

Ertrag und Qualitätseigenschaften von Sommerweizen und Kartoffeln bei organischer Düngung tierischer Herkunft (Rottemist) und pflanzlicher Herkunft (Ackerbohenschrot)

**Yield and quality parameters of spring wheat and potatoes with animal based fertiliser
(composted manure) and plant based fertiliser (faba bean meal)**

FKZ: 03OE179

Projektnehmer:

Institut für Biologisch-Dynamische Forschung (IBDF)
Brandschneise 5, 64295 Darmstadt
Tel.: +49 61 55 8421-0
Fax: +49 61 55 8421-25
E-Mail: info@ibdf.de
Internet: <http://www.ibdf.de>

Autoren:

Raupp, Joachim

Gefördert vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau (BÖL)

Ertrag und Qualitätseigenschaften von Sommerweizen und
Kartoffeln bei organischer Düngung tierischer Herkunft (Rottemist)
und pflanzlicher Herkunft (Ackerbohenschrot)

Schlussbericht zum Projekt Nr. 03OE179
Projektzeitraum: 01.03.2004 - 15.03.2006

Projektleitung: Dr. Joachim Raupp
Ausführende Stelle: Institut für Biologisch-Dynamische Forschung, Darmstadt

Das Projekt wurde finanziell gefördert vom Bundesministerium für
Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft im Rahmen des
Bundesprogramms Ökologischer Landbau sowie von der Zukunftsstiftung
Landwirtschaft

Kurzfassung

In ökologischen Betrieben auf ertragsschwachen Standorten (z.B. sandige Böden, trockenes Klima) ist der Umfang des Tierbestandes häufig dadurch begrenzt, dass unter diesen Standortbedingungen nur eine limitierte Menge Futter erzeugt werden kann. Oft wirtschaften solche Betriebe vollständig viehlos. Die positiven Wirkungen von Stallmist sind somit nur bedingt oder überhaupt nicht nutzbar. Pflanzliche organische Dünger, wie z.B. Leguminosen-Blattmasse oder Körnerleguminosen-Schrote, könnten hier eine Alternative sein, wobei deren Effekte auf Ertrag und Qualität der Pflanzen sowie auf die Humusentwicklung der Böden im Vergleich zu Stallmist genau geprüft werden sollten.

Dies war die Zielsetzung unseres Projektes. Am Beispiel von Ackerbohnschrot wurde in einem Langzeitversuch, der seit 1996 betrieben wird, die Wirkung beider Düngerarten, jeweils mit einem Gesamtstickstoffgehalt von 100 kg ha^{-1} , auf Sommerweizen (in 2004) und Kartoffeln (in 2005) verglichen. Zusätzlich waren Stallmistvarianten mit einer höheren Aufwandmenge ($170 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$) und eine Mineraldüngervariante ($100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$) angelegt. Die organischen Dünger wurden jeweils mit und ohne Anwendung der biologisch-dynamischen Präparate eingesetzt.

Im Vergleich zur Rottmistvariante war mit Ackerbohnschrot

- der C_{org} -Gehalt des Bodens signifikant niedriger, sein Magnesiumgehalt tendenziell geringer;
- die Nitratgehalte im Boden zeigten keinen Unterschied;
- die Kartoffel-Erträge waren gleich; Weizen ergab mit Ackerbohnschrot (ohne Präparate) 4 dt ha^{-1} Mehrertrag bei niedrigerem Rohprotein- und Klebergehalt;
- die Asche- und Kaliumgehalte der vegetativen Pflanzenmasse (Stroh, Kartoffelknollen) waren geringer;
- die Zerfallsneigung der Kartoffeln (Extinktion des Extraktes) war höher.

Aufgrund der genannten Nachteile kann vorläufig keine allgemeine Empfehlung für Ackerbohnschrot ausgesprochen werden. Ansatzpunkte zur weiteren Erforschung der Problematik werden aufgezeigt.

Abstract

In organic farms under low yielding site conditions (e.g. sandy soils, dry climate) the size of animal husbandry is frequently restricted by that fact that the site conditions allow for a limited quantity of forage growing only. Some of those farms are even stockless farms. The positive effects of farmyard manure can poorly or not at all be used. Plant based organic fertilizer, e.g. legume biomass or pulse meal, can be an alternative, however, their effects on crop yield and quality and on soil organic matter development has to be carefully studied.

This was the objective of our project. With faba bean meal as an example, a long-term experiment, carried out since 1996, the effects of both fertilizer types, each applied at a rate of 100 kg ha⁻¹ total N, on spring wheat (in 2004) and potato (in 2005) have been investigated. Additionally, farmyard manure treatments with a higher rate (170 kg ha⁻¹ total N) and inorganic fertilizer (100 kg ha⁻¹ total N) has been tested. The organic treatments have been practised with and without application of biodynamic preparations.

Compared to farmyard manure, the faba bean treatment showed

- that the soil C_{org} content was significantly lower and, as a tendency, the Mg content was also lower;
- that nitrate contents in the soil did not differ;
- that potato yields were the same, and wheat yields were higher by 4 dt ha⁻¹ with faba bean meal revealing a lower crude protein and gluten content;
- that ash and potassium contents in straw and potato tubers have been lower;
- that degradation of potatoes (determined as extract extinction) was higher.

Because of the reported disadvantages, faba bean meal can not be generally recommended. Subjects of further research into this topic are described.

Inhalt

1	Ziele und Aufgabenstellung des Projekts, Bezug des Vorhabens zum Bundesprogramm Ökologischer Landbau	5
1.1	Planung und Ablauf des Projektes	6
1.2	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde	7
2	Material und Methoden	8
2.1	Standorteigenschaften	8
2.2	Versuchsanlage und Versuchsdurchführung	9
2.3	Probenahme und Analytik	11
3	Ergebnisse und Diskussion	15
3.1	Boden	15
3.1.1	Makronährstoffe und pH-Wert	15
3.1.2	Organischer Kohlenstoff und Gesamtstickstoff	16
3.1.3	Nitrat (N_{\min})	17
3.2	Sommerweizen	20
3.2.1	Bestandesaufbau und Ertrag	20
3.2.2	Rohproteingehalt der Körner und backtechnologische Parameter	21
3.2.3	Strohinhaltsstoffe	23
3.3	Kartoffeln	24
3.3.1	Bestandesentwicklung und Ertrag	24
3.3.2	Inhaltsstoffe der Knollen	26
3.3.3	Dunkelfärbung des Kartoffelextraktes	27
4	Zusammenfassung	28
5	Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; Hinweise auf weiterführende Fragestellungen	30
6	Literaturverzeichnis	31
7	Übersicht über alle im Berichtszeitraum vom Projektnehmer realisierten Veröffentlichungen zum Projekt	33

1 Ziele und Aufgabenstellung des Projekts, Bezug des Vorhabens zum Bundesprogramm Ökologischer Landbau

Auf schwierigen Standorten mit sandigen Böden und trockenem Klima steht in ökologischen Betrieben häufig zu wenig Futter zur Verfügung, da Umfang und Ertragsleistung des Futterbaus standortbedingt eingeschränkt sind. Daher verfügen solche Betriebe oft über einen sehr geringen Viehbesatz oder wirtschaften vollständig viehlos. Die positiven Wirkungen von Stallmist (Nährstoffversorgung, Humusersatz) sind somit nur begrenzt oder überhaupt nicht nutzbar. Pflanzliche organische Dünger, wie z.B. Leguminosen-Biomasse in verschiedener Form, könnten in dieser Situation eine Alternative zu Stallmist sein, wobei deren Effekte sowohl auf Ertrag und Qualität der Kulturpflanzen wie auch auf die Humusentwicklung der Böden im Vergleich zu Stallmist genau überprüft werden sollten.

Gesamtziel des Forschungsvorhabens ist,

- auf schwierigen Standorten die ökologische Bewirtschaftung für Betriebe mit geringem oder fehlendem Viehbesatz zu verbessern, indem eine Düngungsalternative zu Stallmist untersucht und bewertet wird;
- experimentell abgesicherte Düngungsempfehlungen für vieharme/viehlose landwirtschaftliche Betriebe zu geben und evtl. verbleibenden Forschungsbedarf aufzuzeigen.

Diese Zielsetzung beinhaltet folgende **wissenschaftlichen Arbeitsziele** im Rahmen eines Feldversuches:

- die Düngewirkung von Stallmist und Leguminosen-Biomasse (bei gleicher Stickstoff-Aufwandmenge) unter Feldbedingungen zu vergleichen und anhand von Ertrags- und Qualitätsparametern wichtiger Kulturpflanzen zu bewerten;
- die Wirkung des Faktors Standort in diesem Zusammenhang zu prüfen;
- zusammen mit früheren Erhebungen (am Standort Darmstadt läuft der Versuch bereits seit 1997) sollen Aussagen zur Bodenentwicklung (z.B. C_{org} -Gehalte) infolge der Anwendung tierischen bzw. pflanzlichen Düngers gemacht werden;
- dadurch soll ein Beitrag geleistet werden zur nachhaltigen Entwicklung der Bodenfruchtbarkeit im ökologischen Landbau.

Die geplanten Untersuchungen entsprechen der **Zielsetzung des Bundesprogramms**, da sie

- die Rahmenbedingungen für eine Ausbreitung des Ökologischen Landbaus verbessern, indem dieses Bewirtschaftungssystem besser an extreme Standortbedingungen angepasst wird;
- eine Datengrundlage liefern, um ökologischen Betrieben (sowie Betrieben vor oder während der Umstellung) auf entsprechenden Standorten praktische

Hinweise zur Düngung geben können;

- schon vorhandene Erfahrungen und Versuchsergebnisse mit pflanzlichen Düngern im ökologischen Gartenbau nutzen und die Übertragbarkeit dieser Verfahren auf die Belange landwirtschaftlicher Betriebe prüfen.

1.1 Planung und Ablauf des Projektes

Das Vorhaben bestand aus folgenden Teilschritten:

- Vorversuche und Expertengespräche zur Auswahl eines geeigneten pflanzlichen Düngemittels als Vergleichsvariante für Stallmist;
- Faktorieller Feldversuch über zwei Jahre zur Untersuchung des pflanzlichen und des tierischen Düngemittels.

Um die Mineralisationsintensität verschiedener pflanzlicher Substrate im Vergleich zu Stallmist quantifizieren zu können, wurden Inkubationsversuche unter kontrollierten Bedingungen durchgeführt. Von den getesteten pflanzlichen Düngemitteln lag Ackerbohenschrot im Mineralisationsverhalten dem Stallmist relativ nahe, obwohl die Gesamtmineralisation die bei Stallmistanwendung freigesetzte Nitratmenge letzten Endes deutlich übertraf (Raupp, 2005). Daher wurde es für dieses Vorhaben als Vergleichsvariante für Stallmist ausgewählt.

Zur Mineralisation von Leguminosenschroten erzielten die von mir befragten Experten in der Regel sehr ähnliche Ergebnisse und teilten daher meine Überlegungen zur Auswahl eines geeigneten Vergleichs-Düngemittels (siehe Zwischenbericht 2005). Mit landwirtschaftlichen Kulturen hatten die Befragten noch keine Versuche durchgeführt.

Ein geeigneter Feldversuch als Vergleich von Stallmist und pflanzlichem organischem Dünger wird seit 1996 am Institut für Biologisch-Dynamische Forschung in Darmstadt betrieben. Er wurde dem hier berichteten Vorhaben für zwei Jahre zur Verfügung gestellt.

Um die Wirkung der Düngungsvarianten in Wechselwirkung mit der Standortgüte testen zu können, war im ursprünglichen Arbeitsplan (siehe Antrag vom Mai 2004) ein Versuchsteil auf dem Dottenfelderhof (Bad Vilbel) vorgesehen. Mit Ackerzahlen über 60 bietet dieser Standort deutlich bessere Bodenbedingungen als Darmstadt (Ackerzahl 22). Nach Bewilligung des vorzeitigen förderunschädlichen Maßnahmenbeginns am 26.01.04, konnte das Vorhaben am 01.03.2004 auf beiden Standorten anlaufen. In Absprache mit Herrn Lange (BLE) im Juni 2004 wurde der Versuch auf dem Dottenfelderhof eingestellt, um das von der BLE vorgegebene Gesamtbudget des Projektes einhalten zu können. Aus dem beendeten Versuchsteil liegen keine Ergebnisse vor, da der Versuch abgebrochen wurde.

