



Das Lebensministerium



Berichte aus dem Öko-Pflanzenbau

Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft

Heft 9/2007

Freistaat  Sachsen
Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft

Berichte aus dem ökologischen Pflanzenbau

Inhaltsverzeichnis

Brigitte Köhler, Leipzig; Dr. Hartmut Kolbe, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Pflanzliche Erzeugung	
Nährstoffgehalte der Fruchtarten im Ökologischen Landbau	1
Dr. Hartmut Kolbe, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Pflanzliche Erzeugung	
Wirkungsgrad organischer Düngemittel auf Ertrag und Qualität von Kartoffeln im Ökologischen Landbau	22
Dr. Sabine Meinck, Hamburg; Dr. Hartmut Kolbe, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Pflanzliche Erzeugung	
Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule im Ökokartoffelanbau	47
Dr. Hartmut Kolbe, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Pflanzliche Erzeugung	
Anforderungen an die Humusbilanzierung in der Praxis des Ökologischen Landbaus	58
Uwe Becherer, Technische Universität Dresden; Martin Hänsel, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Pflanzliche Erzeugung	
Zur Intensität des Striegeleinsatzes gemessen an der Bodenbewegung unter Laborbedingungen und an einem Feldbestand von Wintergerste	70

Nährstoffgehalte der Fruchtarten im Ökologischen Landbau

Brigitte Köhler, Leipzig und Dr. Hartmut Kolbe, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Pflanzliche Erzeugung

1 Einleitung

Nährstoffgehalte der Fruchtarten finden eine vielfältige Verwendung in Praxis und Wissenschaft. Sie geben Auskunft über die Ernährungsbedingungen der Fruchtart selbst und können somit direkt für die Düngbedarfsermittlung verwendet werden. Ferner geben sie Auskunft über die Qualität des pflanzlichen Produktes für die Ernährung von Mensch und Tier. Eine genaue Kenntnis der Nährstoffgehalte kann die Güte von Nährstoffbilanzen sowie das gesamte Nährstoffmanagement verbessern. Somit können diese Berechnungen wichtige Informationen über die Nährstoffeffizienzen der eingesetzten Ressourcen und der Umweltverträglichkeit von Anbauverfahren liefern.

Schon lange Zeit gibt es Hinweise aus Untersuchungen, dass die Gehalte vieler Nährstoffe sich in der Höhe auch zwischen verschiedenen Anbauverfahren unterscheiden. So wurden immer wieder Unterschiede zwischen konventionellem und alternativem bzw. ökologischem Anbau gefunden (siehe WOESE et al., 1995a, b). Auf diesem umstrittenen Gebiet gibt es auch immer wieder Veröffentlichungen, in denen kaum Unterschiede gefunden wurden oder in denen manchmal sogar eine Neigung zur „Verschleierung“ von Unterschieden zwischen den Anbauverfahren sichtbar wurde (siehe VETTER, 1987; TAUSCHER et al., 2003).

Allgemein bekannt sind die z. T. deutlichen Unterschiede zwischen den beiden Anbauverfahren in der Backqualität von Weizenprodukten oder die relativ niedrigen Gehalte an Nitrat in Gemüse und Kartoffeln. Diese Unterschiede können im Wesentlichen auf ein z. T. deutlich niedrigeres Ernährungsniveau mit dem Nährstoff Stickstoff zurückgeführt werden (KOLBE, 1993; KOLBE et al., 2003). Es konnte aufgezeigt werden, dass die N-Gehalte in ökologischen pflanzlichen Produkten im Durchschnitt niedriger liegen.

Aus diesen Ergebnissen wuchs die Erkenntnis, dass für die verschiedenen Verwendungszwecke jeweils eigene Zusammenstellungen der wichtigsten Inhaltsstoffe der Fruchtarten aus ökologischem Anbau erforderlich sind. Daher wird in dieser Arbeit ein umfangreicher Versuch unternommen, erstmals ein Tabellenwerk über die Gehalte an den Nährstoffen Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K) und Magnesium (Mg) sowie der Trockenmasse (TM) für möglichst alle im Anbau befindlichen Fruchtarten des Haupt- und Zwischenfruchtbaus inklusive des Grünlandes aus vielen Quellen des mitteleuropäischen Anbaubereiches zu erstellen.

Da die Höhe der Nährstoffgehalte der Kulturen von verschiedenen Bewirtschaftungs- und Umweltbedingungen abhängig ist, ist die Aufstellung einer Liste repräsentativer Gehalte kein einfacher,

trivialer Vorgang, sondern bedarf einer enormen Anstrengung, damit in Anzahl an Wiederholungen und in Anbetracht der hohen Artenanzahl ein verlässliches Zahlenmaterial zusammengestellt werden kann.

Somit musste aus vielen Quellen und Erhebungen Zahlenmaterial gesichtet werden. Besonders wichtig waren hierbei auch Quellen der sogenannten „grauen Literatur“ sowie bisher unveröffentlichte Ergebnisse. Unser besonderer Dank gilt an dieser Stelle der konventionellen „AG Düngung“ und der „AG der Versuchsansteller im Ökologischen Landbau“ in denen eine länderübergreifende Zusammenarbeit über den Verband der Landwirtschaftskammern (VLK) organisiert wird.

2 Material und Methoden

Neben einer möglichst genauen Ertragserfassung sind die Nährstoffgehalte der einzelnen Anbaukulturen z.B. für die Berechnung von Nährstoffentzügen bedeutend. Meistens bilden Richtwertvorgaben, herausgegeben von den zuständigen Stellen der Bundesländer (Ländereinrichtungen) zur Einhaltung der guten fachlichen Praxis, die Basis für die Berechnung von Nährstoffvergleichen und Düngungsempfehlungen. Seltener liegen eigene Analysenwerte vor, die in den Bilanzierungsverfahren Anwendung finden. Die Tabellenwerke der Ländereinrichtungen entsprechen häufig den konventionellen Anbau- und Bewirtschaftungsverfahren. Für die Bilanzierung, so BACH & FREDE (2005), stellen diese Tabellenwerke abgesicherte repräsentative Mittelwerte dar und können gut als Standard verwendet werden. Jedoch wird bei diesen Werten die naturgemäß auftretende Variabilität in den Nährstoffgehalten nicht berücksichtigt. In Bezug auf die Bilanzgenauigkeit treten, je kleiner die Bezugseinheiten (Betriebs- oder Flächenbilanzen) sind, zunehmend Abweichungen vom „wahren Wert“ auf (BACH & FREDE, 2005).

Die natürliche Streubreite in den Nährstoffgehalten wird durch Einflussfaktoren wie Sorte, Boden, Witterung, Fruchtfolge und Düngung bestimmt. Den größten Einfluss auf die N-Konzentration im Erntegut hat neben dem genetischen Faktor von den exogenen Faktoren insbesondere die Düngung (BIERMANN, 1995). Somit ist durch eine andere Produktionsweise, z.B. die des ökologischen Landbaus, von zusätzlichen Streuungen und Abweichungen in den Nährstoffgehalten auszugehen. Eine Anwendung von Richtwerten, übernommen aus konventionellen Versuchsergebnissen, kann für die Bilanzierung im ökologischen Landbau daher mit großen Fehlern behaftet sein (KOLBE et al., 2003). Auch STEIN-BACHINGER et al. (2004) diskutieren die Unterschiede in den berechneten Nährstoffmengen zwischen ökologisch und konventionell wirtschaftenden Betrieben, die neben den niedrigeren Erträgen auch durch niedrigere Nährstoffgehalte zustande kommen. Somit können sich bei Anwendung von konventionellen Faustzahlen, wie z.B. KTBL-Faustzahlen oder Richtwerte der Ländereinrichtungen, für Ökobetriebe sehr ungenaue Ergebnisse ergeben.

Das Hauptproblem der Bereitstellung von Richtwerten aus dem ökologischen Landbau war bisher vielfach die zu geringe Datenbasis an Untersuchungswerten aus dieser Produktionsweise. Da in

neuester Zeit aus vielen Forschungsprojekten z.B. des Bundesprogramms Ökologischer Landbau Analysen von Nährstoffgehalten der Kulturen gemacht wurden, liegen weitestgehend für alle relevanten Kulturarten des ökologischen Landbaus gesicherte Datenmengen an Nährstoffgehalten vor. Diese konnten zur Berechnung von repräsentativen Mittelwerten genutzt werden.

Laut Ergebnissen aus Exaktversuchen konventioneller und ökologischer Versuchsreihen war zu erkennen, dass die Nährstoffgehalte der Fruchtarten Unterschiede aufweisen (KOLBE et al., 2003). Insbesondere beim Stickstoff zeigen sich zum Teil deutlich niedrigere Gehalte als im Vergleich zu den gleichen konventionell erzeugten Produkten. Dies belegen umfangreiche Untersuchungen vor allem auch beim Getreide. Durch diese Vergleichsuntersuchungen wurde von KOLBE et al. (2003) festgestellt, dass im Durchschnitt der untersuchten Kulturen 16 % (je nach Art 5 – 25 %) niedrigere N-Gehalte im ökologischen Landbau erzielt wurden.

Dagegen wurden bei den legumenen Fruchtarten kaum Unterschiede in den N-Konzentrationen gefunden (KOLBE et al., 2002). Jedoch werden die Leguminosen auf Grund ihrer Funktion und des hohen Anbauumfangs im ökologischen Landbau ausführlich erfasst, weil zu diesen Arten wegen der geringeren Anbaubedeutung im konventionellen Landbau kein detailliertes Datenmaterial vorlag, für die Berechnung der symbiotischen N-Bindung aber möglichst genaue Kalkulationsunterlagen erforderlich sind. Bei der Erstellung dieser Listen wurde bei den Futter- und Körnerleguminosen insbesondere auf eine detaillierte Erfassung des Gemengeanbaus Wert gelegt, da die N-Gehaltsunterschiede vor allem von den Leguminosen-Ertragsanteilen abhängig sind.

Von den vorliegenden Datenquellen und beschriebenen Versuchsauswertungen im ökologischen Landbau wurden für die praxisrelevanten Fruchtarten durch arithmetische Mittelwertbildung repräsentative Nährstoffgehalte ermittelt. Bei einer zu geringen Datengrundlage zur Berechnung eines abgesicherten Mittelwertes, wurden in Bezug auf die Untersuchungen von KOLBE et al. (2003) für einige meistens selten im Anbau vorkommende Arten die N-Gehalte des Datenmaterials aus konventionellen Quellen mit einem 15 %-igen Abzug versehen.

Im Gegensatz zum Stickstoff zeigten sich insgesamt bei den Fruchtarten zwischen den Bewirtschaftungsformen keine größeren Abweichungen in den Nährstoffgehalten an P, K und Mg. Laut KOLBE (2001) ergaben sich aus den vorliegenden Untersuchungen zu diesen Nährstoffgehalten im ökologischen Landbau geringfügig niedrigere sowie auch höhere Konzentrationen im Vergleich zu konventionellen Werten. In der erstellten Datenbank sind Mittelwerte von P-, K- und Mg-Gehalten vorrangig aus Versuchen des ökologischen Landbaus übernommen worden. Bei fehlenden Analysenwerten aus dem ökologischen Landbau wurde ohne Änderungen der Nährstoffkonzentration auf entsprechende konventionelle Werte zurückgegriffen.

