

## → Wissenschaftliche Zusammenarbeit im In- und Ausland

Viele der hier aufgeführten Ergebnisse, sowie weitere Studien sind durch Kooperationsprojekte mit externen Instituten im In- und Ausland entstanden. Seit 1980 sind Wissenschaftler von über 25 externen Forschungseinrichtungen

mit ein- bis dreijährigen Projekten am Langzeitversuch beteiligt gewesen. Dadurch sind unter anderem 5 Dissertationen und 17 Diplomarbeiten entstanden. Insgesamt gibt es heute über 100 Publikationen zu dem Versuch.

### Zitierte Literatur:

- Bachinger, J. (1996) Der Einfluß unterschiedlicher Düngungsarten (mineralisch, organisch, biologisch-dynamisch) auf die zeitliche Dynamik und die räumliche Verteilung von bodenchemischen und -mikrobiologischen Parametern der C- und N-Dynamik sowie auf das Pflanzen- und Wurzelwachstum von Winterroggen. Diss. Univ. Gießen. Schriftenreihe Bd. 7, Institut für Biologisch-Dynamische Forschung, Darmstadt
- Raupp, J. (1999) Biodynamic approaches in research and development. In: FAO Regional Office for Europe, REU Technical Series 58; 41-47
- Raupp, J. (2001) Manure fertilization for soil organic matter maintenance and its effects upon crops and the environment, evaluated in a long-term trial. In: Sustainable management of soil organic matter. CAB International, Wallingford UK; 301-308
- Raupp, J.; Oltmanns, M. (2001) Auswirkung langjähriger Rottemist- und Mineraldüngung sowie der Vorfrucht auf die partikuläre organische Substanz des Bodens. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. **13**, 59-60
- Scharfy, D.; Raupp, J.; Neumann, E.; Römheld, V. (2005) Der Einfluss organischer Düngung im Langzeitdüngungsversuch auf das Ausmaß der Wurzelinfektion mit Arbuskulärer Mykorrhiza sowie die Entwicklung des Wurzelexternen Myzels bei Kartoffel (*Solanum tuberosum*). Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Kassel, 1.-4. März 2005; 229-232
- Scheller, E.; Raupp, J. (2005) Amino acid and soil organic matter content of topsoil in a long term trial with farmyard manure and mineral fertilizers. Biol. Agric. Hortic. **22**, 379-397

### Impressum:

Herausgeber: IBDF, Institut für Biologisch-Dynamische Forschung  
Arbeitsgruppe Langzeitversuche und Düngung  
Brandschneise 5  
D-64295 Darmstadt  
Tel.: +49 (0) 6155 – 8421 - 0

1. Auflage: Dezember 2006

Text und Gestaltung: Dr. Joachim Raupp (raupp@ibdf.de), Meike Oltmanns  
Wir danken der Landwirtschaftlichen Rentenbank für die finanzielle Unterstützung.

Literaturliste zum Langzeitversuch:  
<http://www.forschungsring.de/index.php?id=281>

## Stallmist und biologisch-dynamische Präparate im Langzeit-Düngungsversuch



Am Institut für Biologisch-Dynamische Forschung (IBDF) in Darmstadt begann 1980 ein Düngungsversuch, der eigentlich nur vier Jahre dauern sollte.



Die Versuchsanlage besteht aus 4 Feldern mit jeweils 9 Varianten (3 Düngerarten in 3 Mengen) mit je 4 Wiederholungen (Tab. 1).

Nach einigen Jahren traten so interessante Bodenunterschiede zwischen den Düngungsvarianten auf, dass der Versuch fortgesetzt wurde. Dadurch wurde aus dem Vierjahresprojekt ein Langzeitver-



such, der nun seit 26 Jahren mit wechselnden Forschungsschwerpunkten betrieben wird (Tab. 2).

Die Fruchtfolge (seit 1985/86) ist in der Regel Rotklee (oder Klee gras), Sommerweizen, Hackfrucht (meist Kartoffeln) und Winterroggen. Die Leguminosen erhalten keine Düngung, aber in Variante RMBD die Präparate Hornmist und Hornkiesel. Das Getreidestroh wird auf den MIN-Parzellen eingearbeitet und von den mistgedüngten Parzellen entfernt, da dort die Stallmistdüngung Stroh zurück bringt. Bis auf die Düngung sind alle



Anbaumaßnahmen in allen Varianten gleich und entsprechen den im ökologischen Landbau üblichen.

