerde
FAO-Bodenklassifikation	Dystric Cambisol, Orthic Luvisol
Körnungsart	schluffig-lehmiger Sand (Slu)



Abb. 1: Blick auf den C-Dauerversuch des Institutes für Pflanzenernährung und Bodenkunde der FAL in Braunschweig (Größe der Versuchsfläche ca. 3.000 m²)

die Wasser-Infiltrationskapazität der Böden.

Die durch ein unterschiedliches Nährstoffmanagement erreichte Differenzierung im Bodenfruchtbarkeitsniveau dokumentiert sich auch im Ertragsverhalten. Humusgehalt (C_{org}), P-Konzentration und pH-Wert sind eng korreliert mit der Ertragshöhe (Abb. 3). Dies zeigt einmal mehr, dass nur durch eine optimale Kombination bodenfruchtbarkeitsbestimmender Parameter ein hohes Ertragsniveau erreicht wird.

Nach 50 Versuchsjahren erreicht die ungedüngte Variante im Braunschweiger C-Dauerversuch mit 40 dt pro Hektar Korn bei Winterweizen immerhin noch 50% des Ertragsoptimums, das bei einer Düngung von 140 kg Stickstoff pro Hektar erreicht wird (Abb. 4).

Ergebnisse aus den Dauerversuchen bilden heute die experimentelle Basis, um Richtwerte für die organische Bodensubstanz abzuleiten oder um den Einfluss der Düngungsintensität auf die Freisetzung klimarelevanter Spurengase zu beurteilen. Mit Hilfe von Dauerversuchen wurde erkannt, dass es durch phosphathaltige Düngemittel zu einer langfristigen Uran-Anreicherung in Böden und Pflanzen kommen kann. Und auch neu entwickelte Computermodelle zur Simulation von witterungsabhängigen Boden- und Ertragsbildungsprozessen lassen sich nur mit Dauerversuchen überprüfen.

Fernerkundliche Dauerbeobachtung mit LASSIE

Zur Beobachtung der Versuchsfläche und als Hilfsmittel für eine effiziente Bestandesführung wurde 2002 an der FAL das bodengestützte Sensorsystem LASSIE (Low Altitude Stationary Surveillance Instrumental Equipment) installiert. LASSIE ist eine weltweit einzigartige Entwicklung des Instituts für Pflanzenernährung und Bodenkunde. Mit diesem System sind zeitnahe Aufnahmen der Versuchsflächen zur Unterstützung der Versuchsdurchführung

und zur Interpretation der Versuchsergebnisse möglich.

LASSIE besteht aus fernsteuerbaren digitalen Kameras, die exponiert an der Spitze eines Mastes angebracht sind (Abb. 5). Im Gegensatz zu Flugzeug- oder Satellitenaufnahmen ist das System nahezu unabhängig von der Witterung. Die Bilddaten werden automatisch geometrisch entzerrt und auf eine Kartengrundlage angepasst, so dass sie mit anderen Versuchsdaten direkt verglichen werden können. Dadurch werden Unterschiede im Bestand sehr leicht erkennbar, und Bonituren oder pflanzenbauliche Maßnahmen können zielgerichtet durchgeführt werden. Mit Hilfe der digitalen Bildverarbeitung lassen sich beispielsweise exakte Angaben über den Pilzbefall treffen. Das Auflösungsvermögen reicht bis auf den Maßstab eines einzelnen Blattes.

Das LASSIE-System ermöglicht eine detaillierte Dokumentation aller räumlichen und zeitlichen Veränderungen innerhalb der beobachteten Dauerversuche.

Was wäre, wenn es keine Dauerversuche gäbe?

Wir wüssten nicht, dass

- der Humusverlust von Böden beim Anbau von Hackfrüchten etwa 700–1.000 kg Humus-Kohlenstoff je ha und Jahr beträgt.
- der Humusgewinn beim Anbau von Körnerleguminosen und mehrjährigem Futter 200–800 kg Humus-Kohlenstoff je ha und Jahr beträgt.
- für eine hohe Ertragssicherheit bei geringem Verlustrisiko und standortangepassten Humusgehalten ein Humussaldo von -75 bis 100 kg Humus-Kohlenstoff je ha und Jahr kalkuliert werden muss.
- auf langfristig ungedüngten Versuchsparzellen sich ein nahezu inerte Kohlenstoffgehalt einstellt.
- reduzierte Bearbeitungsintensität, optimale Humusgehalte und Kalkung die Infiltration von Wasser in das Bodenprofil deutlich erhöhen.
- die P-Mineraldüngung den Boden mit Uran anreichert.