Das Tabellenwerk wurde unter Angabe der Gehaltswerte der Haupt- und Nebenprodukte zum Zeitpunkt der Ernte in Frischmasse (kg Nährstoff/dt FM) ausgearbeitet. Der TM-Gehalt zum Erntezeit-

punkt von Haupt- (HP) und Nebenprodukt (NP) sowie das HP:NP-Verhältnis werden mit angegeben, um bei Angabe der Erntemengen Berechnungen für die Gesamtpflanze zu ermöglichen.

Weiterhin stellte sich auch die Frage, ob zwischen konventionellem und ökologischem Anbau Unterschiede in den HP:NP-Verhältnissen der Arten auftreten. Es wurde jedoch festgestellt, dass dieser Parameter in den Versuchsauswertungen des ökologischen Landbaus nur sehr selten erhoben wurde. Weder als Ergebnis der Züchtungsarbeiten noch bei den vielfältigen Landessortenversuchen werden z.B. bei Getreide die Stroherträge erfasst (KARALUS, 2004). Ergebnisse aus dem ökologischen Getreideanbau mit Erfassung der Korn:Stroh-Verhältnisse liegen hauptsächlich von STEIN-BACHINGER et al. (2004) vor, deren Daten mit in die Auswertungen eingeflossen sind. Jedoch bieten die vorhandenen Versuchsergebnisse noch keine ausreichende Datenbasis zur genauen Festlegung der HP:NP-Verhältnisse bestimmter Arten für den Anbau nach ökologischen Bedingungen. Daher sind zur Überarbeitung der HP:NP-Verhältnisse weitere konventionelle Quellen der Landeseinrichtungen mit eingeflossen. Die HP:NP-Verhältnisse seltener Fruchtarten, die aber insbesondere im ökologischen Landbau häufiger vorkommen, wurden ebenfalls aus Ergebnissen konventioneller Standardwerke des Pflanzenbaus abgeleitet.

In einer erweiterten Darstellung wird bei den Arten des Futterbaus auf Grund der unterschiedlichen Nutzungsregime eine zusätzliche Differenzierung der N-Gehalte vorgenommen. Durch die Auswahl des Vegetationsstadiums zum Erntezeitpunkt „vor“, „in“ und „nach der Blüte“ können die unterschiedlich hohen N-Gehalte berücksichtigt werden.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Körnerfrüchte

Wie im konventionellen Anbau ist Getreide auch im ökologischen Landbau eine Hauptanbaukultur. Auf Grund der hohen Flächenanteile sind genaue Daten über die Nährstoffgehalte z.B. für die Berechnung von Nährstoffbilanzen wichtig. Aus umfassenden Sorten- und Qualitätsversuchen im ökologischen Getreideanbau lagen ausreichende Versuchsergebnisse, auch von eigenen Versuchen aus Sachsen zur Berechnung repräsentativer Mittelwerte vor. Insbesondere ist an dieser Stelle auf das umfangreiche Datenmaterial der „AG der Versuchsansteller“ im VLK hinzuweisen. Die im ökologischen Landbau häufiger vorkommenden Getreidearten, wie z. B. Weizen, Roggen oder auch Dinkel, wurden in der Datensammlung besonders berücksichtigt, um speziell von diesen Kulturen gesicherte Werte anzubieten (Tab. 1).

Im Vergleich zu konventionellen Analysen zeigen die Untersuchungen von KOLBE et al. (2003) eindeutig niedrigere N-Gehalte im Getreide aus ökologischem Anbau an. Dies wird ebenso von STEIN-BACHINGER et al. (2004) und weiteren Autoren belegt. Die P-, K- und Mg-Gehalte aller Getreidearten im ökologischen Landbau entsprechen dagegen den Werten des konventionellen

Anbaus, da keine größeren Abweichungen festgestellt wurden. Übernommen wurden daher die P- und K-Gehalte weitgehend von der konventionellen „AG Düngung“ im VLK (Stand 1997). Die Mg-Gehalte der Getreidearten wurden anhand mehrerer Quellen nochmals überprüft und abgeändert. Die Nährstoffgehalte des Getreidegemenges wurden als Mittelwert aus den gängigen Sommer- und Winterungen berechnet.

Tabelle 1: Nährstoff- und TM-Gehalte der Körnerfrüchte im Haupt- und Nebenprodukt zur Ernte (Angaben in kg Reinnährstoff/dt FM)

FRUCHTART	TM (%)		HP : NP (HP=1)	N		P		K		Mg	
	HP	NP		HP	NP	HP	NP	HP	NP	HP	NP
Qualitätsweizen	86	86	1,1	1,75	0,44	0,35	0,13	0,50	1,16	0,12	0,12
Winterweizen	86	86	1,1	1,68	0,44	0,35	0,13	0,50	1,16	0,12	0,12
Winterweizen (Brau)	86	86	1,1	1,68	0,44	0,35	0,13	0,50	1,16	0,12	0,12
Wintergerste	86	86	1,1	1,35	0,44	0,35	0,13	0,50	1,41	0,12	0,12
Wintergerste (Brau)	86	86	1,1	1,35	0,44	0,35	0,13	0,50	1,41	0,12	0,12
Winterroggen	86	86	1,3	1,29	0,44	0,35	0,13	0,50	1,66	0,12	0,12
Triticale	86	86	1,2	1,36	0,44	0,35	0,13	0,50	1,41	0,12	0,12
Dinkel	86	86	1,1	2,13	0,44	0,35	0,13	0,75	1,41	0,12	0,12
Sommerweizen	86	86	1,1	1,80	0,44	0,35	0,13	0,50	1,16	0,12	0,12
Durumweizen	86	86	1,0	2,00	0,44	0,35	0,13	0,50	1,16	0,12	0,12
Sommergerste (Futter)	86	86	1,0	1,34	0,44	0,35	0,13	0,50	1,41	0,12	0,12
Sommergerste (Brau)	86	86	1,0	1,34	0,44	0,35	0,13	0,50	1,41	0,12	0,12
Sommerroggen	86	86	1,3	1,25	0,44	0,35	0,13	0,50	1,66	0,12	0,12
Hafer	86	86	1,1	1,58	0,40	0,32	0,13	0,47	1,41	0,12	0,06
Getreidegemenge	86	86	1,1	1,46	0,44	0,35	0,13	0,50	1,41	0,12	0,12
Körnermais	86	86	0,8	1,28	0,78	0,33	0,09	0,40	1,65	0,20	0,14
Buchweizen	86	86	2,3	1,66	0,60	0,31	0,32	0,43	2,00	0,18	0,23

Insbesondere beim Getreide ist die Erfassung der Korn:Stroh-Verhältnisse für verschiedene Berechnungen notwendig und wichtig, jedoch sind kaum Ergebnisse über die Korn:Stroh-Verhältnisse aus ökologischen Versuchsanstellungen vorhanden. Die ermittelten Ergebnisse zeigten nur geringe Abweichungen zwischen konventioneller und ökologischer Produktionsweise. Auf Grund der geringen Datenbasis wurden daher unter Hinzuziehung der konventionellen länderspezifischen Zahlenwerke die Verhältniszahlen überarbeitet.

Von den Fruchtarten Körnermais und Buchweizen liegen ebenfalls nur wenige Daten aus dem ökologischen Landbau vor. Die N-Gehalte dieser Kulturen wurden aus konventionellen Anbauversuchen ohne N-Düngung und von konventionellen Standardwerken nach 15 %iger Verringerung der N-Gehalte entnommen.

3.2 Hülsenfrüchte

Bei den Körnerleguminosen gibt es zwischen den Produktionsweisen „konventionell“ und „ökologisch“ kaum unterschiedliche Konzentrationen in den N-Gehalten. Dagegen zeigten Untersuchungen im ökologischen Landbau, dass sogar höhere K- und Mg-Gehalte im Korn und Stroh auftreten können (KOLBE et al., 2002). Die Datenbasis für die Nährstoffgehalte der Körnerleguminosen im Druschanbau basiert auf eigenen Versuchsergebnissen sowie Untersuchungen von DLG-FUTTERWERTTABELLEN (1997), KELLER et al. (1999) SCHMIDTKE & RAUBER (2000), KOLBE et al. (2002), LEITHOLD et al. (2003) u. a. Quellen (Tab. 2).

Die Nährstoffgehalte der Grünspeiseerbse wurden entsprechend dem üblichen Erntezeitpunkt mit 22 % TM ermittelt. Die N-Gehalte der Grünspeiseerbse wurden aus experimentell ermittelten Werten aus dem Ökolandbau übernommen (JOST, 2003; LABER, 2004a, b). Die P-, K- und Mg-Gehalte wurden von den Werten der Körnererbse abgeleitet indem diese auf den TM-Gehalt zum Erntezeitpunkt der Grünspeiseerbse umgerechnet wurden. Die Korn:Stroh-Verhältnisse der Hülsenfrüchte werden entsprechend den vorliegenden konventionellen Daten übernommen, da nach KARALUS (2004) aufgrund der fehlenden N-Düngung in beiden Produktionsweisen weitgehend keine Unterschiede auftreten. Durch das moderne Sortenspektrum sind die Korn:Stroh-Verhältnisse enger geworden als im Vergleich zu früheren Zeiten.

Tabelle 2: Nährstoff- und TM-Gehalte der Hülsenfrüchte im Haupt- und Nebenprodukt zur Ernte (Angaben in kg Reinnährstoff/dt FM)

FRUCHTART	TM (%)		HP : NP (HP=1)	N		P		K		Mg	
	HP	NP		HP	NP	HP	NP	HP	NP	HP	NP
Ackerbohne	86	86	1,0	4,20	1,20	0,47	0,15	1,13	1,52	0,16	0,16
Erbse	86	86	1,0	3,50	1,40	0,43	0,14	1,06	1,20	0,13	0,21
Grünspeiseerbse	22	17	5,8	0,91	0,52	0,11	0,06	0,27	0,50	0,03	0,06
Lupine (blau)	86	86	1,0	4,80	1,10	0,42	0,10	0,90	0,96	0,16	0,16
Lupine (gelb)	86	86	1,0	6,10	1,10	0,42	0,10	0,90	0,96	0,16	0,16
Lupine (weiß)	86	86	1,0	5,20	1,10	0,42	0,10	0,90	0,96	0,16	0,16
Wicke	86	86	1,0	3,80	1,50	0,40	0,14	0,92	1,20	0,17	0,21
Sojabohne	86	86	1,0	5,50	0,90	0,57	0,15	1,29	0,90	0,22	0,26
Linse	86	86	1,0	3,90	1,50	0,39	0,14	0,76	1,20	0,12	0,21
Hülsenfruchtgemenge	86	86	1,0	4,60	1,20	0,44	0,13	0,99	1,11	0,16	0,19
Hülsenfrucht-/Nicht-leguminosen-Gemenge	86	86	1,0	3,03	0,82	0,40	0,13	0,75	1,26	0,11	0,17

3.3 Ölfrüchte

Insgesamt stand bei den Ölfrüchten nur eine geringe Analysenanzahl aus dem ökologischen Landbau zur Verfügung. Da aber der Anbau von Ölfrüchten - insbesondere Raps - deutlich zunimmt, wurden soweit vorhanden neueste Ergebnisse aus Öko-Versuchen in die Mittelwertberechnungen für die Nährstoffe N, P, K und Mg mit aufgenommen. Zum N-Gehalt der Ölpflanzen wurden weitere Quellen von PAULSEN (2003), REINBRECHT et al. (2005), STEIN-BACHINGER et al. (2004) und DEBRUCK (2005) sowie Ergebnisse aus eigenen Feldversuchen berücksichtigt (Tab. 3).