**Tab. 1:** Varianten im Darmstädter Langzeit-Düngungsversuch

1. Faktor: Düngerart:	RM	Düngung mit Rottemist und Jauche
	RMBD	Düngung mit Rottemist und Jauche mit allen biologisch-dynamischen Präparaten
	MIN	Mineraldüngung (KAS, Superphosphat, Kalimagnesia)
2. Faktor: Düngermenge (seit 1985/86):	niedrig	60 kg ha <sup>-1</sup> Stickstoff
	mittel	100 kg ha <sup>-1</sup> Stickstoff
	hoch	140 kg ha <sup>-1</sup> Stickstoff

**Standortdaten**

Das Versuchsgelände liegt ca. 10 km südlich von Darmstadt (100 m NN, 49° nördl. Breite, 8° östl. Länge). Die durchschnittliche Jahresniederschlagssumme beträgt 590 mm (Beregnung ist möglich, allerdings nur in relativ geringen

Mengen), die mittlere Jahrestemperatur liegt bei 9,5 °C. Der Boden ist eine Braunerde aus Flugsand (22 Bodenpunkte). Die Korngrößenzusammensetzung im Oberboden ist 87,2 % Sand, 8,2 % Schluff und 4,6 % Ton.

**Tab. 2:** Forschungsschwerpunkte und Düngermengenbemessung im Laufe der Jahre

	1980 - 1984	1988 - 1991	1992 - 1999	ab 2000
Forschungsschwerpunkte	Nahrungsqualität	Bodenbiologie	Ertragsbildung und Langzeiteffekte	Stabilität der Humusgehalte nach Änderung der Düngung
Basis der Bemessung der Düngermengen	Ertragsgleichheit in RM und MIN	Ausbringung gleicher Stickstoffmengen mit organischer und mineralischer Düngung in der jeweiligen Düngungsstufe	wie bisher in der mittleren Stufe	

→ **Bodenentwicklung: Stallmist und biologisch-dynamische Präparate bringen intensivere Bodenbelebung**

Der **Humusgehalt** (organisch gebundener Kohlenstoff) blieb nur mit Rottemist und den Präparaten (RMBD) über die gesamte Versuchsdauer auf stabilem Niveau.

Rottemist ohne Präparate und (noch stärker) Mineraldüngung führten zu deutlich geringeren Humusgehalten (Abb. 1).

**Tab. 5:** Wurzelmasse und -dichte von Roggen bei Rottemistdüngung ohne (RM) und mit bio-logisch-dynamischen Präparaten (RMBD) und bei Mineraldüngung (MIN), (p<0,05); Bachinger (1996)

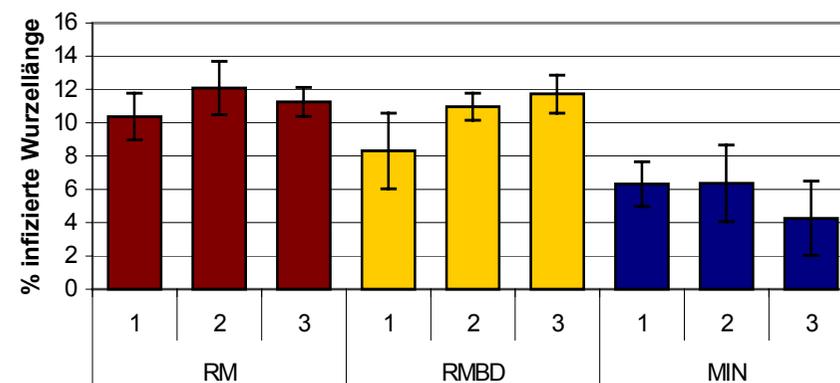
	Düngerart	Oberboden (0-25 cm)		Unterboden (25-55 cm)	
		relativ		relativ	
aschefreie Wurzelmasse (g 1000 cm <sup>-3</sup> )	RM	0,125 a	103	0,018 ab	120
	RMBD	0,140 a	115	0,021 b	140
	MIN	0,122 a	100	0,015 a	100
Wurzeldichte (Anzahl je 100cm <sup>2</sup> )	RM	400,4 a	119	35,2 a	86
	RMBD	499,3 b	148	67,3 b	165
	MIN	337,8 a	100	40,8 a	100