Diese Beispiele für wertvolle Wissensfragmente verdanken wir überwiegend den Ergebnissen von Dauerversuchen. Darüber hinaus hätten wir keine Richtwerte

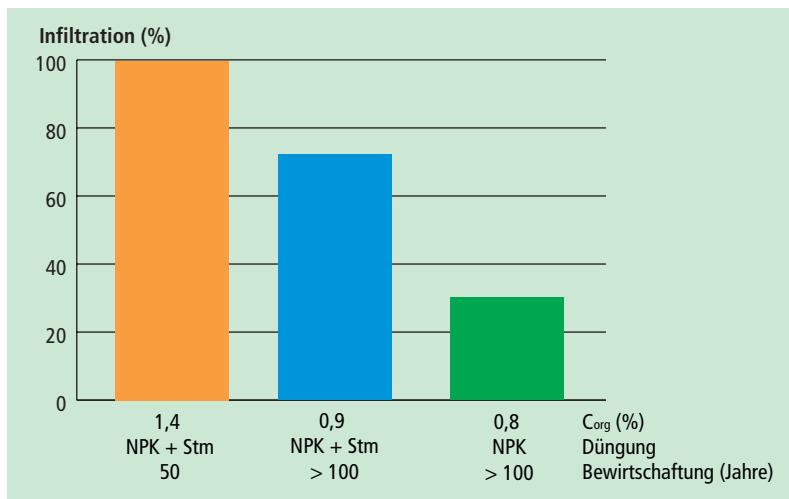


Abb. 2: Einfluss von Humusgehalt (C_{org}), Düngungsintensität und Dauer der Bewirtschaftung auf die Infiltration (100 % = 332 mm/h). Stm = Stallmist

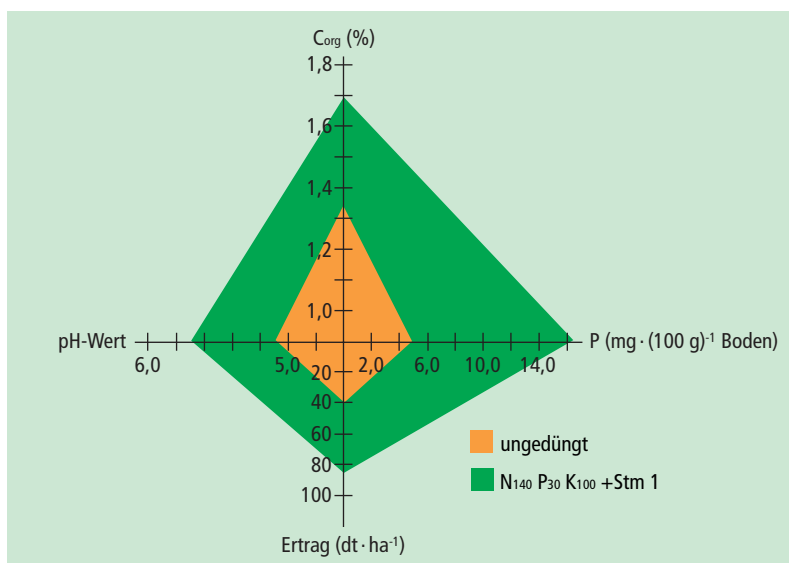


Abb. 3: Einfluss langjähriger organisch-mineralischer Düngung auf C_{org} - und P(CAL)-Gehalte und pH-Wert im Boden sowie den Ertrag von Winterweizen (C-Dauerversuch Braunschweig, 2000)