Für die Ölfrüchte Sonnenblume, Öllein, Senf und Leindotter lagen keine ausreichenden Daten vor. Deshalb wurde auf die konventionellen Tabellenwerke der Ländereinrichtungen unter Abzug von 15 % des N-Gehaltes zurückgegriffen. Allgemein sind bei den Ölfrüchten z. T. niedrigere N-Gehalte gegenüber konventionellen Werten zu verzeichnen. Die P-, K- und Mg-Gehalte wurden mit den Werten der konventionellen Tabellenwerke aus verschiedenen Bundesländern sowie mit den ökologischen Werten von STEIN-BACHINGER et al. (2004) abgeglichen. Die Korn:Stroh-Verhältnisse bei den Ölfrüchten mussten weitgehend von den konventionellen Angaben der Ländereinrichtungen übernommen werden.

3.4 Hackfrüchte

Aus den vielen Versuchsergebnissen aus ökologischem Anbau waren gut abgesicherte, repräsentative Mittelwerte sowohl von Frühkartoffeln als auch von mittelfrühen Kartoffeln zu bestimmen. Im Vergleich zum konventionellen Anbau zeigen sich deutlich niedrigere N-Gehalte bei den ökologisch erzeugten Kartoffeln (Tab. 3). Die P-, K- und Mg-Gehalte bei den Kartoffeln stammen weitgehend aus ökologischen Anbauversuchen. Auch für die Bestimmung der HP:NP-Verhältnisse bei den Kartoffeln konnte auf eigene Versuchsdaten zurückgegriffen werden (KOLBE et al., 2003; MÖLLER et al., 2003).

Für die Zucker- und Futterrüben konnten zur Überprüfung der Nährstoffgehalte nur wenige Werte aus ökologischem Anbau bereitgestellt werden (KOLBE & PETZOLD, 2002; STEIN-BACHINGER et al., 2004). Die P, K und Mg-Gehalte wurden vorrangig anhand der konventionellen Tabellenwerke der Bundesländer überprüft und angepasst.

Tabelle 3: Nährstoff- und TM-Gehalte der Öl- und Hackfrüchte sowie bei Samenvermehrung im Haupt- und Nebenprodukt zur Ernte (Angaben in kg Reinnährstoff/dt FM)

FRUCHTART		TM (%)		HP : NP	N		P		K		Mg	
		HP	NP	(HP=1)	HP	NP	HP	NP	HP	NP	HP	NP
Ölfrüchte	Winterraps	91	86	2,0	2,80	0,50	0,78	0,13	0,80	1,66	0,24	0,09
	Sommerraps	91	86	2,0	3,00	0,50	0,78	0,14	0,80	1,66	0,24	0,09
	Sonnenblume	91	86	2,0	2,40	1,15	0,71	0,35	1,70	3,74	0,42	0,18
	Öllein	91	86	1,5	3,10	0,45	0,53	0,09	0,80	1,16	0,35	0,10
	Senf	91	86	1,5	3,86	0,45	0,53	0,09	0,80	1,16	0,30	0,10
	Leindotter	91	86	1,4	3,70	0,68	0,68	0,13	0,80	1,25	0,16	0,06
Hackfrüchte	Frühkartoffeln	22	25	0,2	0,39	0,34	0,07	0,07	0,60	0,50	0,02	0,13
	Mittelfrühe Kartoffeln	22	25	0,2	0,31	0,34	0,06	0,07	0,50	0,50	0,02	0,13
	Spätkartoffeln	22	25	0,3	0,31	0,34	0,06	0,07	0,50	0,50	0,02	0,13
	Zuckerrüben	23	16	0,7	0,16	0,30	0,04	0,05	0,21	0,59	0,05	0,06
	Gehaltsrüben	15	12	0,4	0,16	0,26	0,03	0,04	0,41	0,52	0,03	0,05
	Masserüben	12	12	0,4	0,14	0,25	0,03	0,02	0,37	0,32	0,03	0,08
Samenvermehrung	Grassamen	86	86	7,5	1,84	1,10	0,30	0,16	0,46	1,80	0,10	0,24
	Klee-, Luzernesamen	91	86	8,0	5,50	1,50	0,64	0,13	1,04	2,16	0,16	0,24
	Serradellasamen	91	86	3,0	3,50	1,50	0,64	0,13	1,04	2,16	0,16	0,24
	Rübensamen	86	30	6,0	1,53	0,60	0,52	0,17	1,16	0,83	0,18	0,09

3.5 Samenvermehrung

Die Saatguterzeugung im ökologischen Landbau erfolgt heute unter den spezifischen Produktionsbedingungen. Eine Abweichung der Höhe der Nährstoffgehalte der zur Samenvermehrung in Frage kommenden Fruchtarten konnte aufgrund der zu geringen Analysenwerte aus dem ökologischen Landbau nicht direkt ermittelt werden. Die Nährstoffgehalte der Leguminosen zur Samenvermehrung wurden von den Richtwerten der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft übernommen (KERSCHBERGER et al., 2002). Entsprechend den vorliegenden Ergebnissen bei den Körnerleguminosen werden bei der Samenvermehrung keine niedrigeren N-Gehalt bei den Leguminosen angenommen. Bei den Gras- und Rübensamen wurde ein N-Abzug von 15 % veranschlagt. Die P-, K- und Mg-Gehalte entsprechen konventionellen Analysenwerten (Tab. 3).

3.6 Futterpflanzen

Auf Grund ihrer Fähigkeit zur Luftstickstoffbindung, aber auch wegen guter Erträge und Futterqualitäten werden speziell im ökologischen Landbau Leguminosen und Leguminosen-Nichtleguminosengemenge angebaut. Sie können hohe Flächenanteile erreichen und sind auch dadurch wichtige Fruchtarten in der Fruchtfolge. Dieser besonderen Bedeutung der Futterpflanzen wird durch eine detaillierte Erfassung einzelner Arten mit ihren jeweiligen Nährstoffgehalten Rechnung getragen und bildet einen Schwerpunkt in der Erstellung der Datenbank (Tab. 4).

Diese Datenliste über die Futterpflanzen aus ökologischem Anbau wurde erstellt aus langjährigen wissenschaftlichen Feldversuchen (bundesweit), eigenen Erhebungen aus der Praxis in Sachsen (von Klee grasflächen und Grünland), sowie verschiedenen Ergebnissen aus Futterqualitätsuntersuchungen. Nachfolgend sind die Hauptbezugsquellen für die Nährstoffgehalte von Futterpflanzen aufgeführt worden: BOMMER (1954), SCHEFFER & ULRICH (1960), NEHRING (1972), LÜDDERCKE (1976), FAUSTZAHLEN (1978), HEINZMANN (1981), MEINSEN (1983), OEHMICHEN (1986), KIRCHMANN (1988), SCHMIDTKE (1997), LOGES (1998), LOGES & TAUBE (1999), SCHMIDTKE & RAUBER (2000), LWK-SCHLESWIG-HOLSTEIN (2001), JOST (2003), JUNG (2003), SCHMIDTKE (2003), DIETL & LEHMANN (2004), HAAS (2004), LWK-HANNOVER (2004), PIETSCH (2004).

Für die Ermittlung repräsentativer Mittelwerte - auch für verschiedene Gemengeanbauformen - konnte auf umfangreiche Versuchsergebnisse aus dem ökologischen Landbau zurückgegriffen werden. Bei den Reinbeständen an Futterleguminosen zeigen sich zwischen ökologischen und konventionellen Quellen, auch bei Beachtung der im ökologischen Landbau häufig vorkommenden Sorten und Erntebedingungen, keine deutlichen Unterschiede in den N-Konzentrationen.

Tabelle 4: Nährstoff- und TM-Gehalte der Futterpflanzen im Haupt- und Nebenprodukt zur Ernte (Angaben in kg Reinnährstoff/dt FM)

FRUCHTART	TM (%)		HP : NP (HP=1)	N		P		K		Mg	
	HP	NP		HP	NP	HP	NP	HP	NP	HP	NP
Leguminosen-/Nichtlegum.-Gemenge											
Kleegras (30:70)	20	-	-	0,43	-	0,06	-	0,52	-	0,06	-
Kleegras (50:50)	20	-	-	0,47	-	0,06	-	0,52	-	0,06	-
Kleegras (70:30)	20	-	-	0,50	-	0,06	-	0,52	-	0,06	-
Luzernegras (30:70)	20	-	-	0,45	-	0,07	-	0,54	-	0,04	-
Luzernegras (50:50)	20	-	-	0,50	-	0,07	-	0,54	-	0,04	-
Luzernegras (70:30)	20	-	-	0,55	-	0,07	-	0,54	-	0,04	-
Landsberger Gemenge	17	-	-	0,40	-	0,06	-	0,52	-	0,06	-
Leguminosen-(grobk.)/Nicht-leguminosen-Gemenge	20	-	-	0,44	-	0,07	-	0,50	-	0,05	-
Leguminosen-(grobk.)/Getreide-Gemenge (GPS) (30:70)	30	-	-	0,46	-	0,07	-	0,50	-	0,05	-
Leguminosen-(grobk.)/Getreide-Gemenge (GPS) (50:50)	28	-	-	0,52	-	0,07	-	0,50	-	0,05	-
Leguminosen-(grobk.)/Getreide-Gemenge (GPS) (70:30)	25	-	-	0,59	-	0,07	-	0,50	-	0,05	-
Leguminosen											
Rotklee (und andere Kleearten)	18	-	-	0,55	-	0,06	-	0,50	-	0,06	-
Luzerne	18	-	-	0,62	-	0,06	-	0,50	-	0,05	-
Klee-, Luzernegemenge	18	-	-	0,57	-	0,06	-	0,50	-	0,06	-
Leguminosengemenge (fein- u. grobk.)	18	-	-	0,54	-	0,06	-	0,50	-	0,06	-
Leguminosengemenge (grobk.)	18	-	-	0,52	-	0,06	-	0,50	-	0,06	-
Leguminosengemenge (grobk.) (GPS)	25	-	-	0,65	-	0,07	-	0,50	-	0,05	-

Tabelle 4: (Fortsetzung)

FRUCHTART	TM (%)		HP : NP	N		P		K		Mg	
	HP	NP	(HP=1)	HP	NP	HP	NP	HP	NP	HP	NP
Nichtleguminosen											
Silomais	30	-	-	0,34	-	0,07	-	0,40	-	0,05	-
Silomais (Zweitfrucht)	25	-	-	0,28	-	0,06	-	0,37	-	0,05	-
Grünmais	17	-	-	0,25	-	0,05	-	0,35	-	0,04	-
Corn-Cob-Mix (CCM)	60	60	0,8	0,83	0,56	0,20	0,06	0,32	1,16	0,14	0,11
Getreide Ganzpflanze	20	-	-	0,36	-	0,07	-	0,52	-	0,04	-
Getreide (GPS)	30	-	-	0,39	-	0,07	-	0,52	-	0,04	-
Feldgras	20	-	-	0,38	-	0,07	-	0,54	-	0,04	-
Futtermais, Rübsen	13	-	-	0,35	-	0,06	-	0,52	-	0,06	-
Senf	15	-	-	0,34	-	0,06	-	0,52	-	0,06	-
Sonnenblume	13	-	-	0,27	-	0,05	-	0,52	-	0,06	-
Nichtleguminosengemenge (Kreuzblütler)	15	-	-	0,35	-	0,06	-	0,50	-	0,05	-

grobk. = grobkörnig; feink. = feinkörnig; GPS = Ganzpflanzensilage

Deutliche Abweichungen in den N-Gehalten zeigen sich bei den Gemengen erst bei differenzierter Betrachtung unterschiedlicher Leguminosen-Ertragsanteile im Pflanzenbestand. Deshalb wurde eine detaillierte Auflistung der Klee- und Luzernegrasbestände vorgenommen. Außer in Reinbeständen werden die N-Gehalte für Klee- und Luzernegras in Stufen mit 30 %, 50 % und 70 % Leguminosen-Ertragsanteil differenziert und in dieser Form als Fruchtarten getrennt aufgeführt. Die größten Unterschiede in den N-Gehalten bestehen bei den reinen Nichtleguminosenbeständen, insbesondere bei reinen Grasbeständen.

