

Zwanzig Jahre Langzeit-Düngungsversuch

Joachim Raupp

1980 begann am Institut für biologisch-dynamische Forschung in Darmstadt ein Düngungsversuch, der eigentlich als Vierjahresprojekt gedacht war. Aufschlussreiche Ergebnisse und immer wieder neue Fragestellungen führten dazu, dass dieser Versuch auch nach nunmehr zwanzig Jahren weitergeführt wird.

Bei einem Langzeitversuch werden Jahr für Jahr auf denselben Parzellen die gleichen Behandlungen durchgeführt, um die langfristigen Effekte der getesteten Maßnahmen zu erkennen. Unser Versuch hat nun zwei Jahrzehnte hinter sich. Es ist daher an der Zeit, die einzelnen Versuchsphasen zusammenzufassen, obwohl unser Langzeitversuch noch blutjung ist im Vergleich zu den berühmten „Senioren“ in Rothamsted, Halle oder Berlin-Dahlem, von denen einige schon Mitte des 19. Jahrhunderts angelegt worden sind. Langzeitversuche sollen speziell die langfristigen Effekte der Behandlungen zeigen, eine Blickrichtung, die gerade im ökologischen Landbau besonderes Gewicht haben sollte. Dennoch gibt es nur wenige Langzeitversuche unter Bedingungen des ökologischen Landbaus. Unser Versuch ist neben dem DOK-Versuch am FiBL in der Schweiz, dem K-Versuch in Järna, Schweden (1958-90) und den Fruchtfolgeversuchen am Rodale Institute in Kutztown (Pennsylvania) einer der wenigen weltweit.

Die Veranlassung zu unserem Versuch und das Hauptthema der ersten vier Jahre war, den Einfluss von Stallmist (teils mit, teils ohne Anwendung der biologisch-dynamischen Präparate) und mineralischer Düngung jeweils in drei verschiedenen



Abb. 1: Im Langzeitdüngungsversuch Darmstadt werden seit 1980 Stallmistvarianten und Mineraldüngervarianten verglichen.

Tab. 1: Versuchsaufbau des Langzeit-Düngungsversuches		
1. Faktor: Düngerart	RM	Rindermist (gerötet) *
	RMBD	Rindermist (gerötet) und Anwendung aller biologisch-dynamischer Präparate *
	MIN	Mineraldüngung (Kalkammonsalpeter, Superphosphat, 50er Kali, seit 1996 Kalimagnesia)
2. Faktor: Düngerhöhe	niedrig	Die Bemessung war von der Fragestellung der jeweiligen Versuchsphase abhängig (siehe Tab. 2).
	mittel	
	hoch	

* Von 1980 bis 1984 sowie 1988 und 1989 in einzelnen Fällen ergänzt mit Jauche, Rizinussschrot oder Horngries; seit 1990 regelmäßig Jauche als zweite N-Gabe zu Getreide

Dosierungen (Tab. 1) auf die Qualität, insbesondere auf das Nachernteverhalten von Gemüse zu untersuchen (Abele, 1987). Der grundsätzliche Aufbau des Versuchs wurde bis heute beibehalten. Nach der ersten Versuchsphase (ab 1985/86) wurde dann die Höhe der organischen Düngung reduziert und die Fruchtfolge umgestellt

(Tab. 2) – die Bedingungen entsprechen nun eher denen auf einem ökologischen Praxisbetrieb. Das Versuchsfeld besteht aus einer sandigen Braunerde (22 Bodenpunkte); die langjährigen Jahresmittel sind 9,5 °C und 590 mm Niederschlags-summe.

Weniger Nitrat, besseres Lagerverhalten

Am Anfang stand das Vorhaben eines Vierjahresversuches, der als Forschungsauftrag des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten entstanden war. Für die Zielsetzung des Projektes war es erforderlich, mit organischer wie mineralischer Düngung in der jeweiligen Stufe ein vergleichbares Ertragsniveau zu erreichen, damit an den Produkten Qualitätseigenschaften untersucht werden konnten, die nicht durch Effekte unterschiedlicher Ertragsniveaus überlagert worden waren. Das Ziel der Ertragsgleichheit war durch die Anwendung ungewöhnlich hoher, nicht praxisüblicher Mengen Rottmist weitestgehend erreicht worden, so dass die Produktqualität wie beabsichtigt untersucht werden konnte. Bei Rottmisdüngung enthielten alle drei untersuchten Gemüsearten in aller Regel weit weniger Nitrat als bei Mineraldüngung (Tab. 3). Andere Düngungsversuche haben zwar ähnliche Re-