1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

In ökologischen Betrieben mit Viehhaltung ist der Stallmist die tragende Säule der Düngung. Seine positiven Wirkungen auf Merkmale der Bodenfruchtbarkeit sind in Feldversuchen vielfach belegt worden (z.B. Bachinger, 1996; Fließbach & Mäder, 2000; Mäder & Raupp, 1995; Pettersson et al., 1992), auch außerhalb des ökologischen Landbaus (z.B. Asmus et al., 1990; Diez & Bachthaler, 1978; Jenkinson et al., 1994; Rauhe, 1990).

Die Wirkung pflanzlicher Düngemittel ist dem gegenüber bislang hauptsächlich für gartenbauliche Anwendungen untersucht worden, wobei meist die Mineralisationsintensität und deren Abhängigkeit von Umweltbedingungen ausgewertet wurde (Braun, 1999; Gutser et al., 1984; Kalauch, et al., 2001; Rührer et al., 2003; Walter, 2000; siehe im Rahmen des Bundesprogramms das Projekt 02OE169 von T. Müller, Witzenhausen, z.B. Müller & Fragstein, 2003a,b). Dabei wurden häufig Körnerleguminosenschrote oder die üblichen organischen Handelsdünger (z.B. Hornmehl, Rizinusschrot) verwendet, deren Gebrauch in der Landwirtschaft aus preislichen Gründen derzeit kaum in Frage kommt.

Ein unmittelbarer Vergleich der pflanzlichen Düngemittel mit Stallmist wurde in den zitierten Inkubationsversuchen nicht durchgeführt, so dass deren Mineralisationsverhalten relativ zum Mist nicht zu beurteilen ist. Da die meisten der verwendeten vegetabilen Materialien aber ein engeres C:N-Verhältnis als Stallmist besitzen, kann man davon ausgehen, dass die meisten der pflanzlichen Dünger einer rascheren Umsetzung unterliegen als der tierische.

Die Langzeiteffekte einer rein pflanzlichen organischen Düngung auf die Humusentwicklung wurden, soweit wir wissen, bislang noch nicht untersucht, so dass noch keine Aussage darüber möglich ist, ob diese Düngemittel in der Lage sind, Stallmist auch in dieser Hinsicht zu ersetzen (oder möglicherweise zu übertreffen). Lediglich eine mehrjährige Düngung mit Bioabfallkompost wurde im Hinblick auf Makrofauna und einige mikrobiologische Parameter untersucht (Pfozner, 1997). In dieser Untersuchung waren die Wirkungen des Bioabfallkompostes in vielen Fällen denen des Mistkompostes gleich zu setzen. Der Schwerpunkt dieser Versuche lag allerdings auf phytopathologischen und phytosanitären Aspekten, nicht auf der Humusmenge und -qualität oder auf den Ertrags- und Qualitätsmerkmalen der angebauten Pflanzen.

Die bisherigen Untersuchungen zum Thema ökologischer Landbau ohne Viehhaltung verfolgten im Bereich Düngung verschiedene Strategien. Zum einen wurde versucht, die Ziele der Nährstoffanlieferung und Bodenpflege mit verschiedenen Leguminosen-Grünbrache-Kulturen zu erreichen, die in der Fruchtfolge

vor Getreide angebaut wurden (Hagmeier, 1986), zum anderen wurden gängige organische Handelsdünger wie Bioabfallkompost und Vinasse anstelle des Stallmistes eingesetzt (Schmidt, 1997). Eine direkte Gegenüberstellung pflanzlicher und tierischer Dünger war jedoch nicht das Thema dieser Untersuchungen und wurde deshalb auch nicht durchgeführt. Außerdem war die Laufzeit zu kurz, um Aussagen über die langfristige Bodenentwicklung in Anbausystemen ohne Stallmistanwendung zu ermöglichen.

Die Literaturbefunde lassen sich folgendermaßen zusammen fassen:

- Vegetabile Düngemittel wurden bisher hauptsächlich unter dem Aspekt der Nährstoffanlieferung für rentable gartenbauliche Kulturen untersucht.
- Körnerleguminosenschrote und andere Materialien mit relativ engem C:N-Verhältnis waren die vorwiegend eingesetzten vegetabilen Düngemittel, da deren Funktion als Nährstoffquelle interessant war.
- Weder in den Inkubationsversuchen, noch in den Feldversuchen mit viehlosen Anbausystemen fand ein direkter Vergleich mit Stallmistvarianten statt.
- Zur Beurteilung der langfristigen Bodenentwicklung war die Laufzeit bisheriger Versuche zu kurz.

Sämtliche Erfahrungen und Kenntnislücken wurden in der Konzeption unseres Projektes berücksichtigt.

2 Material und Methoden

2.1 Standorteigenschaften

Die Versuchsfläche befindet sich auf 49°41' nördlicher Breite, 8°36' östliche Länge auf einer Höhe von 100 m über NN. Der Bodentyp ist eine sandige Braunerde mit 22 Bodenpunkten, entstanden aus Flugsand über fluviatilen Neckarsedimenten. Die Korngrößenverteilung im Ap-Horizont ist 87 % Sand, 8 % Schluff und 5 % Ton. Die bodenchemischen Kennwerte sind im Ergebnisteil in Tabelle 4 aufgeführt.

Die jährliche Niederschlagsmenge beträgt im langjährigen Mittel 590 mm, die Jahresdurchschnittstemperatur ist 9,5 °C. Das **Anbaujahr 2004** zeichnete sich durch ein zu trockenes und sehr kaltes Frühjahr aus (Abb. 1). Der letzte Nachtfrost wurde am 9. April gemessen, 2 Wochen nach der Weizenaussaat. Die Nachttemperaturen waren Ende März bis Anfang April generell sehr niedrig; um 7 Uhr morgens wurden im Mittel 3,0 bzw. 6,1°C festgestellt. Die Niederschläge fielen im Februar, März und April mit 25, 29 und 16 mm weit geringer aus als im langjährigen Mittel (44, 41 und 47 mm). Erst in der ersten Maidekade gab es stärkere Niederschläge sowie im August, als der Weizen allerdings schon gedroschen war.

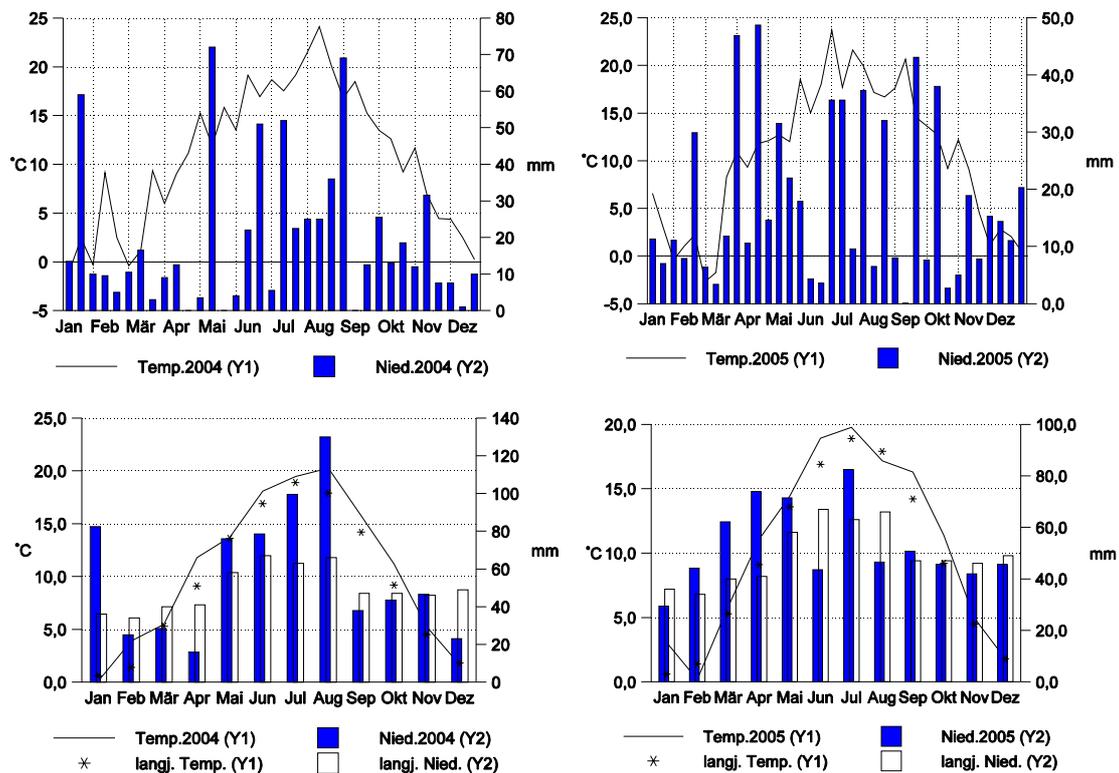


Abb. 1: Lufttemperatur (°C) und Niederschlag (mm) in 2004 (links) und 2005 (rechts); oben: Dekadenwerte, unten: Monatsmittel bzw. -summen im Vergleich zu den langjährigen Mitteln

Im **Jahr 2005** gab es ein sehr nasses und ebenfalls sehr kaltes Frühjahr. Im April und Mai lagen die Niederschlagssummen über den langjährigen Mitteln, im April sogar um 80 %. Im gleichen Monat hatten wir mehrmals Nachtfrost, so dass die Kartoffeln erst am 28.04. gelegt werden konnten. Auch im Mai gab es mehrere kalte Nächte mit Tiefsttemperaturen nahe dem Nullpunkt (0,7°C am 10.05. und 1,3°C am 19.05.). In der ersten Junihälfte war es ebenfalls noch zu kalt, teilweise mit Bodenfrost (bis zum 13.06.). Danach stiegen die Temperaturen an, so dass der Juni im Monatsmittel 2 °C wärmer war als im langjährigen Durchschnitt.

2.2 Versuchsanlage und Versuchsdurchführung

Bei dem bereits im Jahre 1996 angelegten Versuch handelt es sich um einen einfaktoriellen randomisierten Block. Zwischen jedem Block befindet sich als Abstand ein 5 m breiter Feldstreifen, der ungedüngt bleibt, aber ansonsten gleich behandelt wird. Die Parzellengröße beträgt 5 x 5 m brutto. Die zu vergleichenden Düngemittel Rottmist (RM), Ackerbohnsenschrot (AB) und Mineraldüngung (MIN) sind jeweils auf eine Stickstoffgabe von 100 kg ha⁻¹ N bemessen. Zusätzlich wird

eine erhöhte Mistgabe von $170 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ getestet. Die organischen Düngervarianten sind jeweils mit und ohne Anwendung der biologisch-dynamischen Präparate angelegt, so dass der Versuch insgesamt **sieben Düngungsvarianten** in sechs Wiederholungen umfasst:

- **RM1**: Rottemist und Jauche, $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$;
- **RMBD1**: präparierter Rottemist und präparierte Jauche, $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$;
- **AB**: Ackerbohnschrot, $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$;
- **ABBD**: präpariertes Ackerbohnschrot, $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$;
- **MIN**: Mineraldünger, $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$;
- **RM2**: Rottemist und Jauche, $170 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$;
- **RMBD2**: präparierter Rottemist und präparierte Jauche, $170 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$.

Der Rindermist stammte in beiden Versuchsjahren aus dem Tretmiststall eines Biolandbetriebs und wurde jeweils im Spätsommer in der Nähe des Versuchsfeldes in zwei Mieten aufgesetzt, von denen eine mit den biologisch-dynamischen Kompostpräparaten versehen wurde. Die andere Miete blieb unbehandelt. Die Ackerbohnen (*Vicia faba* L.) wurden in beiden Jahren ca. 14 Tage vor der Düngung geschrotet und mit Wasser angefeuchtet, um die eine Hälfte des Schrotes mit den biologisch-dynamischen Kompostpräparaten vermischen zu können. Die ausgebrachten Nährstoffmengen sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Im Versuchsjahr 2004 wurde Sommerweizen (*Triticum aestivum* L. cv *Thasos*) angebaut. Die Vorfrucht war Klee gras. Die Anbaumaßnahmen sind in Tab. A.1 im Anhang aufgelistet.

Aufgrund des starken Unkrautdruckes im Sommerweizen wurde anschließend keine Zwischenfrucht angebaut, sondern im Herbst zweimal das aufgelaufene Unkraut untergefräst. Im Versuchsjahr 2005 wurden Kartoffeln (*Solanum tuberosum* L. cv. *Quarta*) angebaut. Die N-Düngung erfolgte diesmal in einer Gabe (siehe Tabelle 1). Die Kartoffeln wurden ca. 2 Wochen vorgekeimt. Die Anbaumaßnahmen sind Tab. A.2 zu entnehmen.