Ferner werden die Nährstoffgehalte nach bestimmten Nutzungsverfahren, z. B. als Ganzpflanzensilage (GPS) oder Frischfutter bei Schnittnutzung, unterschieden. Bei den Futterpflanzen allgemein bestehen in den P-, K- und Mg-Gehalten meistens nur geringfügige Unterschiede zwischen den verschiedenen Produktionsweisen. Der Maisanbau gewinnt im ökologischen Landbau neben der Futternutzung auch zur Biogasgewinnung immer mehr an Bedeutung. Vom Silomais lagen Nährstoffgehalte aus ökologischem Landbau vor (BECKMANN & KOLBE 2002). Vom Corn-Cob-Mix (CCM) und Körnermais (Tab. 1) wurde von konventionellen Werten ein N-Abzug von 15 % vorgenommen und daraus ein Mittelwert abgeleitet. Abweichungen in den Nährstoffgehalten von Energiemais können aufgrund fehlender Daten nicht belegt werden. Zum Kolben: bzw. Korn:Restpflanzen-Verhältnis von Mais lagen keine Ökoversuchsdaten vor. Von Versuchsergebnissen aus Brandenburg (SCHMALER, 2005) konnten aus Versuchen ohne N_{min} -Düngungsvarianten Verhältniszahlen gewonnen werden. Vorrangig nach dieser Quelle sowie aus den Tabellenwerken

der Ländereinrichtungen wurde für den ökologischen Anbau ein HP:NP-Verhältnis von 1:0,8 für beide Erntevarianten abgeleitet.

Bei der Betrachtung der Nährstoffgehalte in verschiedenen Vegetationsstadien zeigten sich bei den Kulturen im Futterbau Unterschiede in den N-Konzentrationen der TM (Tab. 5). Als hauptsächliche Quelle für die Ausweisung der N-Gehalte nach dem Vegetationsstadium dienten die Rohproteingehalte aus den DLG Futterwerttabellen (DLG-FUTTERWERTTABELLEN, 1997) sowie weitere Versuchsergebnisse. Im Allgemeinen nehmen die N-Konzentrationen vom Stadium „vor der Blüte“ bis zum Stadium „nach der Blüte“ ab. Insbesondere bei den Klee gras-Gemengen können durch diese Auswahlmöglichkeit die N-Gehalte zwischen Leguminosen und Gräsern genauer erfasst werden.

Tabelle 5: Stickstoff- und TM-Gehalte der Futterpflanzen differenziert nach dem Vegetationsstadium

FRUCHTARTEN	vor der Blüte			in der Blüte			nach der Blüte		
	TM	N		TM	N		TM	N	
	(%)	(kg/dt FM)	(kg/dt TM)	(%)	(kg/dt FM)	(kg/dt TM)	(%)	(kg/dt FM)	(kg/dt TM)
Leguminosen-/ Nichtlegum.-Gemeuge									
Kleegras 30:70	19,3	0,46	2,38	24,5	0,41	1,69	29,0	0,42	1,44
Kleegras 50:50	18,7	0,49	2,62	23,8	0,45	1,89	28,0	0,46	1,64
Kleegras 70:30	17,2	0,52	3,02	23,2	0,49	2,11	27,0	0,50	1,85
Luzernegras 30:70	19,5	0,49	2,51	24,5	0,44	1,80	28,9	0,42	1,45
Luzernegras 50:50	18,9	0,54	2,86	23,8	0,50	2,10	27,8	0,47	1,69
Luzernegras 70:30	18,3	0,59	3,22	23,1	0,55	2,39	26,8	0,52	1,94
Leguminosen-(feink.)/Nichtlegum.-Gemeuge	18,7	0,49	2,62	23,8	0,45	1,89	28,0	0,46	1,64
Landsberger Gemeuge	15,0	0,43	2,87	16,0	0,38	2,38	18,0	0,39	2,17
Leguminosen-(grobk.)/Nichtlegum.-Gemeuge	13,5	0,45	3,33	16,0	0,43	2,69	25,0	0,46	1,84
Leguminosen-(grobk.)/Getreide-Gemeuge GPS 30:70							30,0	0,46	1,53
Leguminosen-(grobk.)/Getreide-Gemeuge GPS 50:50							27,5	0,52	1,89
Leguminosen-(grobk.)/Getreide-Gemeuge GPS 70:30							25,0	0,59	2,36
Leguminosen									
Luzerne	17,5	0,65	3,71	22,0	0,63	2,86	25,2	0,58	2,30
Rotklee	17,0	0,56	3,29	22,1	0,54	2,44	25,6	0,55	2,15
Weißklee	13,4	0,53	3,96	15,0	0,51	3,40	19,2	0,53	2,76
Alexandrinerklee	15,3	0,52	3,40	20,5	0,61	2,98	24,0	0,63	2,63
Inkarnatklee	14,0	0,47	3,36	19,4	0,45	2,32	24,5	0,50	2,04
Persischer Klee	13,0	0,50	3,85	19,0	0,55	2,89	23,0	0,60	2,61
Gelbklee	15,5	0,58	3,74	19,8	0,60	3,03	24,5	0,63	2,57
Hornklee	15,5	0,58	3,74	19,8	0,60	3,03	24,5	0,63	2,57
Espарsette	18,0	0,61	3,39	20,3	0,56	2,76	24,5	0,66	2,69
Serradella	15,5	0,54	3,48	19,8	0,58	2,93	24,5	0,60	2,45
Erdklee	15,5	0,58	3,74	19,8	0,60	3,03	24,5	0,63	2,57
Klee-, Luzernegemeuge	17,3	0,58	3,35	22,1	0,58	2,62	25,4	0,59	2,32
Leguminosengemeuge (fein- u. grobk.)	15,0	0,54	3,60	19,0	0,54	2,84	25,0	0,60	2,40

Tabelle 5: (Fortsetzung)

FRUCHTARTEN	vor der Blüte			in der Blüte			nach der Blüte		
	TM	N		TM	N		TM	N	
	(%)	(kg/dt FM)	(kg/dt TM)	(%)	(kg/dt FM)	(kg/dt TM)	(%)	(kg/dt FM)	(kg/dt TM)
Ackerbohne Futter	15,0	0,62	4,13	16,7	0,48	2,87	30,0	0,76	2,53
Futtererbse	13,7	0,45	3,28	19,2	0,50	2,60	24,3	0,60	2,47
Lupine	11,7	0,43	3,68	14,0	0,45	3,21	25,0	0,45	1,80
Wicke Futter	13,0	0,60	4,62	15,9	0,55	3,46	23,8	0,61	2,56
Leguminosengemenge (grobk.)	12,8	0,54	4,22	15,7	0,51	3,25	25,0	0,61	2,44
Leguminosengemenge (grobk.) GPS							25,0	0,65	2,60
Deutsches Weidelgras	17,3	0,41	2,37	22,8	0,36	1,58	28,0	0,40	1,43
Welsches Weidelgras	17,3	0,40	2,31	22,8	0,33	1,45	28,0	0,37	1,32
Einjähriges Weidelgras	20,3	0,41	2,02	25,5	0,35	1,37	30,4	0,40	1,32
Knaulgras	21,0	0,45	2,14	27,8	0,38	1,37	32,5	0,34	1,05
Wiesenfuchsschwanz	21,0	0,45	2,14	26,5	0,35	1,32	32,0	0,30	0,94
Wiesenlieschgras	23,0	0,41	1,78	28,0	0,38	1,36	33,0	0,35	1,06
Wiesenschwingel	22,0	0,44	2,00	25,0	0,40	1,60	29,0	0,37	1,28
Feldgras	20,3	0,42	2,07	25,5	0,36	1,41	30,4	0,36	1,18
Futterraps	11,0	0,35	3,18	12,0	0,32	2,67	13,0	0,32	2,46
Rübsen	11,0	0,35	3,18	12,0	0,34	2,83	13,0	0,31	2,38
Senf Futter	13,0	0,44	3,38	15,0	0,50	3,33	17,0	0,40	2,35
Nichtleguminosengemenge (Kreuzblütler)	16,0	0,36	2,25	19,3	0,35	1,81	22,4	0,31	1,38
Futtergerste	17,0	0,40	2,35	23,0	0,32	1,39	30,0	0,36	1,20
Futterhafer	18,0	0,35	1,94	23,5	0,30	1,28	30,0	0,35	1,17
Futterroggen	16,0	0,40	2,50	21,5	0,35	1,63	30,0	0,40	1,33
Futterweizen	22,0	0,40	1,82	25,0	0,34	1,36	30,0	0,36	1,20
Getreide Ganzpflanze	18,0	0,39	2,17	22,7	0,33	1,45	29,7	0,37	1,25
Getreide Ganzpflanze GPS							29,7	0,37	1,25
Grünmais	17,0	0,25	1,47	20,5	0,26	1,27	28,5	0,33	1,16
Silomais (Zweitfrucht)	17,0	0,25	1,47	20,5	0,26	1,27	28,5	0,33	1,16
Sonnenblume Futter	11,0	0,28	2,55	12,0	0,25	2,08	14,0	0,21	1,50
Nichtleguminosengemenge	16,5	0,34	2,10	20,0	0,31	1,61	25,0	0,32	1,29
Nichtleguminosengemenge GPS							27,5	0,44	1,60

grobk. = grobkörnig; feink. = feinkörnig; GPS = Ganzpflanzensilage

3.7 Zwischenfrüchte

Auch der Zwischenfruchtanbau ist in Artenanzahl und Anbauverhältnissen sehr umfangreich und vielfältig. Auf Grund der unzureichenden Datengrundlage aus dem ökologischen Landbau wurden in dem Handbuch von STEIN-BACHINGER et al. (2004) die Nährstoffgehaltsangaben für Zwischenfrüchte lediglich in legume und nichtlegume Sommer- und Winterzwischenfrüchte unterteilt. Es wurde darauf verwiesen, dass allgemein gültige Angaben über die Höhe der Nährstoffkonzentrationen schwierig zu ermitteln sind, da sie entsprechend der klimatischen Voraussetzungen und der Wuchleistung der Arten ganz unterschiedliche Entwicklungsstadien erreichen.

Es wurden zahlreiche Ergebnisse aus konventionellem und ökologischem Anbau ausgewertet (KOLBE et al., 2004). Die vielfältigen Kulturen im Zwischenfruchtanbau werden möglichst einzeln mit ihren jeweiligen Nährstoffgehalten erfasst (Tab. 6). Durch die kurze Vegetationszeit haben anbauwürdige Zwischenfrüchte ein sehr hohes N-Aneignungsvermögen. Das ist ein Grund dafür, dass sich keine deutlichen Unterschiede in den Nährstoffgehalten zwischen den Arten und der Produktionsweise ergeben. Die N-Gehalte von Nichtleguminosen sind im Allgemeinen im Zwischenfruchtanbau etwas höher als im Hauptfutteranbau (vgl. Tab. 4 – 6).