Wurzelmasse: Oberboden 0-30 cm; Unterboden 30-60 cm

Wurzeldichte: Oberboden 0-25 cm; Unterboden 25-55 cm

Die Symbiose mit **arbuskulären Mykorrhizapilzen** (AMP) war durch Rottemistdüngung gefördert. Kartoffeln der Mistvarianten hatten einen höheren Anteil mit AMP infizierter Wurzellänge als mineralisch gedüngte Kartoffeln (Abb 5; für die hohe Düngungsstufe statistisch signifikant). Als Ursache derartiger Unterschiede wird oft der

höhere Phosphorgehalt mineralisch gedüngter Böden angenommen, was in unserem Fall jedoch auszuschließen war. Bei uns waren die Gehalte an verfügbarem Phosphor in allen Varianten ungefähr gleich hoch. Es muss also eine spezifische Förderung der AMP durch Stallmist erfolgt sein.

**Abb. 5:** Infizierte Wurzellänge [%] der Kartoffelpflanzen in Abhängigkeit von Düngerart und -menge; ± Standardfehler; Scharfy (2005)

**Tab. 4:** Erträge (dt ha<sup>-1</sup>) im Mittel der Fruchtfolgeperioden 1992-95 und 1996-99 bei Rottemistdüngung ohne (RM) und mit biologisch-dynamischen Präparaten (RMBD) und bei Mineraldüngung (MIN), in drei Stufen (p<0,05); Raupp (2001)

	RM	RMBD	MIN	niedrig	mittel	hoch
Winterroggen	28,3 a	29,8 a	37,7 b	28,1 a	31,7 b	36,1 c
Sommerweizen	38,9	39,3	41,0	36,8 a	40,2 b	42,2 c
Kartoffeln	247 a	262 b	271 b	230 a	262 b	288 c

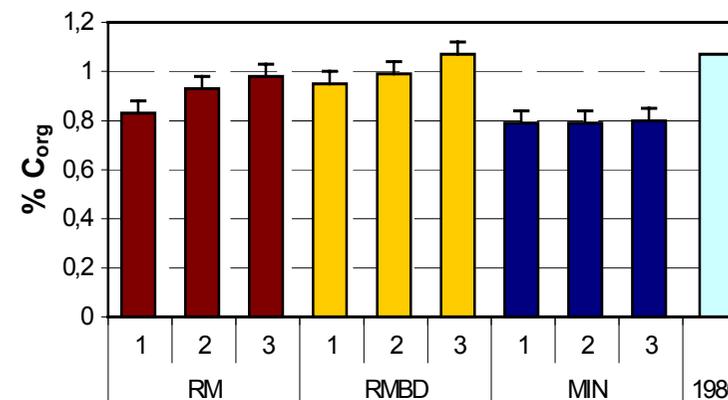
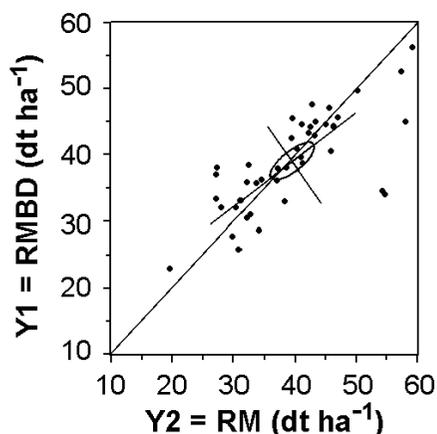
→ Bei Rottemist und biologisch-dynamischen Präparaten zeigten sich Ertragsvorteile unter ungünstigen Wachstumsbedingungen sowie eine feinere Verteilung des Wurzelsystems.

Die **biologisch-dynamischen Präparate** hatten bei Weizen gegenteilige Effekte auf den Ertrag, je nach Ertragsniveau. In ungünstigen Jahren (bei Trockenheit) brachte Mist mit den Präparaten höhere Erträge als ohne die Präparate (Abb. 4; RMBD > RM). Unter günstigen Wachstumsbedingungen, d.h. bei allgemein hohem Ertragsniveau, waren die Weizenerträge in der

Präparatevariante etwas niedriger als in der unpräparierten Variante.