Tab. 1: Ausgebrachte Nährstoffmengen (kg ha⁻¹) zu Sommerweizen (2004) und Kartoffeln (2005)

Variante	Düngerart	Sommerweizen, 2004			Kartoffeln, 2005		
		N	P	K	N	P	K
		kg ha ⁻¹					
RM1	1. N-Gabe Rottemist	8020	14,4	134,2	100	27,6	200,8
	2. N-Gabe Jauche		0,1	32,2			
RMBD1	1. N-Gabe präp. Rottem.	8020	12,6	132,4	100	21	175,9
	2. N-Gabe präp. Jauche		0,1	31,7			
AB	pfl. Düngemittel	100	9,8	29,1	100	6,3	44,1
ABBD	präp. pfl. Düngemittel	100	9,8	29,1	100	6,3	44,1
MIN	1. N-Gabe (KAS)	8020	32,7 ¹	83,0 ²	100	39,3 ¹	166,0 ²
	2. N-Gabe (KAS)						
RM2	1. N-Gabe Rottemist	140	25,2	234,9	170	46,9	341,3
	2. N-Gabe Jauche	30	0,2	48,3			
RMBD2	1. N-Gabe präp. Rottem.	140	22,1	231,7	170	35,7	298,9
	2. N-Gabe präp. Jauche	30	0,2	47,5			

¹ Superphosphat² Kalimagnesia

2.3 Probenahme und Analytik

Bodenproben. Jeweils nach der Ernte der Vorfrucht wurden Proben in 0 - 25 cm Tiefe mit 5 Einstichen pro Parzelle gezogen und luftgetrocknet. Danach wurde der Boden auf 2,5 mm gesiebt und mit einer Planetenmühle feingemahlen. Zur Bestimmung des Nitratgehaltes wurde Material in den Tiefen 0-30, 30-60 und 60-90 cm entnommen, als Mischprobe aus 4 Einstichen pro Parzelle, und sofort tiefgefroren. Wie bei Möller (2001) wurden im Kartoffelbestand 2005 am 10.06. nur in zwei Horizonten bis zu einer Tiefe von 60 cm Proben entnommen (Tab. 2).

Tab. 2: Datum und Bodenhorizonte der Probenahme für die Nitratuntersuchung

Datum	Horizonte
40304	0-30, 30-60 und 60-90 cm
04.-05.05.04	0-30, 30-60 und 60-90 cm
280904	0-30, 30-60 und 60-90 cm
240305	0-30, 30-60 und 60-90 cm
100605	0-30 und 30-60 cm
01.-02.09.05	0-30, 30-60 und 60-90 cm

Mit den Bodenproben wurden folgende Analysen und Berechnungen durchgeführt:

- Gesamtkohlenstoff (C_t): Verbrennungsmethode nach DUMAS;
- mineralischer Kohlenstoff (C_{min}): nach SCHEIBLER;
- organischer Kohlenstoff (C_{org}): $C_{org} = C_t - C_{min}$;
- Gesamt-N (N_t): nach der Verbrennungsmethode DUMAS;
- P_{CAL} : Extraktion mit CAL nach VDLUFA (1991); photometrische Messung bei 882 nm mit der Molybdänblau-Methode;
- K_{CAL} : Extraktion mit CAL nach VDLUFA (1991); Messung flammenphotometrisch;
- Mg_{CaCl_2} : Extraktion mit $CaCl_2$ nach SCHACHTSCHABEL, Messung am AAS;
- pH-Wert (elektrometrisch, $CaCl_2$ -Extrakt): VDLUFA (1991)
- Nitrat: Extraktion im Verhältnis 1+4 (m+V) mit 0,01 M $CaCl_2$ -Lösung, Bestimmung nach VDLUFA (1997).

Düngemittel. Folgende Analysen wurden mit Mist und Ackerbohnschrot durchgeführt:

- Trockenmasse: Gravimetrisch nach Trocknung bei 105 °C bis zur Gewichtskonstanz;
- Kalium und Phosphat: Bestimmung aus der Asche nach trockener Veraschung bei 550 °C, K am Flammenphotometer, für P photometrische Messung bei 882 nm mit der Molybdänblau-Methode;
- N_t : nach Kjeldahl.

Die Inhaltsstoffgehalte sind in Tab. 3 dargestellt.

Tab. 3: Inhaltsstoffgehalte in den getesteten Düngemitteln Ackerbohnschrot und Rottemist

	2004		2005	
	Ackerbohnen	Rottemist	Ackerbohnen	Rottemist
Trockensubstanz (%)	87,6	38,1	88,1	26,3
Stickstoff (% FM)	3,88	0,93	3,26	0,77
Asche (% TS)	3,8	26,7	3,7	37,2
Phosphor (% FM)	0,38	0,15	0,24	0,19
Kalium (% FM)	1,13	1,48	1,69	1,44

Weizenuntersuchungen. Bei der Ernte wurde die Korn- und Strohmasse von 20 m² (Nettoparzelle) bestimmt. Je Parzelle wurden ca. 200 g Stroh für die Inhaltsstoffanalysen entnommen. Die Körner wurden auf einer LABOFIX Getreide-Reinigungsanlage von Staub, Fremdbesatz sowie Bruch- und Kümmerkorn getrennt. Danach wurde eine Probe von ca. 1 kg entnommen und im Labor Aberham (Großaitingen) auf eine Reihe backtechnologischer Merkmale untersucht (10-

Punkte-Schema, s.u.).

Korn:

- Tausendkornmasse (TKM): je Probe wurden 4 x 100 Körner gewogen und das Gewicht auf 1000 Körner hochgerechnet;
- Rohproteingehalt (Rp, Labor Aberham);
- 10-Punkte-Schema (Labor Aberham): Klebermenge, Absteernote, Wasseraufnahme, Extensogramm (Dehnwiderstand, Dehnbarkeit, DW:DB, Energie), Maltosezahl, Backvolumen, Qualitätszahl.

Stroh:

- Trockenmasse: Gravimetrisch nach Trocknung bei 105 °C bis zur Gewichtskonstanz;
- Kalium, Magnesium und Phosphat: Bestimmung aus der Asche nach trockener Veraschung bei 550 °C, K am Flammenphotometer, Mg am Atom-Absorptions-Spektrometer, Phosphat photometrische Messung bei 882 nm mit der Molybdänblau-Methode;
- N_t: nach Kjeldahl.

Kartoffeluntersuchungen. Nach der Kartoffelernte (15 m² Nettofläche pro Parzelle) wurden die Knollen 10 Tage zur Schalenfestigung aufbewahrt und dann sortiert in 35 - 60 mm (Quadratmaß). Für die Stärkebestimmung wurden ca. 6 kg und für die anderen Untersuchungen insgesamt 15 kg sortierte Kartoffeln je Parzelle verwendet. Folgende Analysen wurden durchgeführt:

- Trockenmasse (TM): Die Kartoffeln wurden gewaschen und getrocknet, danach in einer Großküchenmaschine auf 4 mm geraspelt und bei zunächst 80 °C für zwei Tage danach bei 105 °C im Trockenschrank getrocknet.
- Nitrat: Der Nitratgehalt wurde enzymatisch nach Herstellerangaben mit einem Testset für Nitrat (NO₃⁻) der Firma r-Biopharm durchgeführt.
- Kalium und Phosphat: Bestimmung aus der Asche nach trockener Veraschung bei 550°C, K am Flammenphotometer, Phosphat photometrische Messung bei 882 nm mit der Molybdänblau-Methode.
- Stärke: Der Stärkegehalt wurde anhand des spezifischen Gewichts bestimmt. Dazu wurden je Probe 5 kg gesäuberte Kartoffeln in eine modifizierte Reimannsche Kartoffelwaage eingewogen und das Unterwassergewicht bestimmt. Anhand der Stärketabelle von v. Schéele (VDLUFA Methodenhandbuch III, 1951) wurde der Stärkegehalt abgelesen.
- Auf eine Bestimmung des Vitamin C-Gehaltes der Kartoffeln wurde verzichtet, da sich in früheren Untersuchungen keine deutlichen Düngungseffekte gezeigt haben (Wiegele, 2005).

- **Extrakt dunklung:** Bei diesem Zersetzungstest (modifiziert nach Pettersson, 1970) wird die Extinktion bei 400 nm von Kartoffelpresssaft über min. 48 Stunden in regelmäßigen Zeitabständen (ca. alle 6 Stunden) gemessen. Die einzelnen Arbeitsschritte sind schematisch in Abb. 2 aufgelistet.

Methode zur Bestimmung der Extrakt dunklung von Kartoffelpresssaft:

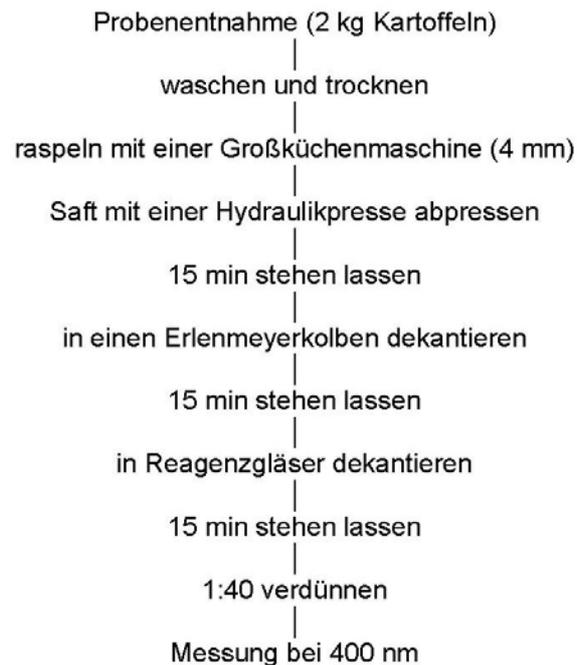


Abb. 2: Schematische Darstellung der Methode zur Bestimmung der Extrakt dunklung, modifiziert nach Pettersson (1970)

Erhebungen zum Bestandesaufbau. Der Feldaufgang des Weizens wurde im BBCH-Stadium 11-13 bestimmt und die Anzahl ährentragender Halme (BBCH-Stadium 67-69) an 5 laufenden Metern pro Parzelle ausgezählt. Bei den Kartoffeln wurden die Fehlstellen der Kernparzellen im BBCH-Stadium 49 gezählt. Alle Roherträge, beim Sommerweizen der Stroh- und der Kornertrag und bei den Kartoffeln die Knollenerträge wurden direkt auf dem Feld erhoben.

Ertrag. Zur Erhebung der Ertragsmengen wurde eine Nettofläche von 20 m² (Weizen) bzw. 15 m² (Kartoffeln) benutzt. Das Erntedatum ist Tab. A.1 und A.2 zu entnehmen. In späteren Teilen dieses Berichtes ist der Reinertrag des Weizens auf 14 % Restfeuchte ohne Bruch- und Kümmerkorn bezogen. Bei Kartoffeln wird der Reinertrag an marktfähiger Ware angegeben.

Statistische Analyse. Nach Prüfung der Voraussetzungen wurden mit den

Versuchsergebnissen Varianzanalysen mit dem Programm PLABSTAT (H.F. Utz, Universität Hohenheim) gerechnet mit den Faktoren Düngung (sieben Stufen, fixiert) und Wiederholung (sechs Stufen, zufällig). Soweit zulässig wurden Mittelwertvergleiche mit einfacher Grenzdifferenz ($p < 0,05$) durchgeführt. Signifikante Unterschiede zwischen Mittelwerten sind in diesem Bericht in der Regel durch verschiedene Buchstaben gekennzeichnet. Grenzdifferenzen gelten für eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5%. Bei Boniturnoten (z.B. Teigeigenschaften des Weizens) wurde auf eine Varianzanalyse verzichtet. Für die Beziehung zwischen normalverteilten Parametern wurden bivariate Korrelationskoeffizienten (r) nach der Methode von Sokal & Rohlf (1995) berechnet.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Boden

3.1.1 Makronährstoffe und pH-Wert

Beim Gehalt des Bodens an pflanzenverfügbarem Phosphor, Kalium und Magnesium traten keine klaren Unterschiede zwischen der pflanzlichen und der tierischen Düngung auf (Tab. 4). Lediglich der Kaliumgehalt lag in einem Jahr (2004) bei Rottemistdüngung signifikant höher als bei Ackerbohnschrot. Der pH-Wert des Bodens zeigte ebenfalls keine düngungsbedingten Unterschiede.