Tabelle 6: Nährstoff- und TM-Gehalte der Zwischenfrüchte zur Ernte (Angaben in kg Reinnährstoff/dt FM)

FRUCHTARTEN	TM (%)	N	P	K	Mg
Leguminosen-/ Nichtlegum.-Gemenge					
Kleegras 30:70	17	0,46	0,057	0,47	0,045
Kleegras 50:50	17	0,48	0,058	0,46	0,048
Kleegras 70:30	17	0,50	0,059	0,45	0,051
Landsberger Gemenge	17	0,46	0,050	0,50	0,040
Luzernegras 30:70	17	0,46	0,057	0,47	0,045
Luzernegras 50:50	17	0,48	0,058	0,46	0,048
Luzernegras 70:30	17	0,50	0,059	0,45	0,051
Wickroggen	17	0,45	0,050	0,50	0,045
Leguminosen-/Nichtlegum.-Gemenge	17	0,46	0,050	0,50	0,040
Leguminosen					
Rotklee und andere Kleearten	15	0,53	0,057	0,45	0,055
Luzerne	15	0,53	0,057	0,45	0,055
Klee-, Luzernegemenge	15	0,53	0,057	0,45	0,055
Leguminosengemenge (fein- u. grobk.)	15	0,53	0,060	0,43	0,050
Leguminosengemenge (grobk.)	15	0,52	0,055	0,40	0,045
Nichtleguminosen					
Senf, Futterraps, Rübsen, Ölrettich	15	0,37	0,053	0,38	0,033
Phacelia	15	0,37	0,053	0,38	0,033
Buchweizen	15	0,30	0,048	0,36	0,059
Feldgras	15	0,43	0,060	0,47	0,041
Getreide Ganzpflanze	15	0,38	0,057	0,45	0,039
Markstammkohl, Steckrübe, Stoppelrübe	15	0,35	0,050	0,42	0,040
Futtermöhre	15	0,35	0,050	0,42	0,040
Sonnenblume	15	0,30	0,048	0,36	0,059
Grünmais	15	0,25	0,056	0,45	0,038
Nichtleguminosengemenge	15	0,35	0,050	0,42	0,040

grobk. = grobkörnig; feink. = feinkörnig

3.8 Grünland

Grundlage der Nährstoffgehalte von Grünlandaufwüchsen bildet eine Zusammenstellung des „Arbeitskreises Düngung“ des VLK (siehe FÖRSTER et al., 2004). Um eine Anpassung an die Produktionsbedingungen des ökologischen Landbaus zu erzielen, wurden weitere Analysenwerte ausschließlich aus ökologischer Bewirtschaftung zusammengestellt und mit den vorhandenen Daten verglichen. Diese Gegenüberstellung verdeutlichte einerseits nur geringe Unterschiede zwischen den Anbauverfahren. Andererseits war eine klare Differenzierung nach der Intensität der Nutzung zu erkennen. Deshalb wurde auch für die ökologische Bewirtschaftung eine nach der Nutzungsintensität differenzierte Gehaltstabelle übernommen (Tab. 7).

Die Praxis der ökologischen Grünlandbewirtschaftung kann sowohl einer extensiven Nutzung bei sehr niedrigen N-Gehalten als auch einer intensiven Bewirtschaftung mit 4 Nutzungen und hohen N-Gehalten entsprechen. Bei günstigen Standortverhältnissen können im ökologischen Landbau durchaus hohe Erträge (bis 500 dt/ha FM) erreicht werden. Die P-, K- und Mg-Gehalte steigen entsprechend den Nutzungsintensitäten deutlich an.

Tabelle 7 Nährstoffgehalte von Grünland bei unterschiedlichen Nutzungsintensitäten (Angaben in kg Reinnährstoff/dt FM, bei 20 % TM)

Nutzungsintensität (dt FM/ha)	N	P	K	Mg
0 - 200	0,26	0,05	0,25	0,04
200 - 300	0,36	0,06	0,42	0,05
300 - 400	0,44	0,08	0,48	0,06
400 - 500	0,54	0,09	0,50	0,07
>500	0,56	0,09	0,50	0,07

In einer Erweiterung können die N-Gehalte auch bei den Grünlandaufwüchsen je nach Vegetationsstadium differenziert aufgeführt werden (Tab. 8). Jedoch werden durch die Nutzungsintensitäten bereits bestimmte Erntezeitpunkte festgelegt, da bei einer Mehrschrittnutzung keine Ernten mehr im Stadium „nach der Blüte“ möglich sind.

Tabelle 8: N-Gehalte und TM-Gehalte von Grünland differenziert nach Nutzungsintensität und Vegetationsstadium

Nutzungsintensität: (dt FM/ha) Vegetationsstadium	1 Aufwuchs		2 Aufwüchse		3 Aufwüchse		4 Aufwüchse	
	0 - 200		200 - 300		300 - 400		> 400	
	TM	N	TM	N	TM	N	TM	N
	(%)	(kg/dt FM)	(%)	(kg/dt FM)	(%)	(kg/dt FM)	(%)	(kg/dt FM)
vor der Blüte	25	0,43	18	0,44	18	0,48	17	0,51
in der Blüte	38	0,51	23	0,43	21	0,51	21	0,54
nach der Blüte	43	0,56	--	--	--	--	--	--

4 Zusammenfassung

Nach zahlreichen Auswertungen von Untersuchungen zu Nährstoffgehalten zeigten sich teilweise deutliche Unterschiede in den Nährstoffgehalten nach Produktionsweise. Jedoch fehlte bislang eine Ausarbeitung eines Tabellenwerkes mit Daten speziell für die Anwendung im ökologischen Landbau. Aufgrund dessen wurden mittlere Werte für die Gehalte der Nährstoffe Stickstoff, Phosphor, Kalium und Magnesium sowie an Trockenmasse und die Verhältnisse zwischen Haupt- und Nebenprodukt zur Erntereife der Fruchtarten zusammengestellt. Hierfür wurden vornehmlich Quellen aus ökologischem Anbau verwendet. Nur wenn keine genügend hohe Werteanzahlen einzelner Fruchtarten vorlagen, wurden auch Quellen aus konventionellem Anbau genutzt. Die Fruchtarten wurden getrennt nach Körner-, Hülsen-, Öl- und Hackfrüchte aufgeführt. Die Arten des Futterbaus im Haupt- und Zwischenfruchtanbau sowie des Grünlandes wurden ausführlich behandelt, indem zusätzlich auch die Nährstoffgehalte des Erntematerials unterschiedlicher Gemengeanteile, Nutzungsintensitäten sowie die N-Gehalte für die Vegetationsstadien „vor“, „in“ und „nach der Blüte“ erfasst wurden.

5 Literaturverzeichnis

- BACH, M. & H.G. FREDE (2005): Methodische Aspekte und Aussagemöglichkeiten von Stickstoff-Bilanzen. Institut für Landwirtschaft und Umwelt, Bonn
- BECKMANN, U. & H. KOLBE (2002): Maisanbau im Ökologischen Landbau. Broschüre, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Dresden
- BIERMANN, S. (1995): Flächendeckende, räumlich differenzierte Untersuchung von Stickstoffflüssen für das Gebiet der neuen Bundesländer. Dissertation, Halle/Wittenberg. Berichte aus der Agrarwissenschaft, Verlag Shaker, Aachen
- BOMMER, D. (1954): Untersuchungen über die Ernterückstände von Feldfutterpflanzen in verschiedenen Höhenlagen. Z. Acker- u. Pflanzenbau 99, 239 – 258
- DEBRUCK, J. (2005): Bioraps für Könner. Sächsische Bauernzeitung, Berlin, 22 – 24
- DIETL, W. & J. LEHMANN (2004): Ökologischer Wiesenbau. Nachhaltige Bewirtschaftung von Wiesen und Weiden. Österreichischer Agrarverlag, Leopoldsdorf, Österreich
- DLG-FUTTERWERTTABELLEN (1997): DLG-Futterwerttabellen-Wiederkäuer, 7. Auflage. DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt/Main
- FAUSTZAHLEN (1978): Faustzahlen für Landwirtschaft und Gartenbau. Ruhr-Stickstoff, Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup
- FÖRSTER, F., H. ERNST & E. ALBERT (2004): BEFU 2005. Broschüre, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Pflanzliche Erzeugung, Leipzig
- HAAS, G. (2004): Stickstoffversorgung von Weißkohl, Silo- und Körnermais durch Winterzwischenfrucht-Leguminosen. Schriftenreihe Institut für Organischen Landbau. Institut für Organischen Landbau, Bonn
- HEINZMANN, F. (1981): Assimilation von Luftstickstoff durch verschiedene Leguminosenarten und dessen Verwertung durch Getreidenachfrüchte. Dissertation, Hohenheim.
- JOST, B. (2003): Untersuchungen und Kalkulationstabellen zur Schätzung der N₂-Fixierleistung und der N-Flächenbilanz beim Anbau von *Lupinus albus* und *Lupinus luteus* in Reinsaat und von *Vicia faba* und *Pisum sativum* in Reinsaat und im Gemenge mit *Avena sativa*. Dissertation, Göttingen
- JUNG, R. (2003): Stickstoff-Fixierleistung von Luzerne (*Medicago sativa* L.) Rotklee (*Trifolium pratense* L.) und Persischem Klee (*Trifolium resupinatum* L.) in Reinsaat und Gemenge mit Poaceen. Experimentelle Grundlagen und Kalkulationsverfahren zur Ermittlung der Stickstoff-Flächenbilanz. Dissertation, Göttingen
- KARALUS, W. (2004): Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich 4 - Pflanzliche Erzeugung, Nossen, mündliche Mitteilung
- KELLER, E. R. et al. (1999): Handbuch des Pflanzenbaus, Bd. 3: Knollen- und Wurzelfrüchte, Körner- und Futterleguminosen. Ulmer Verlag, Stuttgart
- KERSCHBERGER, M., G. FRANKE & H. HEß (2002): Anleitung und Richtwerte für Nährstoffvergleiche nach Düngeverordnung. Schriftenreihe Heft 10, Jena. http://www.tll.de/tll_idx.htm