Tab. 2: Versuchsdurchführung und Fragestellungen des Langzeit-Düngungsversuches*

	1980 - 1984	1988 - 1991	1992 - 1999
Forschungsschwerpunkte	Nahrungsqualität	Bodenbiologie	Ertragsbildung und Langzeiteffekte
Wiss. Leitung	Dr. Ulf Abele	Dr. Johann Bachinger	Dr. Joachim Raupp
Bemessung der Düngermengen	Ertragsgleichheit in RM und MIN; z. B. Roggen: MIN: 50 - 100 - 150 kg ha ⁻¹ N RM/RMBD: 240 bis 400 dt ha ⁻¹ Rottemist in mittlerer Stufe	gleiche Stickstoffmengen in RM, RMBD und MIN: Getreide: 60 - 100 - 140 kg ha ⁻¹ N Hackfrucht: 50 - 100 - 150 kg ha ⁻¹ N	gleiche Stickstoffmengen in RM, RMBD und MIN: Getreide: 60 - 100 - 140 kg ha ⁻¹ N Hackfrucht: 50 - 100 - 150 kg ha ⁻¹ N
Fruchtfolge	Möhren Rote Bete Kartoffeln Winterroggen	Rotklee (Luzerne) Sommerweizen Kartoffeln (Möhren) Winterroggen	Rotklee (Perserklee) Sommerweizen Kartoffeln Winterroggen

* Von 1985 bis 1987 wurde der Versuch den Varianten entsprechend bewirtschaftet ohne Durchführung wissenschaftlicher Untersuchungen.

sultate ergeben, dort wurde jedoch häufig auf Stickstoffgleichheit statt auf Ertragsgleichheit gedüngt, so dass sich die Ertragshöhen bei beiden Düngerarten manchmal unterschieden. Diese Versuche sind daher in Bezug auf die Bedeutung der Düngungsart weniger aussagekräftig als unser Versuch, bei dem die Nitratunterschiede zwischen organisch und mineralisch gedüngten Produkten auf gleichem Ertragsniveau aufgetreten sind.

Das Nachernteverhalten des Gemüses wurde in Lagerversuchen mit ganzen Produkten unter möglichst optimalen Bedingungen getestet und in verschiedenen Zersetzungstests (ein bis drei Wochen) unter Stressbedingungen (Temperatur, Feuchte) mit zerkleinertem Gemüse und mit Presssaft (Kartoffeln). Während die Haltbarkeit unter den praxisnahen Lagerungsbedingungen kaum düngungsbedingte Unterschiede zeigte, war unter Stressbedingungen eine klarere Differenzierung der Varianten hinsichtlich Verpilzung, mikrobiellem Abbau oder Dunkelfärbung von Kartoffelpresssaft zu beobachten (Abele, 1987). Günstigere Werte zeigten sich meist in den Rottemistvarianten verglichen mit Mineraldüngung und in den niedrigen gegenüber den hohen Düngungsstufen (z. B. bei Rote Bete, Abb. 2) sowie in einigen Fällen auch zugunsten der Variante mit gegenüber ohne biologisch-dynamische Präparate. Bei zusammenfassender Betrachtung (Raupp, 1997) fällt allerdings auf, dass nur

Tab. 3: Nitratgehalte in Gemüse (ppm FS) bei Rottemist- und Mineraldüngung in drei verschiedenen Stufen

Werte über den jeweils anderen Faktor gemittelt, Mittel 1981-84 (Abele, 1987) *

	RM	RMBD	MIN	niedrig	mittel	hoch
Möhren	119 a	109 a	199 b	90 a	149 b	188 c
Rote Bete	973 a	962 a	1 315 b	800 a	1 087 b	1 363 c
Kartoffeln	99 a	95 a	162 b	94 a	122 ab	140 b

* Die Werte der Düngungsarten sind gemittelt über die Düngungsstufen, und die Werte der Düngungsstufen sind Mittel über die Düngungsarten; Versuchsaufbau s. Tab. 1. Mittelwerte eines Versuchsfaktors mit ungleichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant (p < 0,05).

der mikrobielle Befall der Proben in allen Jahren und bei allen Gemüsearten übereinstimmende Resultate bezüglich der Düngungsarten erbracht hat. Gleichwohl haben die Zersetzungstests das Spektrum der Qualitätskriterien erweitert und so für die Forschung wichtige Impulse gesetzt.