Tab. 4: Gehalte des Bodens an pflanzenverfügbarem Phosphor, Kalium und Magnesium (jeweils $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ lufttrockenen Boden) sowie pH-Wert im Herbst 2003 (vor Weizen) und 2004 (vor Kartoffeln); LSD_{05} = Grenzdifferenz für $p < 0,05$

	P	K	Mg	pH	P	K	Mg	pH
	2003				2004			
RM1	4,66	4,68	5,23	6,28	4,5	6,89	5,58	6,1
RMBD1	3,89	5,04	5,08	6,07	3,39	4,95	5,5	5,79
AB	4,21	5,07	4,35	6,17	3,84	3,61	4,7	5,91
ABBD	3,7	3,76	4,35	6,14	3,27	3,29	4,88	6,11
MIN	7,1	5,18	4,83	6,66	7,21	5,32	5,03	6,52
RM2	6,35	8,94	6,23	6,38	5,61	9,24	6,37	6,29
RMBD2	5,06	8,33	6,1	6,1	4,59	8,88	6,23	6,04
LSD_{05}	2,53	1,51	1,06	n.s.	2,78	1,52	0,95	n.s.

Der Phosphorgehalt war bei mineralischer Düngung in beiden Jahren am höchsten, während Kalium und Magnesium mit der hohen Stufe der Rottemistdüngung die größten Werte erreichten. In der Regel lagen die K- und Mg-Gehalte signifikant über denen der anderen organischen Varianten und der Mineraldüngung. Die Verwendung der biologisch-dynamischen Präparate hatte keinen Effekt auf die untersuchten Merkmale im Vergleich zum unpräparierten organischen Dünger.

3.1.2 Organischer Kohlenstoff und Gesamtstickstoff

Die ältesten Bodenproben dieses Versuches stammen vom Frühjahr 1996, gezogen nach Einteilung der Parzellen, aber noch vor der ersten Düngerausbringung. Auf sehr einheitlichem Niveau bei ca. 0,78 % C_{org} beginnend, haben sich die Gehalte des Bodens an organischer Substanz in den ersten Versuchsjahren in allen Varianten tendenziell nach unten entwickelt, ohne erkennbare Düngungseffekte (Abb. 3).

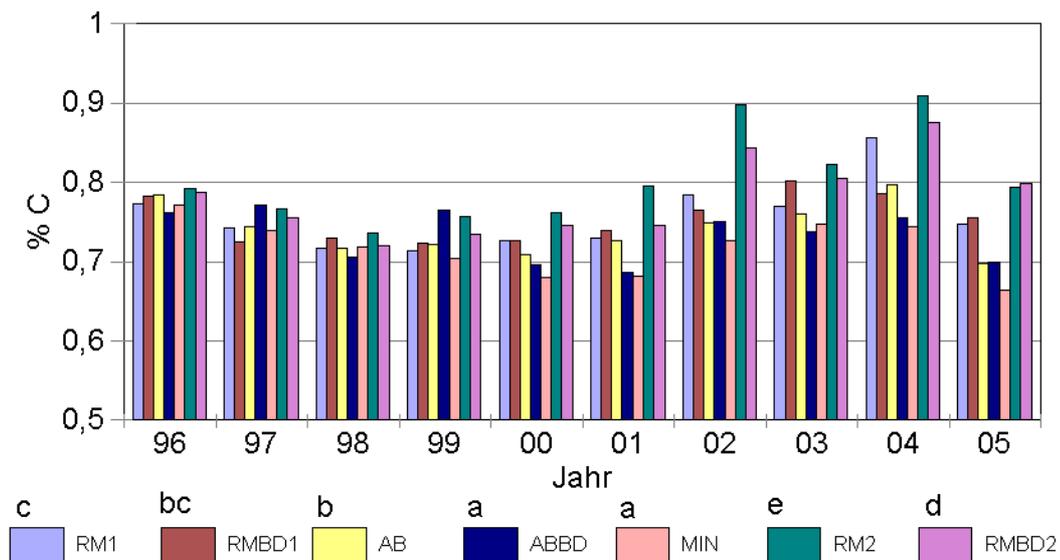


Abb. 3: Organisch gebundener Kohlenstoff im Oberboden (% C_{org}); Entwicklung von Versuchsbeginn (1996) bis 2005; Varianten mit ungleichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant ($p < 0,05$) bezüglich der Hauptwirkung des Faktors Düngung

Erst ab etwa 2001 begann sich eine Differenzierung zwischen den Varianten abzuzeichnen, die mit starken Schwankungen von Jahr zu Jahr bis heute fortzudauern scheint. Auch in den vergangenen drei bis vier Jahren fanden deutliche Bewegungen des C_{org} -Gehaltes statt, so dass die Düngungsvarianten noch nicht zu einem neuen Gleichgewicht geführt haben. Bei Auswertung der gesamten Versuchsdauer (Hauptwirkung des Faktors Düngung) sind einige Unterschiede statistisch belegbar. So hat die pflanzliche organische Düngung zu niedrigeren C_{org} -Gehalten ge-

führt als Rottemist (sowohl mit wie ohne Präparateanwendung). Der niedrigste Humusgehalt zeigte sich bei Mineraldüngung, nämlich 0,72 % C_{org} im Mittel der aktuellen Fruchtfolgeperiode (2002-05). Dieses Niveau unterscheidet sich nicht signifikant von den Gehalten bei pflanzlicher organischer Düngung (0,74 bzw. 0,75 % C_{org} im gleichen Zeitraum). Die Steigerung der Rottemistmenge erreichte die höchsten Humusgehalte (0,86 bzw. 0,83 % C_{org}), wobei die Anwendung der Präparate niedrigere C_{org} -Gehalte zur Folge hatte.

In einem anderen Langzeitversuch auf dem gleichen Standort hatte die Rottemistdüngung ebenfalls höhere Humusgehalte gebracht als die Mineraldüngung (Raupp, 2001a). Dort wurde jedoch, im Gegensatz zum vorliegenden Versuch, zusätzlich ein positiver Effekt des präparierten Mistes festgestellt.

Die Gesamtstickstoffgehalte zeigten ebenfalls beträchtliche Sprünge von Jahr zu Jahr, aber keine klare zeitliche Tendenz. Daher sollen zur Vereinfachung nur die Ergebnisse der letzten beiden Jahre wieder gegeben werden (Tab. 5). Zwischen der pflanzlichen und der tierischen Düngung bestand kein Unterschied im N_t -Gehalt des Bodens. Nur die Parzellen der erhöhten Mistmenge hoben sich manchmal etwas vom Niveau der übrigen Varianten ab. Das C:N-Verhältnis der organischen Bodensubstanz erweiterte sich im Laufe des Versuches von anfangs 11 auf 18 im Jahr 2005, ohne düngungsbedingten Einfluss.

Tab. 5: Gesamtstickstoffgehalte (% N) im Oberboden in 2004 und 2005 in Abhängigkeit von der Düngung

	2004	2005
RM1	0,049 b	0,063 a
RMBD1	0,041 a	0,061 a
AB	0,043 ab	0,059 a
ABBD	0,047 a	0,060 a
MIN	0,045 a	0,061 a
RM2	0,055 c	0,069 b
RMBD2	0,049 b	0,070 b
Mittelw.	0,047	0,063

3.1.3 Nitrat (N_{min})

Die Termine für die Untersuchung des Nitratgehaltes im Boden waren so gewählt, dass in beiden Jahren die Situation zu Vegetationsbeginn im Frühjahr, zum Zeitpunkt intensiver Mineralisierung und N-Aufnahme der Kulturpflanzen sowie am Ende der Vegetationszeit sichtbar wurde. Im März 2004 war der Boden mit ca. 1

ppm NO₃-N in allen Varianten fast nitratfrei (Abb. 4). Zwei Monate später, als sich der Weizen in der Bestockungsphase befand (BBCH 22), lagen die Nitratgehalte ziemlich einheitlich bei 5 ppm N; dies entspricht ca. 20-30 kg ha⁻¹ N. Nur bei Mineraldüngung wurde mit 16,1 ppm N signifikant mehr Nitrat gefunden, allein 14,4 ppm N (ca. 68 kg ha⁻¹) in der Krume. Alle organisch gedüngten Varianten lagen im Nitratgehalt auf gleichem Niveau und deutlich niedriger als die Mineraldüngervariante.

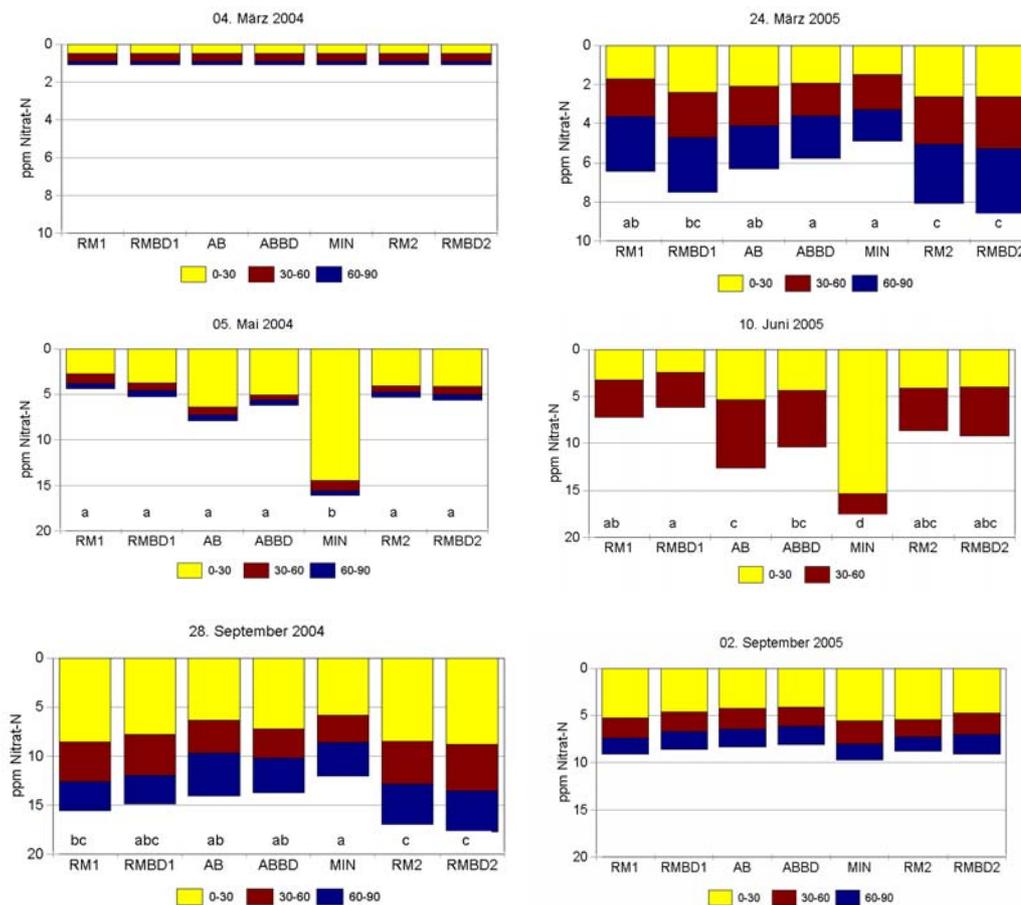


Abb. 4: Nitratgehalte des Bodens (ppm Nitrat-N) in drei verschiedenen Horizonten (0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm) in 2004 (links) und 2005 (rechts), jeweils zu Beginn, während und nach der Vegetationszeit; Varianten eines Zeitpunktes mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant ($p < 0,05$)

Bei früheren Untersuchungen an einem benachbarten Versuch (in 1986, ebenfalls unter Sommerweizen) kam es im Laufe der Vegetationsperiode im gesamten Profil infolge der N-Aufnahme der Pflanzen und der sommerlichen Austrocknung des Bodens (Nachlassen der Mineralisation) in allen Düngervarianten zu einer starken Nitratverarmung, so dass der Bodenvorrat bis Mitte Juli fast vollständig aufgezehrt worden war (Meuser, 1989). Erst nach der Weizenernte gab es einige Starkregen,

die die Mineralisation offenbar wieder angeregt haben, so dass die Nitratgehalte bis Ende September angestiegen sind.