- KIRCHMANN, H. (1988): Shoot and root growth and nitrogen uptake by six green manure legumes. *Acta Agric. Scand.* 38, 25 - 31
- KOLBE, H. (1993): Acker- und pflanzenbaulicher, ökologischer und ökonomischer Vergleich verschiedener landwirtschaftlicher Bewirtschaftungssysteme unterschiedlicher Intensität und Schlußfolgerungen für weitere notwendige Untersuchungen unter besonderer Berücksichtigung der landwirtschaftlichen Bedingungen in den neuen Bundesländern. Literaturstudie. Institut für Bodenkultur und Pflanzenbau der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Leipzig.
- KOLBE, H. & W. PETZOLD (2002): Zuckerrübenanbau im Ökologischen Landbau. Broschüre, Fachbereich Bodenkultur und Pflanzenbau, Leipzig
- KOLBE, H. et al. (2002): Körnerleguminosen im Ökologischen Landbau. Broschüre, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Dresden
- KOLBE, H. et al. (2003): Stickstoffgehalte pflanzlicher Produkte aus dem ökologischen Landbau. SÖL Berater-Rundbrief Nr. 2, Stiftung Ökologie & Landbau, Bad Dürkheim
- KOLBE, H. et al. (2004): Zwischenfrüchte im Ökologischen Landbau. Broschüre, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Leipzig
- LABER, H. (2004a): Praxisversuche zur N-Düngung in sächsischen Öko-Gemüsebaubetrieben. Infodienst für Beratung und Schule der Sächsischen Agrarverwaltung Nr. 1, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, 105 – 117
- LABER, H. (2004b): Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich 5 - Gartenbau, Dresden-Pilnitz, mündliche Mitteilung
- LEITHOLD, G., F. SCHULZ & K.-P. FRANZ (2003): Eignung von Sojabohnensorten mit kurzer Vegetationszeit für einen Anbau auf einem ökologisch bewirtschafteten Grenzstandort unter Berücksichtigung unterschiedlicher Reihenabstände. *Pflanzenbauwiss.* 7, 21 - 28
- LOGES, R. (1998): Ertrag, Futterqualität, N₂-Fixierungsleistung und Vorfruchtwert von Rotklee- und Rotkleeergrasbeständen. Dissertation, Kiel
- LOGES, R. & F. TAUBE (1999): Ertrag und N₂-Fixierungsleistung unterschiedlich bewirtschafteter Futterleguminosenbestände. In: H. HOFFMANN & S. MÜLLER: Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau „Vom Rand zur Mitte“. Verlag Dr. Köster, Berlin, 101 - 104
- LÜDDECKE, F. (1976): Ackerfutter. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin
- LWK-HANNOVER (2004): Grundwasserschutz durch Ökologischen Landbau in Futterbaubetrieben. Abschlussbericht des Versuchsvorhabens. Landwirtschaftskammer, Hannover
- LWK-SCHLESWIG-HOLSTEIN (2001): Kleeergrasuntersaaten. Grundfutterproduktion in der Praxis des ökologischen Landbaus. Sommergetreide/Erbsen GPS.
<http://www.lwk-sh.de/fachinfo/ackerbau/oeko-landbau/>
- MEINSEN, C. (1983): Pflanzenbauliche Aspekte der Ertragsprogrammierung beim Anbau von Rotklee und Rotkleeergras. Akademie der Landwirtschaftswiss. DDR, Berlin
- MÖLLER K., H. KOLBE & H. BÖHM (2003): Handbuch Ökologischer Kartoffelbau. Österreichischer Agrarverlag, Leopoldsdorf, Österreich

- NEHRING, K. (1972): Lehrbuch der Tierernährung und Futtermittelkunde. Verlag J. Neumann-Neudamm, Melsungen
- OEHMICHEN, J. (1986): Pflanzenproduktion. Band 2: Produktionstechnik. Verlag Paul Parey, Berlin
- PAULSEN, H. M. (2003): Fruchtfolgegestaltung im Ökobetrieb zur Erlangung einer Treibstoffautarkie. Institut für Ökologischen Landbau, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Braunschweig. <http://orgprints.org/2211/>
- PIETSCH, G. (2004): N₂-Fixierleistung und Wasserverbrauch von Futterleguminosen im Ökologischen Landbau unter klimatischen Bedingungen der pannonischen Region Österreichs. Dissertation, Wien
- REINBRECHT, C. et. al. (2005): Vergleich der Anbaueignung verschiedener Ölpflanzenarten und -sorten für den Ökologischen Landbau unter den Aspekten Speiseölgewinnung und Eiweißquelle. Universität Hohenheim. <http://orgprints.org/4844/>
- SCHEFFER, F. & B. ULRICH (1960): Lehrbuch der Agrikulturchemie und Bodenkunde. III. Teil, Humus und Humusdüngung. Band I, Morphologie, Biologie, Chemie und Dynamik des Humus. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart
- SCHMALER, K. (2005): Ergebnisse von Maisversuchen aus Brandenburg. Institut Pflanzenbauwissenschaften, Fachgebiet Acker- und Pflanzenbau, Humboldt-Universität, Berlin, schriftliche Mitteilung
- SCHMIDTKE, K. (1997): Einfluß von Rotklee (*Trifolium pratense* L.) in Reinsaat und Gemenge mit Poaceen auf symbiontische N₂-Fixierung, bodenbürtige N-Aufnahme und CaCl₂-extrahierbare N-Fractionen im Boden. Dissertation, Gießen
- SCHMIDTKE, K. (2003): Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Universität, Göttingen, persönl. Mittlg.
- SCHMIDTKE, K. & R. RAUBER (2000): Stickstoffeffizienz von Leguminosen im Ackerbau. In: Chr. MÖLLERS: Stickstoffeffizienz landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Initiativen zum Umweltschutz 21, 48 – 69
- STEIN-BACHINGER, K. et al. (2004): Nährstoffmanagement im Ökologischen Landbau, KTBL Schrift 423, KTBL, Darmstadt
- TAUSCHER, B., G. BRACK, G. FLACHOWSKY, M. HENNIG, U. KÖPKE, A. MEIER-PLOEGER, K. MÜNZIG, U. NIGGLI, G. RAHMANN, C. WILLHÖFT & E. MAYER-MIEBACH (2003): Bewertung von Lebensmitteln verschiedener Produktionsverfahren – Statusbericht 2003. <http://orgprints.org/754>
- VETTER, H. (1987): Qualität pflanzlicher Nahrungsmittel „alternativ“ und „modern“ im Vergleich. Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Bonn, T. 1 – T. 3.
- WOESE, K., D. LANGE, C. BOESS & K. W. BÖGL (1995a): Ökologisch und konventionell erzeugte Lebensmittel im Vergleich. Eine Literaturstudie. Teil I. BGVV-Heft 4, 1 – 371
- WOESE, K., D. LANGE, C. BOESS & K. W. BÖGL (1995b): Ökologisch und konventionell erzeugte Lebensmittel im Vergleich. Eine Literaturstudie. Teil II. BGVV-Heft 5, 372 – 758

Wirkungsgrad organischer Düngemittel auf Ertrag und Qualität von Kartoffeln im Ökologischen Landbau

Dr. Hartmut Kolbe, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Pflanzliche Erzeugung

1 Einleitung

Neben einer günstigen Fruchtfolgestellung hat die Auswahl einer geeigneten Art und Höhe an organischer Düngung eine entscheidende Bedeutung im erfolgreichen Kartoffelanbau. Es ist allgemein bekannt, dass Kartoffeln sehr zuträglich sind für eine hohe Versorgung mit organischer Substanz. Wenn in einer Fruchtfolge organische Düngemittel zur Ausbringung anstehen, sollten diese Düngemittel dann vorsorglich zu Kartoffeln verabreicht werden (MÖLLER et al., 2003).

In Anlehnung an die Düngungspraxis im Gemüsebau (siehe LABER, 2000, 2002), ist es auch für den ökologischen Kartoffelbau von Vorteil, die einzelnen hofeigenen Düngemittel sowie auch die Zukaufdüngemittel in ihrer Wirkung auf Ertrag und Qualität der Kartoffeln einschätzen zu können, damit sie optimal mit bester Wirkung eingesetzt werden können. Außerdem bestehen Anforderungen aus der neuen Düngeverordnung (DÜV, 2006), Kalkulationen über die Düngungsbemessung der Fruchtarten durchzuführen und zu dokumentieren.

2 Material und Methoden

Da für dieses Vorhaben Ergebnisse aus einzelnen Versuchen oft nicht ausreichen um eine fundierte Aussage treffen zu können und Ergebnisse zudem aus dem Ökolandbau bisher auch nur in begrenzter Zahl zur Verfügung stehen, wurden viele in der Literatur dokumentierte bzw. bisher unveröffentlichte Versuche zusammengelegt und einer gemeinsamen Auswertung zugeführt. Diese Öko-Versuche fanden unter verschiedenen Standortbedingungen (Boden, Klima) Deutschlands statt. Eigene Feldversuche, die meistens vom Ökofeld Roda in Sachsen stammen, wurden in die Auswertungen integriert, so dass sowohl regional abgegrenzte als auch allgemein gültige Aussagen ermöglicht werden.

Die Daten über die Erträge und Zusammensetzung der Kartoffelknollen aus den verschiedenen Versuchen wurden zunächst auf Ausreißer getestet. Danach erfolgte von jeder Versuchsreihe eine Subtraktion der Daten für die Erträge sowie der Inhaltsstoffe aus den Standard-Varianten (ohne Düngung). Die Höhe der Düngungszufuhr wurde nicht durch Angabe der TM-Mengen, sondern in Form der mit der Düngung insgesamt zugeführten N-Mengen charakterisiert. Diese Vorgehensweise gewährleistet einen besseren Vergleich der Wirkung der einzelnen Düngemittel. Stickstoff wurde als Vergleichsmaßstab gewählt, weil dieser Nährstoff besonders im Ökolandbau als begrenzendes

und zudem relativ teures Betriebsmittel anzusehen ist. Die Auswertungen wurden mit dem Statistikprogramm SPSS durch Nutzung der Regressionsanalyse durchgeführt.

Nachfolgend genannte Literaturangaben wurden für die Auswertungen zur Wirkung von organischen Düngemitteln auf Erträge und Qualität von Kartoffelknollen herangezogen:

- Kompostanwendung (Stallmistkompost, Grüngutkompost): KLEIN (1968); ABELE (1987); BESSON et al. (1991); MATHIES (1991); STEIN-BACHINGER (1993); NEUHOFF (2000); SCHULZ (2000); KOLBE (2006b)
- Stalldung: PETERSSON & ENQUIST (1964); BÖHM & DEWES (1997); PAGEL & HANF (1997); NEUHOFF (2000); SCHULZ (2000); DEBRUCK (2000); BÖHM (2001); BRUNSCH (2002); KOLBE (2006b)
- Gülle (Rindergülle): ASMUS et al. (1973); REHBEIN (1982); BÖHM (2001); KOLBE (2006b)
- Organische Handelsdünger: KLEIN (1968); ROSIGKEIT (1973); MATHIES (1991); PAFFRATH (1999, 2001); DEBRUCK (2000); LWK (2001); PAFFRATH et al. (2003).

3 Ergebnisse

3.1 Kompost

Zum Einsatz von verschiedenen Kompostarten liegen einige Ergebnisse vor. In der Regel wurde Stalldung-Kompost eingesetzt, aber auch andere Arten, wie z.B. Grüngutkompost, wurden in einmaliger Anwendung sowie auch in Daueranwendung getestet (Kompostwirtschaft). Komposte zählen allgemein zu den Düngemitteln mit sehr geringer direkter Wirkung und einer ausgeprägten nachhaltigen Wirkung. In Kompostversuchen mit Ortswechsel, d.h. nach jeweils nur einmaliger direkter Anwendung vor Kartoffeln wurden daher nur geringe Ertragseffekte erzielt (Abb. 1). Es werden Zuwächse zwischen annähernd 0 dt/ha und 50 dt/ha an Knollenerträgen erhalten. Über den gesamten Düngungsbereich ist eine stetig steigende Wirkung auf die Knollenmehrerträge zu erkennen. Mit steigendem Einsatz an Kompostmenge ist eine verhältnismäßig geringe Abnahme der Nährstoffeffizienz festzustellen. Im Durchschnitt wird bei einer Zufuhrmenge von 100 kg N/ha (ca. 150 dt/ha Kompost) ein Mehrertrag von ca. 20 dt/ha erreicht (0,197 dt/1 kg N/ha). Bei einer doppelt so hohen einmaligen Kompost-Menge liegt der Mehrertrag bei 33 dt/ha (0,167 dt/1 kg N/ha).