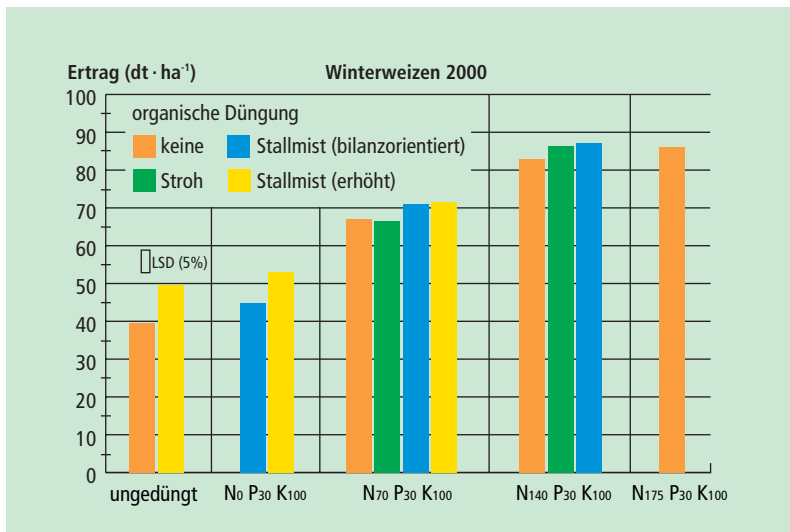


Abb. 4: Langfristiger Einfluss verschiedener organischer und mineralischer Düngungsvarianten auf den Winterweizenertrag (C-Dauerversuch Braunschweig)

für die Gehaltsklassen bei Phosphor, Kalium und Magnesium und keine Richtwerte für anzustrebende Mikronährstoffgehalte im Boden.

Teuer, aber unentbehrlich

Dauerversuche sind teuer, denn der Boden ist keine homogene Masse. Die Bodeneigenschaften weisen eine hohe zeitliche und räumliche Variabilität auf. Proben müssen regelmäßig gezogen und für lange Zeiträume sicher konserviert und verwaltet werden. Der Aufwand für Probenahme, Analytik und Dokumentation ist dementsprechend groß. Veränderungen können oft erst nach Jahrzehnten quantifiziert werden.

Die Durchführung von Dauerversuchen ist sehr personalaufwändig und kostet pro Hektar etwa 30.000 Euro im Jahr. Der Ertrag für Publikationen lässt aber oft Jahre auf sich warten! Dennoch werden Dauerfeldversuche auch künftig unentbehrlich sein, um Langzeitwirkungen und Zusammenhänge erkennen und quantifizieren zu können.

Das Gedächtnis des Bodens

Dauerversuche sind eine realistische und praxisnahe Prüfmethode um zu erkennen, ob wir nachhaltig wirtschaften.

Dauerfeldversuche geben Antworten darauf, wie wir die natürliche Ressource Boden für nachfolgende Generationen bewahren können. Sie zeigen deutlich, wie Böden sich verändern, wenn sie über Jahrzehnte mit unterschiedlicher Intensität genutzt werden.

Sorge um die Gesundheit und Funktionalität von Böden ist elementare Grundlage einer nachhaltigen Entwicklung. In diesem Sinne unterzeichneten verantwortliche Wissenschaftler aus 14 Ländern schon 1997 ein Memorandum „Für den Erhalt und die umfassende Nutzung der Dauerfeldversuche“²⁾, das mit folgendem Appell schließt:

- Tragen Sie dazu bei, dass die Dauerfeldversuche als eine unentbehrliche Basis für die Agrar- und Umweltforschung erhalten werden!
- Unterstützen Sie die Bemühungen, die Dauerfeldversuche als Grundlage der experimentellen Forschung zur nachhaltigen Bodennutzung gemeinschaftlich besser zu nutzen!
- Helfen Sie mit, anhand der Dauerfeldversuche wissenschaftliche Erkenntnisse zu gewinnen, mit denen zum dauerhaften Erhalt der Bodenfunktionen und Schutz der natürlichen Ressourcen beigetragen wird!

²⁾ veröffentlicht in: Einfluss der Bodennutzung auf die langfristige Entwicklung von Fruchtbarkeit und Ertragsfähigkeit. Dokumentation der wichtigsten Dauerfeldversuche in Berlin-Dahlem und Thyrow. Humboldt-Universität zu Berlin 06/1997. ISBN 3929603667

- Leisten Sie einen Beitrag, um Dauerversuche als Wissenschaftserbe für künftige Generationen zu erhalten! ■



Dr. Jutta Rogasik,
Dr. Holger Lilienthal, Prof. Dr. Dr.

Ewald Schnug, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig.
E-mail: jutta.rogasik@fal.de.

Die Autoren danken Herrn Prof. Dr. Martin Körschens, Bad Lauchstädt, für die fachliche Unterstützung.



Abb. 5: Stationäres Beobachtungssystem LASSIE: Oben der Mast mit den digitalen Überwachungskameras, unten die entzerrte Aufnahme der Versuchsflächen des Instituts für Pflanzenernährung und Bodenkunde