Diese Verhältnisse sind grundsätzlich auf den vorliegenden Versuch übertragbar. Auch im September 2004 lagen die Nitratgehalte wieder höher als im Frühjahr. Der einzige, deutliche Düngungseinfluss war allerdings durch die hohe Menge Rottemist verursacht, die zu Werten von 17,0 bzw. 17,7 ppm N führte (ca. 77 bzw. 81 kg ha⁻¹ N). Die Varianten mit der normalen Mistmenge und mit Ackerbohenschrot unterschieden sich im Nitratgehalt nicht deutlich; sie enthielten ca. 15 ppm Nitrat-N, was einer Gesamtmenge von ca. 65 kg ha⁻¹ N im Profil entspricht. Sie lag etwa zur Hälfte im Oberboden vor und wurde wahrscheinlich teilweise im Unkrautwuchs gebunden.

Die Herbstmineralisation wurde in diesem Fall sicher unterstützt durch die mehrmalige Bodenbearbeitung im August und September (schälen zur Einarbeitung des Strohs, dreimal fräsen zur Unkrautkontrolle). So kann man die Differenzierung der Nitrat-Ergebnisse als Ausdruck der unterschiedlichen biologischen Aktivität der Böden betrachten. Zu dieser Sichtweise passt auch die Mineraldüngervariante, die Ende September den geringsten Nitratgehalt aufwies. Auch zu diesem Zeitpunkt unterschieden sich die pflanzliche und die tierische organische Düngung nicht im Nitratgehalt des Bodens.

Im März 2005 wurden in allen Varianten niedrigere Nitratgehalte festgestellt als im September 2004. Die Verteilung der Varianten ähnelte der beim vorigen Termin. Lediglich in den Varianten mit Präparateanwendung wurde bei Rottemist mehr Nitrat gefunden als mit Ackerbohenschrot. Die Reduzierung der Werte zwischen Herbst 2004 und Frühjahr 2005 fiel im Oberboden wesentlich stärker aus (von ca. 8 auf 2 ppm Nitrat-N) als im mittleren und unteren Horizont (von ca. 8 auf 4-5 ppm). Die Abnahme der Gehalte im Oberboden war also nicht von einem Anstieg im Unterboden begleitet. Dies spricht gegen eine eindeutig sickerwasserbedingte Nitratverlagerung von oben nach unten während Herbst und Winter. Hinzu kommt, dass die Niederschläge von September bis Januar immer unter dem langjährigen Mittel lagen (Abb. 1), so dass die Sickerwasserspende für eine Auswaschung möglicherweise zu gering war.

Die Probenahme im Sommer 2005 zeigte wie im Vorjahr mit Abstand die höchsten Nitratgehalte von über 18 ppm N bei Mineraldüngung, wieder vor allem in der Krume. Diesmal war in beiden Ackerbohenschrotvarianten mehr Nitrat zu finden als in den Rottemistvarianten. Der Unterschied entspricht ca. 20-25 kg ha⁻¹ N. Beim Vergleich zu den Ergebnissen im Sommer 2004 fällt auf, dass die Nitratgehalte im Unterboden viel größer waren als im Vorjahr (vor allem in den organisch gedüngten Varianten). Wahrscheinlich waren die Kartoffeln mit ihrem

schwächeren Wurzelsystem weniger in der Lage, Stickstoff aus tieferen Bodenschichten aufzunehmen als der im Vorjahr angebaute Weizen.

Anfang September 2005 lagen die Nitratgehalte ohne Unterschied der Düngung bei knapp 10 ppm N. Die Herbstmineralisation war also in 2005 offensichtlich schwächer als im Jahr zuvor, obwohl bei der Kartoffelernte eine intensive Bodenbewegung und -durchlüftung stattgefunden hatte.

3.2 Sommerweizen

3.2.1 Bestandesaufbau und Ertrag

Aufgrund extremer Wetterverhältnisse im Frühjahr 2004 war die Entwicklung des Sommerweizenbestandes stark beeinträchtigt. Das Auflaufen der Pflanzen und ihre Entwicklung bis zur Bestockung litten unter Trockenheit und Kälte (siehe Abschn. 2.1). So kam es in allen Varianten zu einem deutlich reduzierten Feldaufgang von durchschnittlich 81% (371 Pflanzen aus 460 keimfähigen Körnern je m²) sowie zu einer niedrigen Bestandesdichte von im Mittel 347 Ähren pro m² (Abb. 5). Es gab hierbei keine düngungsbedingten Unterschiede.

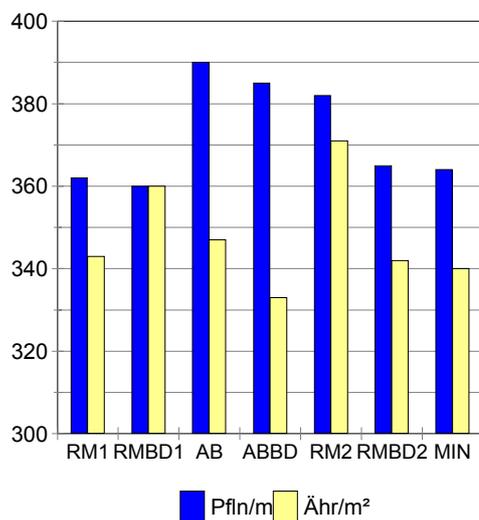


Abb. 5: Anzahl Pflanzen und Ähren pro m² aus 460 keimf. Körnern bei Sommerweizen; keine sign. Unterschiede zwischen den Varianten ($p > 0,05$)

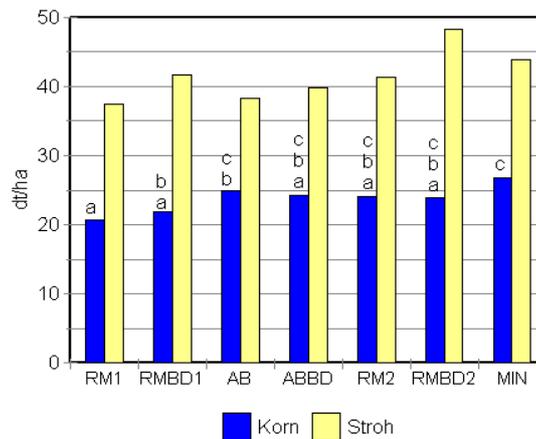


Abb. 6: Korn- und Strohertrag (dt ha⁻¹) von Sommerweizen; Varianten mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant im Kornertrag ($p < 0,05$)

Die schlechten Wachstumsbedingungen führten schließlich zu ungewöhnlich niedrigen Erträgen von 23,8 dt ha⁻¹ im Versuchsdurchschnitt, da die witterungsbedingten Störungen und Verzögerungen nicht mehr aufgeholt werden konnten (Abb. 6). Das langjährige Ertragsmittel von Sommerweizen liegt auf unserem

Standort bei ca. 40 dt ha⁻¹ (Raupp, 2001a).

Die Düngung mit Ackerbohnschrot führte nur in der Variante ohne Präparateanwendung zu einem leichten Mehrertrag von 4,3 dt ha⁻¹ gegenüber der Rottemistdüngung; in den jeweils präparierten Varianten blieb der Unterschied innerhalb der Fehlergrenze. Im übrigen unterschieden sich die pflanzliche Düngung, die Rottemistdüngung in der höheren Stufe (jeweils präpariert wie unpräpariert) sowie die Mineraldüngung nicht im Kornertrag. Der Strohertrag reagierte ebenfalls nicht mit signifikanten Unterschieden auf die Düngung.

Angesichts der geringen Unterschiede kann man davon ausgehen, dass in diesem Versuch eher die Wachstumsbedingungen als die Düngung ertragsbestimmend gewesen sind. Unter günstigeren Verhältnissen hätte sich zeigen können, ob die pflanzliche Düngung durch intensivere Mineralisation stärker in Ertrag umgesetzt werden kann als Rottemist. Dies wäre nach der etwas dunkleren Grünfärbung zu vermuten, die - wie schon einige Male in früheren Jahren - im späten Frühjahr an Getreide der pflanzlich gedüngten Varianten zu beobachten war.

Die Kornausbildung war in allen Varianten gleich gut. Die Tausendkornmasse lag bei durchschnittlich 37,9 g, ohne signifikanten Einfluss der Düngung (Abb. 7).

3.2.2 Rohproteingehalt der Körner und backtechnologische Parameter

Im Rohproteingehalt lag die Ackerbohnschrot-Variante ohne Präparate mit 12,3 % etwas niedriger als die Rottemist-Vergleichsvariante mit 12,9 % (Abb. 7). Dies könnte als Anzeichen schwächerer N-Versorgung bei pflanzlicher Düngung gedeutet werden. Es dürfte sich jedoch eher um einen Verdünnungseffekt handeln, da diese Variante einen etwas höheren Ertrag erzielte als die Rottemistdüngung, so dass sich die gleiche N-Menge auf eine größere Kornmasse verteilte. Somit spricht auch der Rohproteingehalt (wie die Nitratgehalte des Bodens) für eine weitgehend ähnliche Intensität der N-Mineralisation aus Rottemist und Ackerbohnschrot.

Der höhere Kornertrag bei geringerem RP-Gehalt könnte allerdings darauf hindeuten, dass die N-Anlieferung aus dem pflanzlichen Dünger zwar früher einsetzte, aber weniger lange anhielt als in den Rottemistvarianten. Von einer länger anhaltenden N-Nachlieferung in den Varianten mit tierischer Düngung ist auch aufgrund der Jaucheanwendung auszugehen. Diese zweite N-Gabe in leicht verfügbarer Form fehlte den Varianten mit pflanzlicher Düngung, da für sie eine Jaucheanwendung nicht systemkonform wäre. Falls sich der hier beobachtete (oder eher vermutete) Zusammenhang bestätigen sollte, wäre darüber nachzudenken, mit welchem pflanzlichen Düngemittel eine zweite N-Gabe zu Getreide gegeben werden könnte.

Immerhin wäre zunächst wichtig, den diskutierten Sachverhalt in weiteren Versuchsjahren zu überprüfen.

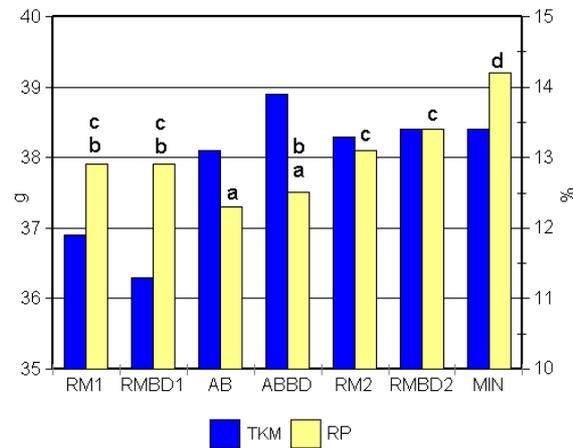


Abb. 7: Tausendkornmasse (g) und Rohproteingehalt (%) von Sommerweizen; Varianten mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant im Rohproteingehalt ($p < 0,05$)

Es fällt außerdem auf, dass die pflanzliche und die tierische Düngung in den Varianten mit Präparateanwendung die beschriebenen Unterschiede in Ertrag und RP-Gehalt nicht ausgebildet haben. Dies könnte bedeuten, dass die Präparate das Mineralisationsgeschehen beider Düngerarten entgegen ihrer jeweiligen Charakteristik beeinflusst und auf diese Weise den Wachstumsverlauf bei pflanzlicher und tierischer Düngung einander angenähert haben. Doch auch diese Hypothese wäre in späteren Versuchsjahren zu überprüfen.

Die Steigerung der Rottemistmenge hat den Rohproteingehalt im Korn nicht signifikant erhöht. Offenbar stand der zusätzlich ausgebrachte Stickstoff den Pflanzen kaum zur Verfügung, jedenfalls nicht zur Ertragsbildung. Wie zu erwarten, erreichte die Mineraldüngung, deren N-Anteil offenbar am leichtesten verfügbar war, den höchsten RP-Gehalt.

Bei den backtechnologischen Eigenschaften des Weizens bestand der deutlichste Unterschied zwischen der pflanzlichen und der tierischen Düngung im Klebergehalt der unpräparierten Varianten (Tab. 6). Mit Ackerbohenschrot enthielten die Körner weniger Kleber als mit Rottemist. In den jeweils präparierten Varianten bestand kein signifikanter Unterschied mehr, da die Klebermenge mit Ackerbohenschrot tendenziell angestiegen war. In allen Varianten ist die Klebermenge jedoch als hoch zu bezeichnen. Die etwas niedrigere Klebermenge bei unpräparierter Ackerbohenschrot-Düngung hatte offenbar keine Konsequenz für die Quellfähigkeit des Klebers, denn die Wasseraufnahme war in allen Varianten gleich hoch.