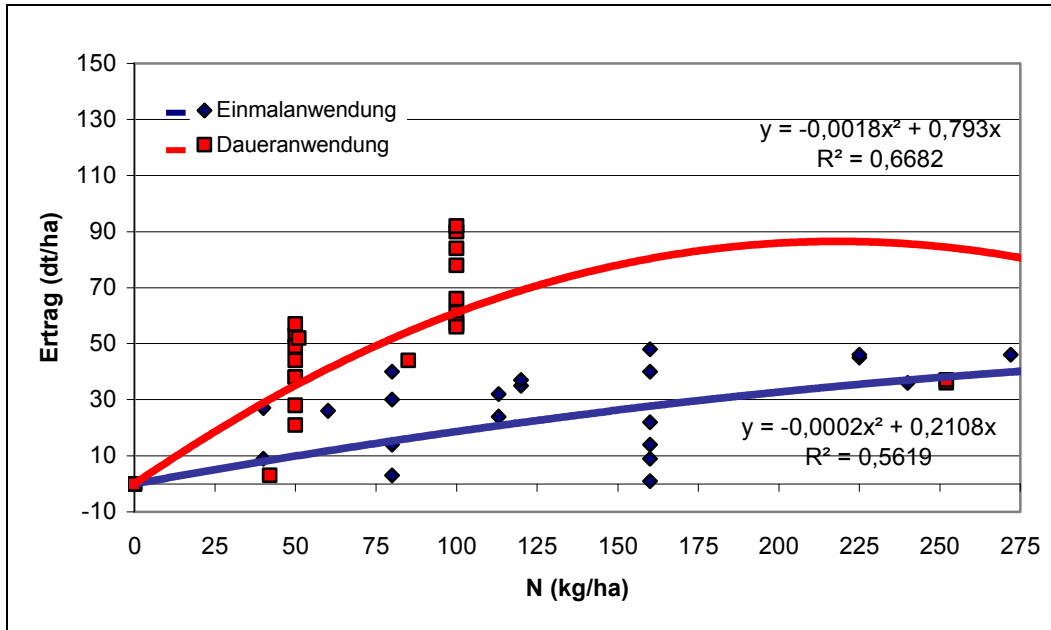


Abbildung 1: Einfluss steigender Gaben an Kompost (berechnet auf der Basis Gesamt-N) nach einmaliger und jährlicher Applikation auf die Knollenerträge von Kartoffeln (mittl. Standardertrag = 222 dt/ha)

Werden die Kompostmengen jedes Jahr dem Feld zugeführt, so kommt es bekannterweise zu einer Anhebung der Humusgehalte des Bodens. Die Humuswirkung durchschnittlicher Komposte liegt nach Vorgaben der VDLUFA-Methode zur Humusbilanzierung (KÖRSCHENS et al., 2004) bei 96 kg C/t Kompost. Nach neueren Auswertungen von vielen Dauerversuchen können diese Werte aber nur für rel. geringe jährliche Düngungsmengen von unter 100 dt/ha Kompost bestätigt werden. Die Humuswirkung sinkt bei höheren Aufwandmengen von über 200 dt/ha Kompost auf ca. 60 kg C/t Kompost ab. Die Humuswirkung nimmt also bei steigender Aufwandmenge etwas ab. Durch diese entsprechend den jährlichen Zufuhrmengen unterschiedlich intensive Kompostwirtschaft (z.B. im Gemüsebau) kommt es neben der Zunahme der Humusgehalte noch zu weiteren günstigen Wirkungen bestimmter Bodeneigenschaften. Hervorzuheben ist insbesondere die verbesserte Bodenstruktur, die besonders beim Kartoffelanbau durch günstige Wachstumseigenschaften von Vorteil ist. Diese nachhaltige Wirtschaftsweise hat natürlich auch Auswirkungen auf die zu erwartenden Erträge der Kulturarten.

Wie aus Abbildung 1 zu ersehen ist, wird bei dauerhafter Kompostanwendung im Vergleich zu keiner organischen Düngung ein deutlich höherer Knollenertrag erzielt. Die Ertragszuwächse liegen bei einer jährlichen Zufuhr von 100 kg N/ha in Form von Kompost bei ca. 65 dt/ha. Entsprechend dieser Nachwirkung des Kompostes werden auch deutlich höhere Verwertungskoeffizienten für den direkt zugeführten Stickstoff gefunden als bei nur einmaliger Kompostanwendung. Diese Ergebnisse müssen allerdings zunächst als vorläufig eingestuft werden, weil für einen weiten Bereich in der

Aufwandmenge an Kompost bisher keine Versuchsergebnisse vorliegen. Es ist darüber hinaus zu bedenken, dass durch eine ausgeprägte Kompostwirtschaft zwar mit deutlich positiven Ergebnissen gerade im Kartoffelanbau zu rechnen ist, die Kompostanwendung aber auch relativ aufwändig und teuer ist. Die Herstellung ist zudem mit z.T. hohen Kohlenstoff- und Nährstoffverlusten verbunden.

Die günstigsten Verwertungsraten werden immer bei rel. geringen Aufwandmengen an Kompost vorgefunden. Aus Abbildung 1 ist aber zu erkennen, dass günstige Verwertungsraten über einen weiten Anwendungsbereich bestehen. Daher sind für praktische Zwecke optimale Aufwandmengen für die direkte Anwendung zwischen 75 kg N/ha und 200 kg N/ha anzusiedeln, das entsprechen in etwa Aufwandmengen zwischen 100 dt und 300 dt/ha an Kompost.

Mit einer Kompostdüngung kann auch die Qualität der Knollen beeinflusst werden (Abb. 2 u. 3). Mit steigender Aufwandmenge ist allerdings keine Veränderung der P-Gehalte sowie der N-Gehalte in den Knollen verbunden. Auch bei hohen Aufwandmengen ist kaum eine Überversorgung mit Stickstoff zu erwarten, so dass für den Menschen ernährungsphysiologisch nachteilige Verbindungen, wie freie Aminosäuren, Amide sowie Nitrat, in den Knollen kaum angereichert werden können. Auch aus anderen Versuchen ist bekannt, dass die Nitratgehalte in den Knollen insbesondere bei Zufuhr von Festmistern und Komposten verhältnismäßig niedrig bleiben (siehe KOLBE et al., 1995; MEINEKE, 1995).

Die Werte an Kalium können dagegen mit steigendem Komposteinsatz angehoben werden (Abb. 2). Bei niedrigen Gaben werden bereits um 0,10 % und bei höhern Gaben um durchschnittlich 0,20 % K i.d. TM höhere Werte in den Knollen gefunden als in den Varianten ohne Kompostdüngung. Da dem Kalium eine z.T. deutliche Wirkung auf die Qualität der Knollen zukommt, können diese Zusammenhänge für eine direkte Beeinflussung genutzt werden. Es müssen in diesen Fällen aber rel. hohe Aufwandmengen an Kompost gedüngt werden, damit eine deutliche Wirkung zu verzeichnen ist. So ist es möglich, mit hohen Kompostmengen günstige Wirkungen auf die Verfärbungsneigung der Knollen (Rohbrei, Blaustabilität) zu erzielen (KOLBE, 2006a). Wie aus Abbildung 3 zu sehen ist, erfolgt nach steigenden Kompostgaben dann eine Abnahme der Trockenmasse-Gehalte, während die Stärkegehalte kaum beeinflusst werden.

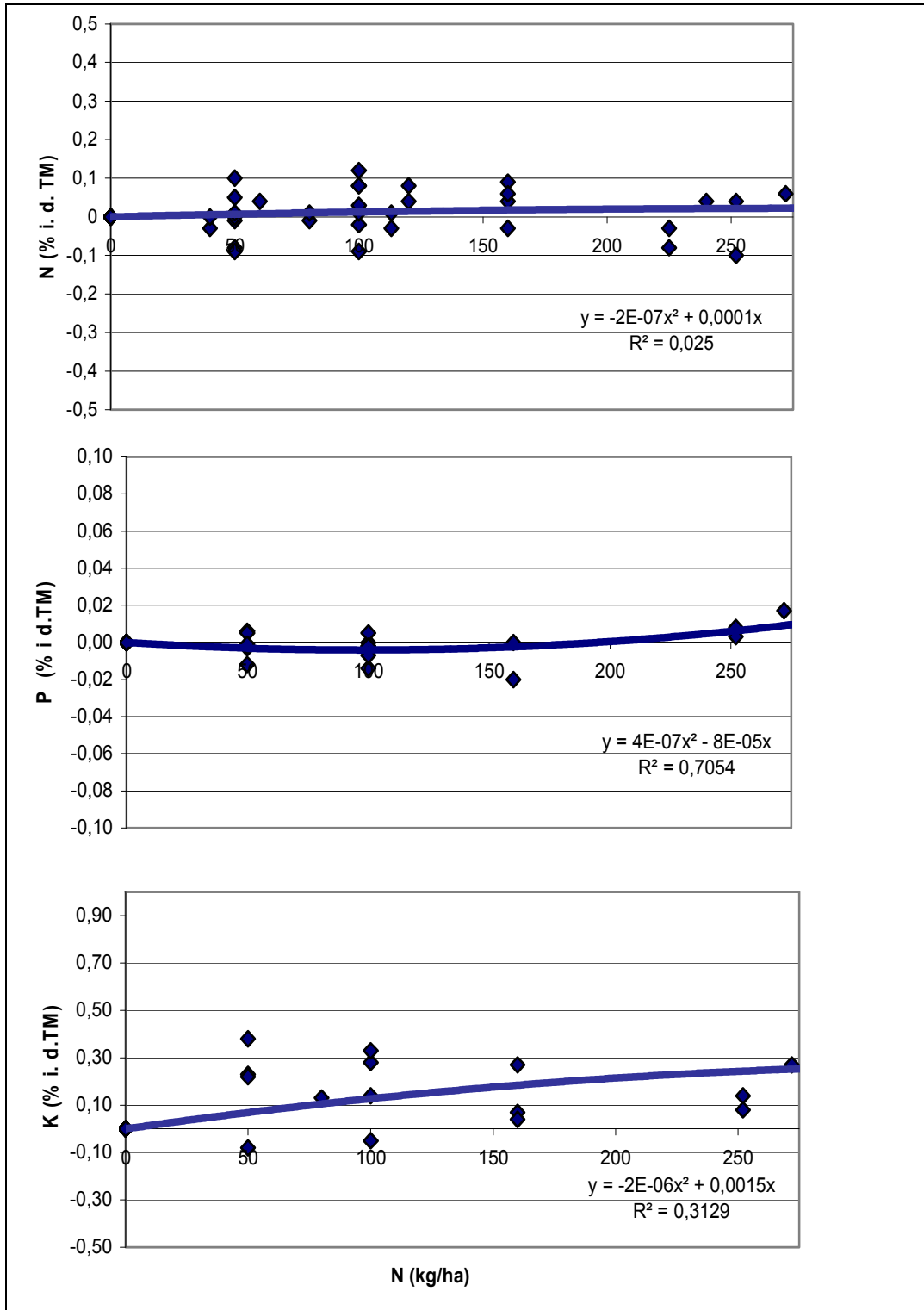


Abbildung 2: Einfluss steigender Kompostgaben (berechnet auf Basis Gesamt-N) auf die Veränderung der Gehalte an N, P und K in Kartoffelknollen (mittl. Gehalte d. Standardparzellen: N = 1,56 %, P = 0,20 %, K = 1,81 % i. d. TM)

3.2 Stallung

Stallung ist im Ökolandbau ein weit verbreiteter Wirtschaftsdünger, meistens stammt er aus der Rinderhaltung. Zu dieser Düngerart liegen viele Versuchsergebnisse vor, so dass sowohl für die einmalige als auch für die Daueranwendung gesicherte Ergebnisse und Wirkungsgrade abgeleitet werden können (Abb. 4). Es besteht eine erhebliche Streubreite der Wirkung in der Form, dass annähernd keine Mehrerträge, aber auch Ertragszuwächse von 100 dt/ha vorkommen können. Bei einmaliger Anwendung direkt vor dem Kartoffelanbau von umgerechnet 100 kg N/ha (ca. 200 dt/ha Stallmist) ist mit einem Ertragszuwachs an Knollen von nicht ganz 30 dt/ha (genau 0,28 dt/1 kg N) zu rechnen. Wird die Zufuhrmenge verdoppelt, so stellt sich kaum noch ein zusätzlicher Mehrertrag ein. Es ist zu erkennen, dass im Vergleich zur Kompostdüngung im Durchschnitt ca. 50 % höhere Erträge erzielt werden können. Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass mit dem Einsatz von Stallung bereits eine deutlichere direkte Wirkung im Anwendungsjahr verbunden ist.