Höhere bodenbiologische Aktivität

Aus der Bodenentwicklung während der ersten Versuchsphase ergab sich die Zielsetzung, die Effekte der Düngung auf die C- und N-Dynamik im Boden anhand des organischen Stickstoffs und anhand mikrobiologischer Parameter (s. Tab. 4) zu untersuchen (Versuchsphase 1988-91; Bachinger, 1996). Außerdem ging es um Wurzelwachstum, Ertrag und N-Entzug von Roggen. Nur in der Rottemistvariante mit biologisch-dynamischen Präparaten konnte der Humusgehalt (C_{org}) des Bodens auf dem Niveau zu Versuchsbeginn gehalten werden. In den anderen Varianten san-

den die Gehalte, am stärksten bei Mineraldüngung, etwas weniger stark bei Rottemistdüngung ohne die Präparate (s. Ökologie & Landbau 117, S. 68). Letzteres ist erstaunlich, da in den Mistvarianten ohne Präparate die gleichen Mengen ausgebracht worden waren wie in den Varianten mit Präparaten. Der Präparateinfluss hat offensichtlich dazu geführt, dass das Bodenleben die organische Substanz anders verarbeitet hat, so dass mehr Humus erhalten blieb.

Die biologische Aktivität war in den langjährig mit Rottemist gedüngten Parzellen stärker ausgeprägt als im mineralisch gedüngten Boden, und in einigen Fällen war sie in der Präparatevariante höher als ohne Präparate. Im Mittel der Untersuchungsjahre lagen die Enzymaktivitäten und die mikrobielle Biomasse in den Rottemistvarianten um bis zu 44 % über den Ergebnissen der Mineraldüngervariante (Bachinger, 1996; Tab. 4).

Tab. 4: Mikrobiologische Parameter und organische Substanz des Bodens bei Rottemist- und Mineraldüngung
Mittelwerte 1989-91 von drei Düngungsstufen in Relation zu MIN = 100 (Bachinger, 1996)

	DHA ¹	PA ²	DRA ³	ATP ⁴	N _{mic} ⁵	C _{mic} ⁶	C _{org} ⁷	N _t ⁸	DHA/C _{org}	PA/C _{org}
RM	129	125	118	128	115	114	115	113	112	109
RMBD	144	130	127	144	126	126	131	129	110	99
MIN	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

¹ Dehydrogenase-Aktivität

³ Dimethylsulfoxidreduktase-Aktivität

⁵ Stickstoff in der mikrobiellen Biomasse (Chloroform Fumigation Extraktion)

⁷ organischer Kohlenstoff

² Protease-Aktivität

⁴ Adenosintriphosphat-Gehalt

⁶ Kohlenstoff in der mikrobiellen Biomasse (substratinduzierte Respiration)

⁸ Gesamtstickstoff

Präparate systemregulierend

Aus den klaren bodenbiologischen Ergebnissen folgte für die dritte Versuchsphase (1992-99) die Fragestellung, ob die düngungsspezifische Bodensituation Auswirkungen auf Wachstum und Ertragsbildung der Kulturpflanzen hat und welche Bedeutung die Witterung in Verbindung mit den Behandlungen hat. Außerdem ging es um die Langzeiteffekte der organischen Düngung und der

hoher Erträge stärker auf günstige Wachstumsbedingungen (Wasserversorgung) angewiesen sind als die organisch gedüngten (Raupp et al., 1994). In günstigen Jahren erzielte die Mineraldüngung höhere Spitzenerträge (bis 52 dt/ha) als die Rottemistdüngung (bis 40 dt/ha). In ungünstigen Jahren brach jedoch der Ertrag bei den Mineraldüngervarianten viel stärker ein

Alle genannten Ertragsauswertungen sind nur in Langzeitversuchen möglich. Außer den hier dargestellten Themen sind in den vergangenen 20 Jahren viele weitere pflanzenbauliche und agrarökologische Probleme untersucht worden. Die Weiterführung des Versuches ab dem laufenden Jahr ist mit veränderter Konzeption, Fruchtfolge und Düngung vorgesehen. Die

zentrale Fragestellung wird künftig sein, wie sich die Humusgehalte nach Änderung der Düngung verhalten werden.