Tab. 6: Backtechnologische Eigenschaften von Sommerweizen in Abhängigkeit von der Düngung; Mittelwerte mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant ($p < 0,05$)

	RM1	RMBD1	AB	ABBD	RM2	RMBD2	MIN	Mittelw.
Klebermenge %	27,9 bc	28,1 bc	26,3 a	26,9 ab	28,5 c	29,3 c	32,0 d	28,4
Abstehtnote	3,97	3,87	3,83	3,93	3,93	3,97	3,97	3,92
Wasseraufnahme %	53,4	56,8	56,8	56,4	56,7	56,6	56,8	56,2
Dehnwiderstand EE	597	605	561	528	601	611	564	581
Dehnbarkeit mm	105 ab	110 ab	101 a	105 ab	113 b	110 ab	132 c	111
Dehnwid. : Dehnbark.	5,72 b	5,55 b	5,55 b	5,02 ab	5,33 b	5,60 b	4,30 a	5,3
Energie cm ²	93 abc	102 bc	83 a	84 ab	106 c	104 c	134 d	101
Maltose %	2,47	2,37	2,48	2,48	2,6	2,53	2,53	2,5
Backvolumen ml	645 ab	641 ab	618 a	621 a	662 b	663 b	694 c	649
QLZ	132 abc	144 bc	98 a	114 ab	164 c	170 c	255 d	154

Bei einigen Merkmalen erreichte die Mineraldüngung von allen Varianten die höchsten Ergebnisse, nämlich bei der Dehnbarkeit des Teiges, bei Energie und beim Backvolumen des Brotes. Dies war nach den Besonderheiten der N-Freisetzung von dieser Variante zu erwarten.

Die Merkmale Abstehtnote, Wasseraufnahme, Dehnwiderstand und Maltosegehalt zeigten keinerlei Düngungseffekte.

Das Backvolumen der organisch gedüngten Varianten war tendenziell am kleinsten in den Ackerbohenschrotvarianten, etwas größer bei der normalen Menge Rottemist und relativ am größten bei Rottemist in erhöhter Menge. Die Unterschiede sind zwar nur zum Teil gesichert, sprechen aber auch für eine tendenziell bessere technologische Qualität des mistgedüngten Weizens.

3.2.3 Strohinhaltsstoffe

Alle untersuchten Strohinhaltsstoffe zeigten Auswirkungen der Düngung (Tab. 7). Die Mineraldüngung hat zu einem deutlich höheren N-Gehalt geführt als alle organischen Varianten, die sich untereinander nicht unterschieden. Die leichte N-Verfügbarkeit aus Mineraldüngung führte auch in anderen Versuchen zu einer wenig produktiven N-Anreicherung in Roggenstroh (Raupp, 2001b).

Nach ihrem Aschegehalt konnte man die Strohproben in zwei Gruppen einteilen. Dem niedrigen Niveau von ca. 5 % Asche entsprachen die pflanzliche Düngung (mit und ohne Präparate) sowie die Mineraldüngung, während alle Rottemistvarianten (beider Aufwandmengen sowie mit und ohne Präparate) mit knapp unter

bzw. über 6 % Asche analysiert worden sind. Der höhere Aschegehalt kann als Zeichen weniger intensiven Wachstums gedeutet werden.

Tab. 7: Inhaltsstoffe des Stroh von Sommerweizen in Abhängigkeit von der Düngung; Mittelwerte mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant ($p < 0,05$)

	RM1	RMBD1	AB	ABBD	RM2	RMBD2	MIN	Mittelw.
Stickstoff, % N	0,444 a	0,455 a	0,436 a	0,419 a	0,443 a	0,434 a	0,526 b	0,451
Asche, %	5,80 b	5,74 b	4,96 a	4,81 a	6,18 bc	6,41 c	5,05 a	5,56
Phosphor, % P	0,155 bc	0,160 c	0,150 bc	0,143 b	0,154 bc	0,155 bc	0,128 a	0,149
Kalium, % K	1,75 ab	1,83 bc	1,58 a	1,55 a	1,96 cd	2,16 d	1,70 ab	1,79
Magnesium, % Mg	0,606 a	0,608 a	0,697 b	0,715 b	0,575 a	0,594 a	0,793 c	0,656

Der Phosphorgehalt im Stroh lag bei organischer Düngung mit 0,143 bis 0,160 % immer höher als bei Mineraldüngung (0,128 %), wobei sich in den organischen Varianten keine Wirkung von Präparateanwendung oder Aufwandmenge feststellen ließ. Nach Düngung mit Ackerbohnschrot enthielt das Stroh weniger Kalium, aber mehr Magnesium als nach Rottemisdüngung. Der niedrigere Kaliumgehalt war wahrscheinlich dadurch bedingt, dass mit dem Ackerbohnschrot weniger Kalium ausgebracht wurde als mit Rottemist. Der Magnesiumgehalt war erstaunlicherweise bei Mineraldüngung am höchsten. Dies widerspricht Ergebnissen mit Rotkleeaufwuchs am gleichen Standort (Raupp, 1999). Überraschend ist das Ergebnis auch deshalb, weil im mineralisch gedüngten Boden der Mg-Gehalt eher niedrig war.

3.3 Kartoffeln

3.3.1 Bestandesentwicklung und Ertrag

Der Legetermin der Kartoffeln (bei uns in der Regel Mitte April) verzögerte sich wegen der kalten Witterung im Frühjahr 2005. Noch im April hatten wir mehrfach Nachtfrost, so dass die Kartoffeln erst am 28.04. gelegt werden konnten. Auch im Mai gab es noch mehrere kalte Nächte mit Tiefsttemperaturen von 0,7°C (am 10.05.) und 1,3°C (am 19.05.). Dadurch trieben die Kartoffeln sehr spärlich aus und hatten weniger Triebe pro Pflanze als üblich. Seit Ende Mai traten Kartoffelkäfer auf, so dass zu deren Kontrolle wiederholt Neem-Extrakt gespritzt werden musste. Davon abgesehen gab es keine nennenswerten Krankheits- und Schädlingsprobleme.

Das Ertragsniveau mit durchschnittlich 331 dt ha⁻¹ (Rohertrag) lag für unseren

Standort unter dem langjährigen Mittel, was sicher auf die schlechte Bestandesentwicklung im Frühjahr zurück zu führen ist. Die Art der organischen Düngung und die Präparateanwendung haben sich nicht auf den Ertrag ausgewirkt (Abb. 8).

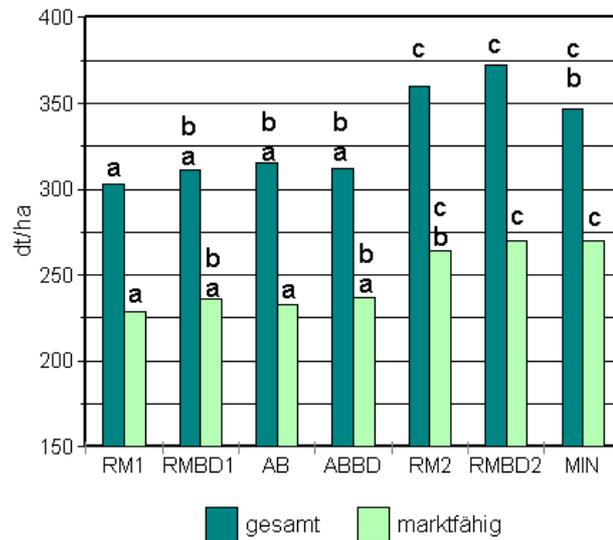


Abb. 8: Kartoffelertrag (dt ha⁻¹) insgesamt und Menge der marktfähigen Ware in Abhängigkeit von der Düngung; Varianten eines Merkmals mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant (p<0,05)

Mit Rottemist wie Ackerbohnschrot wurden 229 bis 237 dt ha⁻¹ geerntet. Über dieses Niveau kamen die drei übrigen Varianten, nämlich die präparierte und unpräparierte Mistdüngung in der hohen Stufe sowie die Mineraldüngung, welche sich mit durchschnittlich 268 dt ha⁻¹ (marktfähige Ware) untereinander ebenfalls nicht unterschieden. Damit deuten auch die Kartoffelerträge auf eine relativ ähnliche Nährstoffdynamik des pflanzlichen und tierischen Düngemittels hin.

Um die Nährstoffverfügbarkeit aus Ackerbohnschrot zu verbessern, wurde es in einem Versuch auf einem landwirtschaftlichen Betrieb im Kreis Viersen in grober und feiner Vermahlung angewendet. Bei einem Ertragsniveau von ca. 132 dt ha⁻¹ hatte dies jedoch keinen Einfluss auf den Kartoffelertrag (Paffrath, 2004).

Die Sortierverluste (grüne, beschädigte, zu kleine und faulige Knollen) in der Größenordnung von 70-80 dt ha⁻¹ lagen erstaunlich hoch, was das Ertragsniveau an marktfähiger Ware zusätzlich reduziert hat (Daten nicht gezeigt). Hierzu trugen vor allem die grünen Knollen (im Mittel 33 dt ha⁻¹) und die Untergrößen (Knollen < 35 mm, 32 dt ha⁻¹) bei. Die Entstehung grüner Knollen ist bei der Sorte *Quarta* leicht möglich, da diese Sorte zu einem flachen Knollenansatz und zur Bildung übergroßer Knollen neigt. Beides begünstigt das Abrutschen der Erde vom Kartoffelfeldamm und dadurch den Lichtkontakt der Knollen. Obwohl der Anteil grüner Knollen in diesem Fall als sortenbedingt angesehen werden kann, reagierte dieses

Merkmal dennoch auf die Düngung. In den beiden Rottemistvarianten der hohen Stufe wurden signifikant mehr grüne Knollen gefunden (38 bzw. 47 dt ha⁻¹) als in allen übrigen Varianten (29 bis 31 dt ha⁻¹). Dass bei der hohen Mistmenge bevorzugt übergroße Knollen gewachsen sind, wurde nicht festgestellt. Die relativ große Menge kleiner Knollen ist Ausdruck schlechter Bedingungen in der Endphase der Wachstumszeit. In diesem Merkmal gab es keine signifikanten Düngungsunterschiede. Dies gilt auch für die in allen Varianten in geringer Menge aufgetretenen fauligen Knollen (im Mittel 2 dt ha⁻¹).

3.3.2 Inhaltsstoffe der Knollen

Die mit Ackerbohenschrot gedüngten Kartoffeln enthielten mehr Trockensubstanz, weniger Asche, weniger Kalium und mehr Stärke als die Knollen der Rottemistvarianten (Tab. 8). Die Mist-gedüngten Kartoffeln unterschieden sich in den genannten Merkmalen nicht von den mineralisch gedüngten und untereinander nicht infolge der Präparateanwendung oder der Mist-Aufwandmenge.

Durch die höhere Mistmenge wurde der Kaliumgehalt der Knollen angehoben (nur ohne Präparate signifikant). Der Phosphorgehalt zeigte als einziges der untersuchten Merkmale keine Düngungseffekte. Bei der präparierten pflanzlichen Düngung wurde mit 36,5 ppm Frischmasse etwas weniger Nitrat in den Knollen gefunden als bei Rottemistdüngung (51,7 ppm). Ohne Präparateanwendung ergab sich der gleiche Nitratgehalt mit beiden Düngerarten. Im Vergleich zur organischen Düngung führte die Mineraldüngung beinahe zum doppelten Nitratgehalt von 90,9 ppm. Dies stimmt mit den Ergebnissen anderer Veröffentlichungen überein (Abele, 1987; Rohwedder, 2002) und unterstreicht die (zu) leichte N-Verfügbarkeit des mineralischen Düngers.