**Wurzelwachstum von Roggen:** Die Wurzelichte (Anzahl Wurzeln pro Bodenvolumen) wurde durch die **biologisch-dynamischen Präparate** im Ober- und Unterboden deutlich erhöht. Rottemist mit Präparaten ergab im Unterboden eine größere Wurzelmasse als Mineraldüngung (Tab. 5).

**Abb. 4:** Sommerweizenertrag mit Rottemist in 11 Jahren; RMBD = mit Präparaten, RM = ohne; Hauptachse der Ellipse:  $Y_1 = 0,724 * Y_2 + 10,43$ ; Steigung <1 (p<0,05); Raupp (1999)



**Abb. 1:** C<sub>org</sub>-Gehalte (% TM) im Oberboden nach 18 Jahren Rottemistdüngung ohne (RM) und mit Präparaten (RMBD) sowie bei Mineraldüngung (MIN), jeweils in 3 Stufen (1-3) sowie Anfangsgehalt zu Versuchsbeginn 1980; Mittelwerte von 4 Feldern, Fehlerbalken zeigen die Grenzdifferenz (p<0,05); Raupp (2001)

Die Steigerung der Düngermenge ergab nur in den Mistvarianten höhere Humusgehalte, nicht bei Mineraldüngung. Auch im Unterboden waren der Humusgehalt und die Aktivität des Bodenzym Dehydrogenase bei organischer Düngung höher als bei Mineraldüngung (Tab. 3). Die biologisch-

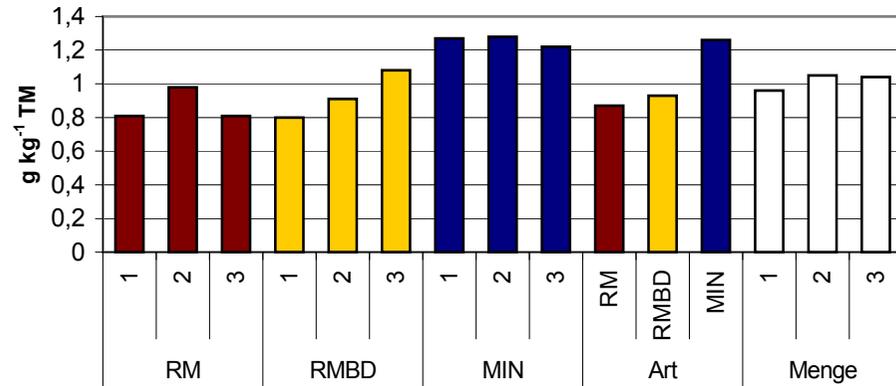
dynamischen Präparate hatten beide Merkmale im Ober- und Unterboden deutlich gefördert.



**Tab. 3:** Organischer Kohlenstoff und Dehydrogenaseaktivität im Ober- und Unterboden bei Rottemistdüngung ohne (RM) und mit Präparaten (RMBD) sowie bei Mineraldüngung (MIN); Ergebnisse von 1992; (p < 0,05); Bachinger (1996)

	Düngerart	Oberboden (0-25 cm)		Unterboden (25-55 cm)	
		relativ	absolut	relativ	absolut
organischer Kohlenstoff (%)	RM	0,99 b	124	0,27 a	104
	RMBD	1,21 c	151	0,37 b	142
	MIN	0,80 a	100	0,26 a	100
DHA (µg TPF/10 g)	RM	164,0 b	129	20,8 a	137
	RMBD	184,5 c	146	29,1 b	191
	MIN	126,8 a	100	15,3 a	100

Die **partikuläre organische Substanz** (POS) des Bodens kann nach ihrer Größe und Dichte in verschiedene Fraktionen getrennt werden, die sich nach Alter, Herkunft und Zusammensetzung des Materials unterscheiden. Die leichte Fraktion der POS (vorwiegend Ernterückstände, kaum zersetzter organischer Dünger usw.) hatte in den mit Stallmist gedüngten Parzellen geringere Gehalte als in den Mineraldüngervarianten (Abb. 2).