Abschließend möchte ich einen herzlichen Dank an alle aussprechen, die in den 20 Jahren auf dem Feld, im Labor, durch ihre wissenschaftliche Arbeit und nicht zuletzt durch Gewährung finanzieller Unterstützung zu dem Versuch beigetragen haben. Insbesondere gilt mein Dank Dr. Hans Jürgen Reents, der den Versuch in einer schwierigen

Abb. 2: Stärkste Verpilzung geraspelter Rote Bete aus Mineraldüngung (MIN); RM = Rottemistdüngung, RMBD = Rottemistdüngung plus biologisch-dynamische Präparate. Das Bild zeigt jeweils fünf Laborwiederholungen einer Probe übereinander nach Inkubation bei 30 °C.

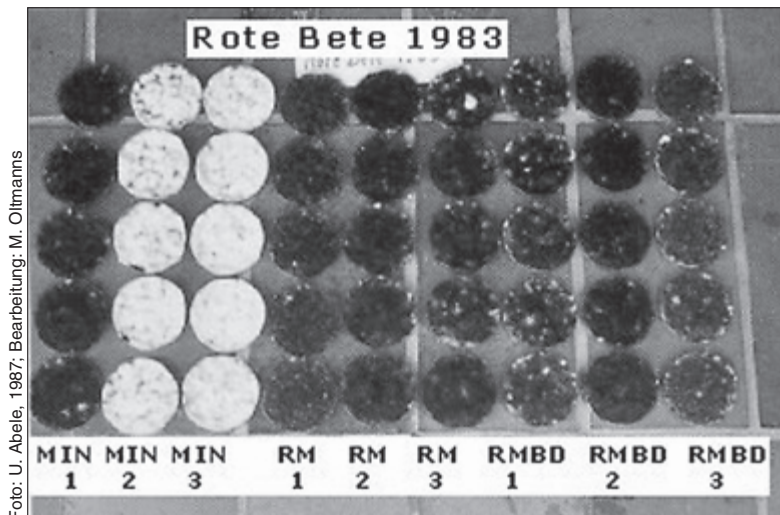


Foto: U. Abele, 1987; Bearbeitung: M. Oltmanns

Anwendung biologisch-dynamischer Präparate. Von beiden Maßnahmen sind kumulative Wirkungen denkbar, wenn sie nicht nur einmalig, sondern über längere Zeit auf derselben Fläche jährlich wiederholt eingesetzt werden.

Die Kartoffel- und Roggenerträge waren in der Regel mit Mineraldüngung höher. Die Ertragsbildung dieser beiden Kulturen spiegelt deutlich die spezifische Nährstoffverfügbarkeit der organischen bzw. mineralischen Düngung wieder. Sommerweizen dagegen brachte über die Jahre mit beiden Düngerarten den gleichen Durchschnittsertrag (Raupp, 1996). Die Anwendung der biologisch-dynamischen Präparate steigerte den Kartoffelertrag im Mittel der Jahre um 16 dt/ha. Bei Sommerweizen hat sich gezeigt, dass die mineralisch gedüngten Pflanzen für die Erzielung

als bei den organischen Varianten. Offenbar konnte das System ungünstige Wachstumsbedingungen mit organischer Düngung besser kompensieren als mit mineralischer.

Bei Sommerweizen zeigte sich noch ein interessanter Effekt der biologisch-dynamischen Präparate. In Jahren mit niedrigem Ertragsniveau der Kontrollvariante brachte die Präparatevariante höhere Erträge; in Hohertragsjahren dagegen gab es mit den Präparaten etwas weniger Ertrag als ohne sie (Raupp, 1999). In dieser gegenläufigen Reaktion drückt sich die Fähigkeit der Präparate aus, unter Extremverhältnissen ausgleichend zu wirken. Dies wurde von König (1993) Systemregulierung genannt. Solche Präparateeffekte wurden auch in anderen Feld- und in Gefäßversuchen festgestellt.

Übergangszeit (1985-87) bewirtschaftet und damit am Leben gehalten hat und Dr. Johann Bachinger, der durch seine bodenbiologischen Arbeiten und in der Zeit danach durch hilfreiche Diskussionen wichtige Anregungen auch für die laufenden Untersuchungen gegeben hat. □

Dr. Joachim Raupp,
Institut für biologisch-
dynamische Forschung,
Brandschneise 5,
D-64295 Darmstadt



Die Literaturliste zu diesem Artikel kann unter <http://www.ibdf.de/118.htm> abgerufen oder per Fax bezogen werden unter der Fax-Nr. 0 61 55 - 84 21 25