Tab. 8: Inhaltsstoffe der Kartoffelknollen in Abhängigkeit von der Düngung; Mittelwerte mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant (p<0,05)

	RM1	RMBD1	AB	ABBD	RM2	RMBD2	MIN	Mittelw.
Trockensubstanz %	20,8 a	20,8 a	22,4 b	22,4 b	20,6 a	20,5 a	20,7 a	21,1
Asche %	4,51 b	4,53 b	3,67 a	3,69 a	4,69 b	4,68 b	4,49 b	4,32
Phosphor %	0,23	0,228	0,23	0,223	0,252	0,243	0,225	0,233
Kalium %	1,89 b	1,95 bc	1,53 a	1,56 a	2,08 c	2,09 c	1,98 bc	1,87
Nitrat-N ppm FS	46,9 ab	51,7 b	43,8 ab	36,5 a	46,3 ab	51,9 b	90,9 c	52,6
Stärke %	13,6 a	13,3 a	14,2 b	14,5 b	13,4 a	12,9 a	13,1 a	13,6

3.3.3 Dunkelfärbung des Kartoffelextraktes

Wie in verschiedenen früheren Untersuchungen hat die Intensität der Dunkelfärbung des Kartoffelextraktes sehr deutlich auf die Düngung reagiert (Abb. 9).

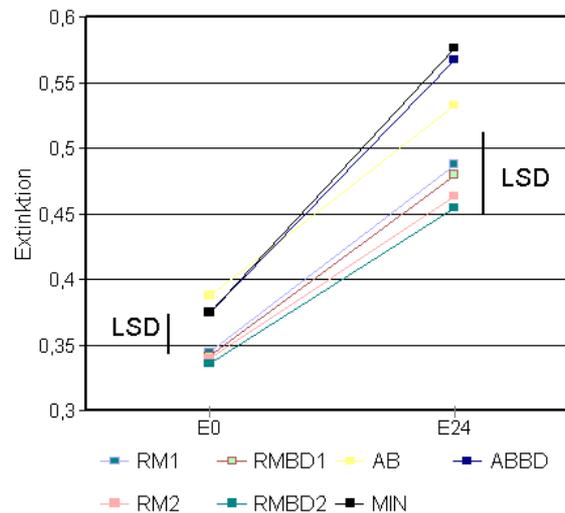


Abb. 9: Dunkelfärbung von Kartoffelextrakt bei der Extrakterstellung (E0) und nach 24 Stunden (E24) in Abhängigkeit von der Düngung; LSD = least significant difference, $p < 0,05$

Bereits der E0-Wert unmittelbar nach Herstellung des Presssaftes belegte die stärkere Dunkelfärbung in den beiden Ackerbohnenvarianten und (auf gleichem Niveau) in der Mineraldüngervariante verglichen mit den vier Rottemistvarianten. Die Steigerung der Mistmenge wirkte sich nicht auf die Dunkelfärbung aus. Nach einem Tag hatte die Extinktion insgesamt zugenommen, und der Abstand zwischen den Behandlungen vergrößerte sich. Die Zuordnung der Varianten zu zwei verschiedenen Intensitäten der Dunkelfärbung blieb jedoch erhalten, einerseits die vier Mistvarianten mit schwacher Dunkelung und andererseits die stärker gedunkelten Ackerbohnschrotvarianten und die Mineraldüngungsvariante.

Die Messwerte zeigten somit klar, dass die Zerfallsintensität des Extraktes bei pflanzlicher Düngung und Mineraldüngung ungefähr gleich hoch war und diejenige bei Mistdüngung deutlich überstieg. Im gleichen Versuch hatte Rohwedder (2002) zwar keinen Unterschied zwischen pflanzlicher und tierischer Düngung festgestellt, die höhere Mistmenge bewirkte in dieser Untersuchung jedoch eine signifikant schwächere Dunkelung als die pflanzliche Düngung, was den von uns festgestellten Unterschied zwischen den beiden organischen Düngerarten grundsätzlich bestätigte.

Die stärkere Zerfallsintensität mineralisch gedüngter Kartoffeln im Vergleich zur Mistdüngung wurde mehrfach festgestellt (Raupp, 2002; Sobek, 2001).

4 Zusammenfassung

In ökologischen Betrieben auf ertragsschwachen Standorten (z.B. sandige Böden und trockenes Klima) begrenzt häufig der erzielbare Futterertrag den Umfang des Tierbestandes, der unter diesen Standortbedingungen gehalten werden kann. Oft wirtschaften solche Betriebe vollständig viehlos. Die positiven Wirkungen von Stallmist (Nährstoffversorgung, Humusersatz) sind somit begrenzt oder überhaupt nicht nutzbar. Pflanzliche organische Dünger, wie z.B. Leguminosen-Blattmasse oder Körnerleguminosen-Schrote, könnten hier eine Alternative zu Stallmist sein, wobei deren Effekte auf Ertrag und Qualität der Kulturpflanzen und auf die Humusentwicklung der Böden im Vergleich zu Stallmist genau geprüft werden sollten.

Dies war die Zielsetzung unseres Projektes. Am Beispiel von Ackerbohnschrot wurde in einem Langzeitversuch, der seit 1996 am IBDF betrieben wird, die Wirkung beider Düngerarten, jeweils mit gleichem Gesamtstickstoffgehalt, auf Sommerweizen (in 2004) und Kartoffeln (in 2005) verglichen. Zusätzlich waren Stallmistvarianten mit einer höheren Aufwandmenge und eine Mineraldüngervariante angelegt. Die organischen Dünger wurden jeweils mit und ohne Anwendung der biologisch-dynamischen Präparate gegeben. Somit umfasste der Versuch sieben Varianten:

- **RM1**: Rottemist und Jauche, 100 kg ha⁻¹ N;
- **RMBD1**: präparierter Rottemist und präparierte Jauche, 100 kg ha⁻¹ N;
- **AB**: Ackerbohnschrot, 100 kg ha⁻¹ N;
- **ABBD**: präpariertes Ackerbohnschrot, 100 kg ha⁻¹ N;
- **MIN**: Mineraldünger, 100 kg ha⁻¹ N;
- **RM2**: Rottemist und Jauche, 170 kg ha⁻¹ N;
- **RMBD2**: präparierter Rottemist und präparierte Jauche, 170 kg ha⁻¹ N.

Die Ergebnisse und Schlussfolgerungen lassen sich wie folgt zusammen fassen:

- Der Magnesiumgehalt (und möglicherweise auch der Kaliumgehalt) im Boden scheint bei pflanzlicher organischer Düngung tendenziell abzunehmen, in unserem Versuch allerdings meist noch innerhalb der Fehlergrenze. Durch eine längere Versuchsdauer sollte diese Tendenz eindeutig bestätigt oder widerlegt werden.
- Gegenüber dem Ausgangsniveau zu Versuchsbeginn hat die Rottemistdüngung den C_{org}-Gehalt des Bodens konstant erhalten, während die Gehalte bei pflanzlicher und mineralischer Düngung gesunken sind. Der C_{org}-Gehalt als wichtige Kenngröße der Bodenfruchtbarkeit weist damit auf einen Mangel der langjährigen pflanzlichen Düngung hin.

- Nach neun Jahren Versuchsdauer sind die C_{org} -Gehalte in allen Varianten immer noch in Bewegung, so dass noch keine Aussage über ein neues, langfristig stabiles Humusniveau möglich ist.
- Aufgrund der fehlenden bzw. sehr geringen Unterschiede bei den Nitratgehalten des Bodens nach pflanzlicher Düngung und Rottemistdüngung, kann man ein relativ ähnliches Mineralisationsverhalten beider Düngerarten annehmen. Dafür sprechen auch die statistisch gleichen Werte im Herbst beider Untersuchungs-jahre. Es ist jedoch zu beachten, dass sich in beiden Jahren die charakteristische N-Aufnahme der Kulturpflanzen auf die Ergebnisse ausgewirkt hat und dass die Wachstumsbedingungen beider Jahre (somit auch der N-Entzug der Pflanzen) infolge der schlechten Frühjahrswitterung untypisch war.
- Aufgrund des niedrigen Ertragsniveaus des Weizens und der geringen oder fehlenden Unterschiede zwischen den Varianten bei Kornertrag bzw. Strohertrag und Tausendkornmasse, kann man davon ausgehen, dass im Jahr 2004 eher die Wachstumsbedingungen (schlechte Bestandesentwicklung im Frühjahr) als die Düngung ertragsbestimmend gewesen sind. Die Variante Ackerbohnschrot ohne Präparate erreichte einen etwas höheren Kornertrag mit niedrigerem Rohprotein- und Klebergehalt. Demnach kann man vermuten, dass der pflanzliche Dünger intensiver, bzw. zeitlich früher mineralisiert werden kann als der Rottemist. Die übrigen backtechnologischen Parameter ergaben weitgehend gleiche Qualitätseigenschaften der organisch gedüngten Varianten und die bekannten Unterschiede zu mineralischer Düngung (z.B. hinsichtlich der Dehnbarkeit des Teiges und des Brotvolumens). Möglicherweise ließen sich vor allem die backtechnologischen Eigenschaften des Weizens bei pflanzlicher Düngung durch eine geteilte, zweite N-Gabe mit einem systemkonformen pflanzlichen Düngemittel verbessern.
- Nach Düngung mit Ackerbohnschrot enthielt das Weizenstroh weniger Asche, weniger Kalium, aber mehr Magnesium als nach Mistdüngung. Ob es bezüglich Mineralstoffen, speziell Kalium, bei pflanzlicher Düngung langfristig zu einer Verarmung kommt, muss in späteren Versuchsjahren geklärt werden. Gegebenenfalls sollte ein pflanzliches Düngemittel mit höherem Kaliumgehalt als Ackerbohnen getestet werden.
- Bei unterdurchschnittlichem Ertragsniveau (wegen schlechter Wetterbedingungen im Frühjahr) gab es keine Unterschiede in Knollenertrag und -sortierung zwischen der Ackerbohnschrot- und der Rottemistdüngung. Somit deuteten auch die Ergebnisse mit Kartoffeln auf eine ähnliche Nährstoffdynamik beider Düngerarten hin. Nur Rottemist in der hohen Aufwandmenge erreichte dasselbe Ertragsniveau wie die Mineraldüngung.

- Mit Ackerbohnschrot gedüngte Kartoffeln enthielten mehr Trockensubstanz, weniger Asche, weniger Kalium, mehr Stärke und etwas weniger Nitrat als die Knollen der Mistvarianten. Bezüglich Asche und Kalium ergab sich also die gleiche Situation wie für die vegetative Masse des Weizens.
- Die Dunkelfärbung des Kartoffelextraktes zeigte in den Ackerbohnschrotvarianten weitgehend die gleichen Werte wie bei Mineraldüngung. Darin drückt sich eine stärkere Zerfallsintensität der Kartoffeln bei pflanzlicher Düngung als bei Rottemist aus.
- **Fazit:** Ackerbohnschrot kann als pflanzliches Düngemittel mit weitgehend ähnlichem Mineralisationsverhalten wie Stallmist als Alternative zum tierischen Dünger gesehen werden. Die Ertragsbildung beider Kulturen verlief ohne gravierende Unterschiede zwischen beiden Düngerarten. Bei Weizen erreichte Ackerbohnschrot sogar einen etwas höheren Ertrag als Rottemist, allerdings mit niedrigerem Rohprotein- und Klebergehalt. Eine allgemeine Empfehlung für Ackerbohnschrot kann jedoch vorläufig nicht ausgesprochen werden, da sich folgende Nachteile gegenüber Stallmist gezeigt haben: niedrigerer C_{org} -Gehalt des Bodens; tendenzieller Rückgang des Magnesiumgehaltes und (möglicherweise auch) des Kaliumgehaltes im Boden; geringerer Asche- und Kaliumgehalt in vegetativer Pflanzenmasse (Stroh, Kartoffelknollen); stärkere Zerfallsneigung der Kartoffeln (gemessen als Extinktion des Extraktes).

5 Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; Hinweise auf weiterführende Fragestellungen

Sämtliche im Arbeitsprogramm formulierten Projektziele konnten realisiert werden. Einschränkungen bei den Ergebnissen und infolgedessen bei der Bewertung der Varianten ergaben sich durch die extreme Witterung beider Versuchsjahre, die sich auf Wachstum und Ertragsentwicklung der Kulturpflanzen negativ ausgewirkt hat. Insofern ist die Fortsetzung des Untersuchungsprogramms um weitere zwei Jahre anzustreben. Damit stünden Daten aus einem vollständigen Fruchtfolgedurchgang des Versuches zur Verfügung, inklusive einer weiteren Getreidekultur (Winterroggen) und einer Futterbaukultur.

Weitere Fragen und Hypothesen und somit Gründe für die Weiterführung des Projektes kann man aus den erzielten Ergebnissen ableiten:

- Bestätigt sich die Tendenz zum Rückgang des Magnesium- und Kaliumgehaltes im Boden durch pflanzliche Düngung? Kommt es auch in den beiden anderen Kulturen der Fruchtfolge zum Rückgang der Asche- und Kaliumgehalte?