Art \* Menge: GD 5% = 0,17

**Abb. 2:** Gehalte der leichten Fraktion der POS nach Sommerweizen in Abhängigkeit der Düngerart und -menge, jeweils in drei Stufen (1-3); Raupp & Oltmanns (2001)

Dies deutet darauf hin, dass die Ernterückstände in den organisch gedüngten, biologisch aktiveren Böden rascher abgebaut worden sind als in den mineralisch gedüngten Parzellen. Die schwere Fraktion der POS (vom Bodenleben schon weiter verarbeitetes Material) zeigte die gleichen Unterschiede zwischen den Varianten wie die C<sub>org</sub>-Gehalte des Bodens; bei Rottemist-Düngung mit Präparate-

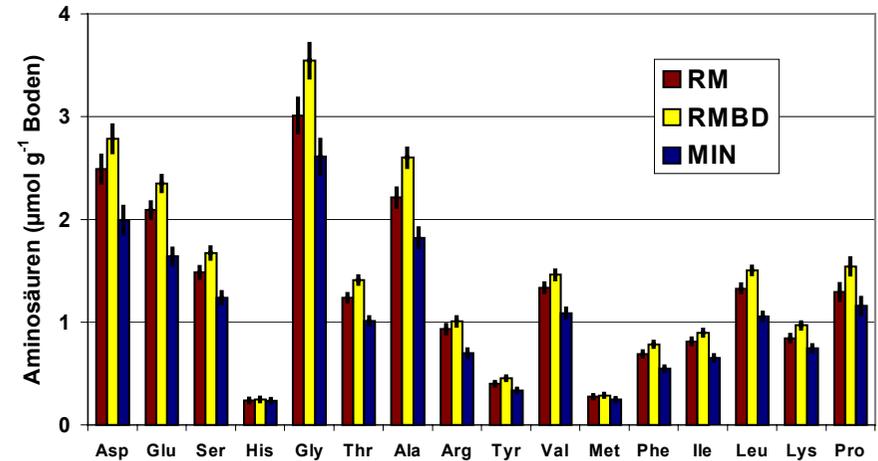
anwendung gab es die höchsten und bei Mineraldüngung die niedrigsten Werte. Dies unterstreicht die bessere Humifizierung in den mistgedüngten Böden.

Die **Aminosäuren** in der organischen Bodensubstanz sind wesentliche Bestandteile beim Aufbau von Humussubstanzen in landwirtschaftlichen Böden. Die Gesamtgehalte an hydrolysierbaren Aminosäuren (THAA) im Boden

lagen bei Düngung mit präpariertem Rottemist am höchsten, bei Rottemistdüngung ohne die Präparate deutlich niedriger, insgesamt am tiefsten jedoch bei Mineraldüngung (Abb. 3). Dies war wohl teilweise dadurch bedingt, dass der Stallmist, im Gegensatz zum Mineraldünger, dem Boden Aminosäuren zugeführt hat. Die Menge an ausgebrachten Aminosäuren (also die Düngungshöhe)

spielte in diesem Zusammenhang jedoch keine Rolle. Vielmehr scheint die Art des Aminosäure-Stoffwechsels im Boden durch die Düngerform verändert worden zu

sein. Darauf hatten die biologisch-dynamischen Präparate einen positiven Einfluss, wie die THAA-Gehalte der präparierten und der unpräparierten Mistvariante zeigten.



**Abb. 3:** Durchschnittliche Gesamtaminosäuregehalte (μmol g<sup>-1</sup> Boden) im Oberboden nach 19 Jahren bei Rottemistdüngung ohne (RM) und mit biologisch-dynamischen Präparaten (RMBD) und bei Mineraldüngung (MIN), p<0,05; Scheller & Raupp (2005)

→ Das Ertragsniveau der Kulturen spiegelte in erster Linie die speziellen Nährstoffansprüche der Pflanzen wieder; es reagierte nur indirekt auf Unterschiede in den Bodeneigenschaften.

Biologisch-dynamische Präparate haben den Ertrag von **Kartoffeln** im Mittel der Jahre deutlich erhöht; zwischen präpariertem Stallmist und Mineraldüngung bestand kein signifikanter Ertragsunterschied (Tab. 4). **Sommerweizen** brachte mit organischer und mineralischer Düngung den gleichen Durchschnittsertrag. Der Ertrag von **Roggen** war mit

Mineraldüngung höher als mit Rottemist.