- Auf welchem Niveau bleiben die C_{org} -Gehalte des Bodens langfristig stabil? Bleibt die pflanzliche Düngung dauerhaft schlechter als die Mistvariante?
- Der beobachtete Mehrertrag des Weizens und die (hypothetisch, da nicht signifikant) größere Tausendkornmasse signalisieren, dass das Mineralisationspotential von Ackerbohenschrot möglicherweise noch nicht ausgeschöpft war. Wie verändert sich die Mineralisationsintensität in Jahren mit günstigeren Witterungsbedingungen? Entsteht dann eher ein Nitratproblem im Herbst?

6 Literaturverzeichnis

- Abele, U. (1987): Produktqualität und Düngung - mineralisch, organisch, biologisch-dynamisch. Schr. Bundesmin. Ernähr., Landw., For., Reihe A: Angewandte Wissenschaft, Heft 345; Münster-Hiltrup
- Asmus, F; Görlitz, H. und Blütchen, G. (1990): Ergebnisse aus einem 30jährigen Dauerver-such zu Fragen der organischen Düngung auf Tieflehm-Fahlerde in Groß Kreutz. Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenk. 34, 329-336.
- Bachinger, J. (1996): Der Einfluss unterschiedlicher Düngungsarten (mineralisch, organisch, biologisch-dynamisch) auf die zeitliche Dynamik und die räumliche Verteilung von boden-chemischen und -mikrobiologischen Parametern der C- und N-Dynamik sowie auf das Pflanzen- und Wurzelwachstum von Winterroggen. Diss. Univ. Gießen. Schriftenreihe Bd. 7, Inst. f. Biol.-Dyn. Forschung, Darmstadt
- Braun, A. (1999): Stickstoffversorgung im Ökologischen Frühgemüseanbau und Eignung von Körnerleguminosenschroten als organische N-Dünger. Diplomarbeit Univ. Kassel
- Diez, T. und Bachthaler, G. (1978): Auswirkungen unterschiedlicher Fruchtfolge, Düngung und Bodenbearbeitung auf den Humusgehalt der Böden. Bayer. Landw. Jahrb. 55, 368-377
- Fließbach, A. and Mäder, P. (2000): Microbial biomass and size-density fractions differ between soils of organic and conventional agricultural systems. Soil Biology & Biochemis-try 32, 757-768
- Gutser, R.; Teicher, K. and Fischer, P. (1984): Nitrogen dynamics in bark compost as dependent on production methods I. Model trials. Acta Horticulturae 150, 175-184
- Hagmeier, U. (1986): Über die Stickstoffversorgung von Winter-Weizen und Winter-Roggen durch Leguminosenvorfrüchte, dargestellt anhand von Experimenten auf einem viehlos bewirtschafteten organisch-biologischen Ackerbaubetrieb auf der Schwäbischen Alb. Diss Univ. Hohenheim
- Jenkinson, D.S; Bradbury, N.J. and Coleman, K. (1994): How the Rothamsted classical experiments have been used to develop and test models for the turnover of carbon and nitrogen in soil. In: Leigh, R.A.; Johnston, A.E., (eds.). Long-term experiments in agricul-tural and ecological sciences. CAB International, Wallingford, Oxon, UK; 117-138
- Kalauch, S.; Mayer, J. und Fragstein, P.v. (2001): Körnerleguminosenschrote als alternative N-Ergänzungsdünger im Ökologischen Gemüsebau am Beispiel

- Spinat. Beitr. 6. Wissen-schaftstagung Ökol. Landbau, Weihenstephan, 6.-8. März 2001; 433-436
- Mäder, P. and Raupp, J. (editors) (1995): Effects of low and high external input agriculture on soil microbial biomass and activities in view of sustainable agriculture. Proc. 2nd Meeting Concerted Action Fertilization Systems in Organic Farming (AIR3-CT94-1940), Oberwil, 15-16 Sep. 1995
- Meuser, H. (1989): Einfluss unterschiedlicher Düngungsformen auf Boden und Pflanze. Untersuchungen zum Wasser- und Nährstoffhaushalt des Bodens und zum Pflanzenwachstum. Diss. TU Berlin, Schriftenreihe des Fachbereichs Landschaftsentwicklung der TU Berlin Nr. 67
- Möller, K. (2001): Einfluss und Wechselwirkung von Krautfäulebefall (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) und Stickstoffernährung auf Knollenwachstum und Ertrag von Kartoffeln (*Solanum tuberosum* L.) im ökologischen Landbau. Dissertation Techn. Univ. München
- Müller T.; Fragstein und Niemsdorff, P.v. (2003a): Umsatz und Wirkung vegetabiler Düngemittel im ökologischen Gemüsebau - Konzept und erste Ergebnisse. In: Freyer B.: Ökologischer Landbau der Zukunft, Universität für Bodenkultur Wien, Austria, 597-598
- Müller T.; Fragstein und Niemsdorff, P.v. (2003b): Einfluss der Temperatur auf den Umsatz von Pflanzenresiduen mit engem C/N-Verhältnis. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.
- Paffrath, A. (2004): Düngung zu Kartoffeln. Leitbetriebe Ökologischer Landbau Nordrhein-Westfalen, Versuchsbericht 2004; 64-67
- Pettersson, B.D. (1970): Verkan av växtplats, gödsling och tillväxtreglerande substanser på matpotatisens kvalitetsegenskaper. Nordisk forskningsring Meddelande Nr. 23
- Pettersson, B.D.; Reents, H.J.; Wistinghausen, E.v. (1992): Düngung und Bodeneigenschaften. Ergebnisse eines 32-jährigen Feldversuches in Järna, Schweden; Schriftenreihe Bd. 2, Inst. f. Biol.-Dyn. Forschung, Darmstadt
- Pfotzer, G. (1997): Wirkung von Kompost auf das Bodenleben. Mikrobielle und faunistische Interaktionen bei der Suppression bodenbürtiger Schaderreger. Diss. Univ. Kassel-Witzenhausen (1996); Pahl-Rugenstein Hochschulschriften 291; Bonn
- Rauhe, K. (1990): Ergebnisse und Erfahrungen aus langjährigen Feldversuchen mit organischer Düngung sowie ¹⁵N-Anwendung. VDLUFA-Schriftenreihe 30, Kongreßband 1989; 509-516
- Raupp, J. (1999): Magnesiumgehalte in Rotklee und Boden bei Stallmistdüngung und Mineraldüngung. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 12, 243-244
- Raupp, J. (2001a): Manure fertilization for soil organic matter maintenance and its effects upon crops and the environment, evaluated in a long-term trial. In: Rees, R.M.; Ball, B.C.; Campbell, C.D.; Watson, C.A. (eds.), Sustainable management of soil organic matter. CAB International, Wallingford UK; 301-308
- Raupp, J. (2001b): Ertragsbildung und ertragsbestimmende Faktoren bei Winterroggen mit Rottemist- und Mineraldüngung vor dem Hintergrund unterschiedlicher Stickstoffwirkungen der beiden Düngerarten. In: Reents, H.J. (Hrsg.); Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau; TUM Weihenstephan, 06.-08.03.2001; Köster, Berlin; 229-232
- Raupp, J. (2002): Enzymatic browning of potatoes is greatly reduced with organic

- fertilization compared to mineral fertilization. Proc. 14th IFOAM Organic World Congress, 21-24 August 2002, Victoria, Canada; p. 67
- Raupp, J. (2005): Stickstoffmineralisation von Stallmist, Ackerbohnschrot, Luzerngrünmehl und Rizinusschrot unter kontrollierten Bedingungen im Brutversuch. Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Kassel, 1.-4. März 2005; 219-220
- Rohwedder, M. (2002): Einfluss der Düngung auf Inhaltsstoffe, Extrakt dunklung und Anfälligkeit von Kartoffeln während der Lagerung. Diplomarbeit Fachgebiet Ökologische Land- und Pflanzenbausysteme, Univ. Kassel - Witzenhausen
- Rührer, J.; Friedel, J.K. und Freyer, B. (2003): Wirkung vegetabiler Dünger auf die Stickstoff-dynamik im geschützten Anbau einer Tomatenkultur im Ökologischen Landbau. Beitr. 7. Wissenschaftstagung Ökol. Landbau, Wien, 24.-26. Feb. 2003; 599-600
- Schmidt, H. (1997): Viehlose Fruchtfolgen im Ökologischen Landbau. Auswirkungen systemeigener und systemfremder Stickstoffquellen auf Prozesse im Boden und die Entwicklung der Feldfrüchte. Diss. Univ. Kassel-Witzenhausen
- Sobek, G. (2001): Auswirkungen von mineralischer und organischer Düngung auf Extrakt dunklung und mikrobiellen Befall von Kartoffeln während der Lagerung. Diplomarbeit an der Hochschule Anhalt (FH), Fachbereich Landwirtschaft, Ökotrophologie, Landespflege und am Institut für Biologisch-Dynamische Forschung e.V., Darmstadt
- Sokal, R.R.; Rohlf, F.J. (1995): Biometry. The principles and practice of statistics in biological research. 3rd edn. W.H. Freeman and Company, New York 887pp.
- VDLUFA (1951): Methodenbuch. Band III. Die Untersuchung von Futtermitteln. VDLUFA-Verlag, Darmstadt
- VDLUFA (1991): Methodenbuch. Band I. Die Untersuchung von Böden. VDLUFA-Verlag, Darmstadt
- VDLUFA (1997): Methodenbuch. Band I. Die Untersuchung von Böden. 2. Teillieferung. VDLUFA-Verlag, Darmstadt
- Walter, C. (2000): Stickstoffmineralisation aus organischen Handelsdüngern. Diplomarbeit Univ. Hannover
- Wiegele, M. (2005): Untersuchungen zum Vitamin C-Gehalt mit verschiedenen Methoden bei Kartoffeln nach Rottemist- und Mineraldüngung in Abhängigkeit der Lagerung. Diplomarbeit am Fachbereich Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur, Fachhochschule Osnabrück und am Institut für Biologisch-Dynamische Forschung e.V.

7 Übersicht über alle im Berichtszeitraum vom Projektnehmer realisierten Veröffentlichungen zum Projekt

- Oltmanns, M.; Raupp, J. (2006): Ackerbohnschrot im Vergleich zu Rottemist: Effekte auf Ertrag und Qualitätsparameter von Kartoffeln. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. **18** (in Druck)
- Raupp, J. (2005): Stickstoffmineralisation von Stallmist, Ackerbohnschrot, Luzerngrünmehl und Rizinusschrot unter kontrollierten Bedingungen im

Brutversuch. Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Kassel, 1.-4. März 2005; 219-220

<http://orgprints.org/3650/>

Raupp, J.; Oltmanns, M. (2005): Nitrogen mineralization of farmyard manure, faba bean meal, alfalfa dried grass meal and castor-bean meal in an incubation test. Poster presented at the workshop on Plant based organic fertilizers, 1st Sci. Conf. of ISOFAR, 21-23 Sep 2005, Adelaide, South Australia

Raupp, J.; Oltmanns; M. (2006): Effects of plant based organic fertilizer (faba bean meal) compared to farmyard manure on yield and quality of potatoes and soil organic matter levels. Proc. European Joint Organic Congress, Odense (Denmark), May 30 - 31, 2006; 296-297

<http://orgprints.org/7596/>

Raupp, J.; Oltmanns; M. (2006): Farmyard manure, plant based organic fertiliser, inorganic fertiliser - which one supports soil organic matter in the long run? AAB-COR Conference: What will organic farming deliver? Edinburgh, 18-20 September 2006 (in press)

Anhang**Tab. A.1:** Anbaumaßnahmen zu Sommerweizen in 2004

Maßnahme	Datum
Düngung (Mist + AB eingefräst) 1. N-Gabe Variante AB, ABBD Variante RM1, RMBD1, RM2, RMBD2 Variante MIN Düngung 2. N-Gabe Variante RM1, RMBD1, RM2, RMBD2 Variante MIN	1,6031703e+19
Grundbodenbearbeitung pflügen und fräsen	1903
Aussaat Parzellendrillmaschine, 461 k. Körner m ⁻² , Reihenabstand 14 cm	2603
Bestandesführung striegeln striegeln Präparat 500 auf BD-Parzellen Präparat 501 auf BD-Parzellen Beregnung 29 mm 29 mm	26030804 1,7032603e+23 18.-19.05. 29.06.-01.07.
Ernte	308