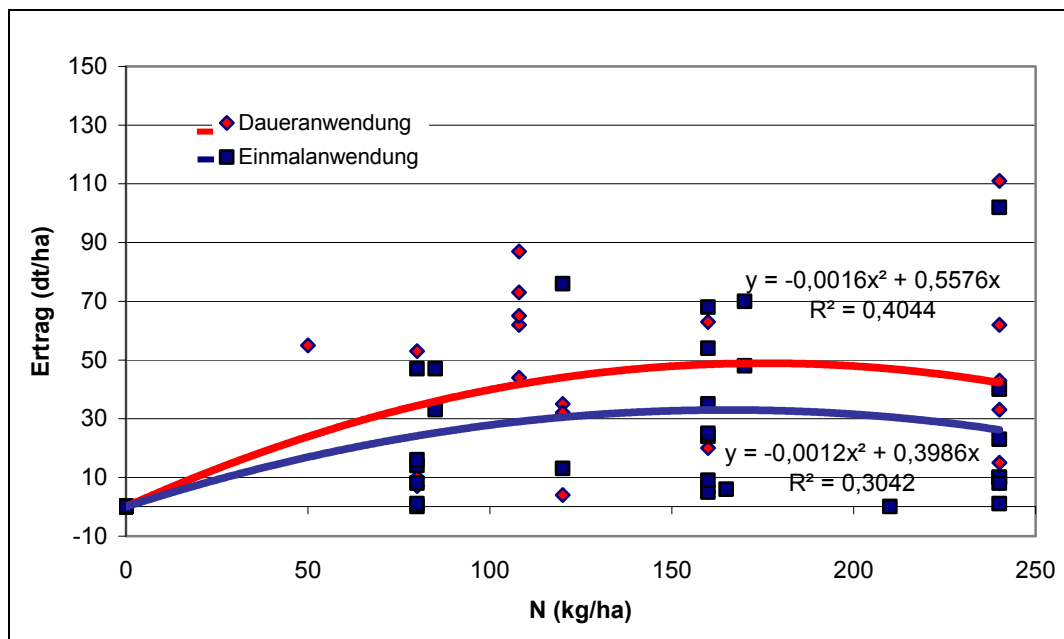


Abbildung 4: Einfluss steigender Gaben an Stallung (berechnet auf Gesamt-N) nach einmaliger und jährlicher Applikation auf die Knollenerträge von Kartoffeln (Standard = 255 dt/ha FM)

Durch einen Vergleich der Humifizierungskoeffizienten von Stallung mit denen von Kompost wird deutlich, dass dem Stallung mit ca. 40 kg C/t eine nur halb so hohe Humuswirkung zukommt. Auch bei Stallung ist mit einer abnehmenden Humifizierungswirkung in Folge steigendem Einsatz zu rechnen. Es stellen sich bei Daueranwendung höhere Humusgehalte ein, die dazu führen, dass die Nachlieferung aus dem Boden und Aufnahme an Nährstoffen durch den Pflanzenbestand dann ansteigen.

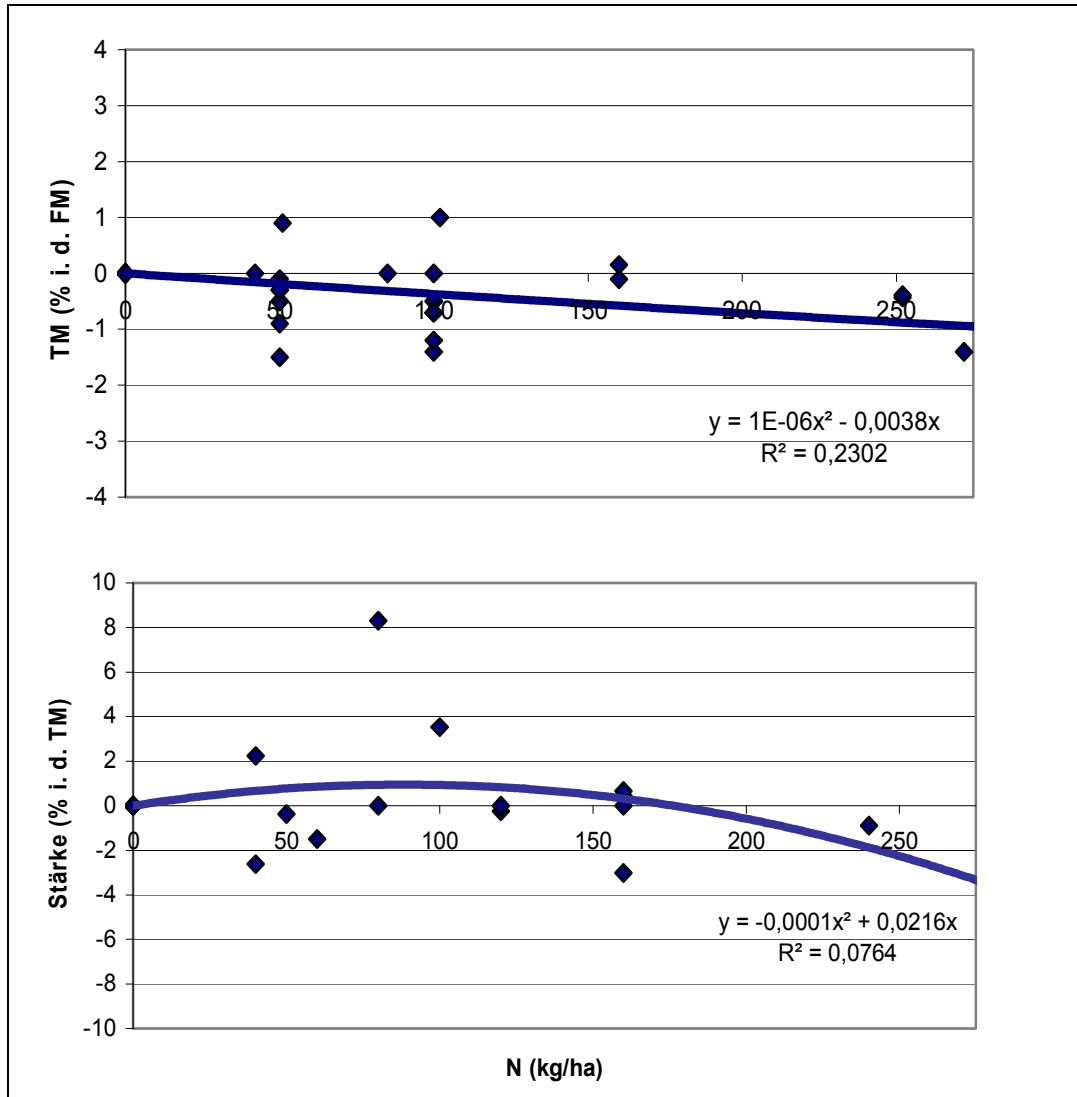


Abbildung 3: Einfluss steigender N-Zufuhr in Form von Kompost auf die Veränderung der Gehalte an Trockenmasse und Stärke in Kartoffelknollen (mittl. Gehalte d. Standardparzellen: Trockenmasse = 19,3 % i. d. FM, Stärke = 69 % i. d. TM)

Daher ist auch bei dauerhafter Anwendung von Stalldung mit deutlich höheren Ertragszuwächsen zu rechnen, die aber nicht die sehr gute Nachwirkung der Kompostanwendung erreichen dürften (vgl. Abb. 1 u. 4). Im Durchschnitt liegen die Knollenerträge bei 100 kg N-Einsatz je ha und Jahr durch Stalldung bei 40 dt/ha (0,40 dt/1 kg N). Es werden also um etwas über 10 dt höhere Erträge bei dauerhafter Stalldunganwendung gefunden als im Vergleich zu einer einmaligen direkten Anwendung vor dem Kartoffelanbau.

Nach einer Verdopplung der jährlichen Zufuhrmenge an Stalldung auf 200 kg N/ha (ca. 400 dt/ha) werden im Vergleich zur einmaligen Anwendung zwar noch Mehrerträge um ca. 48 dt/ha gefunden, doch sinkt die Effizienz des eingesetzten Stickstoffs bereits auf 0,24 dt/1 kg N ab. Hierbei beträgt dann die zusätzliche Nährstoffaufnahme aus der Nachlieferung für ca. 16 dt Knollen inkl. Kraut etwas über 6 kg N/ha. Die optimalen Aufwandmengen liegen nach diesen Auswertungen zwischen 150 dt und 300 dt/ha an Stalldung.

Auch mit Stalldung ist es offenbar kaum möglich, eine Überversorgung der Kartoffelkulturen mit dem Nährstoff Stickstoff zu bewirken (Abb. 5). Mit hoher Zufuhr können die N-Gehalte der Knollen nur tendenziell um weniger als 0,05 % in den Knollen angehoben werden. Die Gehalte an Nitrat in den Knollen dürften sich daher kaum verändern (vgl. Kompostwirkung). Die P-Gehalte der Knollen steigen dagegen etwas an, was günstige Wirkungen für die Ausreife und die Lagerfähigkeit der Knollen erwarten lässt.

Die Kalium-Gehalte reagieren auf eine steigende Stalldung-Versorgung deutlich. Sie nehmen nach einer rel. hohen Stalldungzufuhr von ca. 400 dt/ha um durchschnittlich 0,3 % i.d. TM zu. Dies führt bekanntlich zu einer Abnahme der TM-Gehalte und auch zu einer leichten Abnahme der Stärkegehalte i.d. TM der Knollen (Abb. 6). Entsprechend dem physiologischen Wirkungsmechanismus des Kaliums in den Knollen ist dann auch mit einer Zunahme an Ascorbinsäure und anderen organischen Säuren und auf diesem Weg mit einer günstigen Wirkung auf die Verfärbungsneigung der Knollen zu rechnen (siehe KOLBE & HAASE, 1997; KOLBE, 2006a).

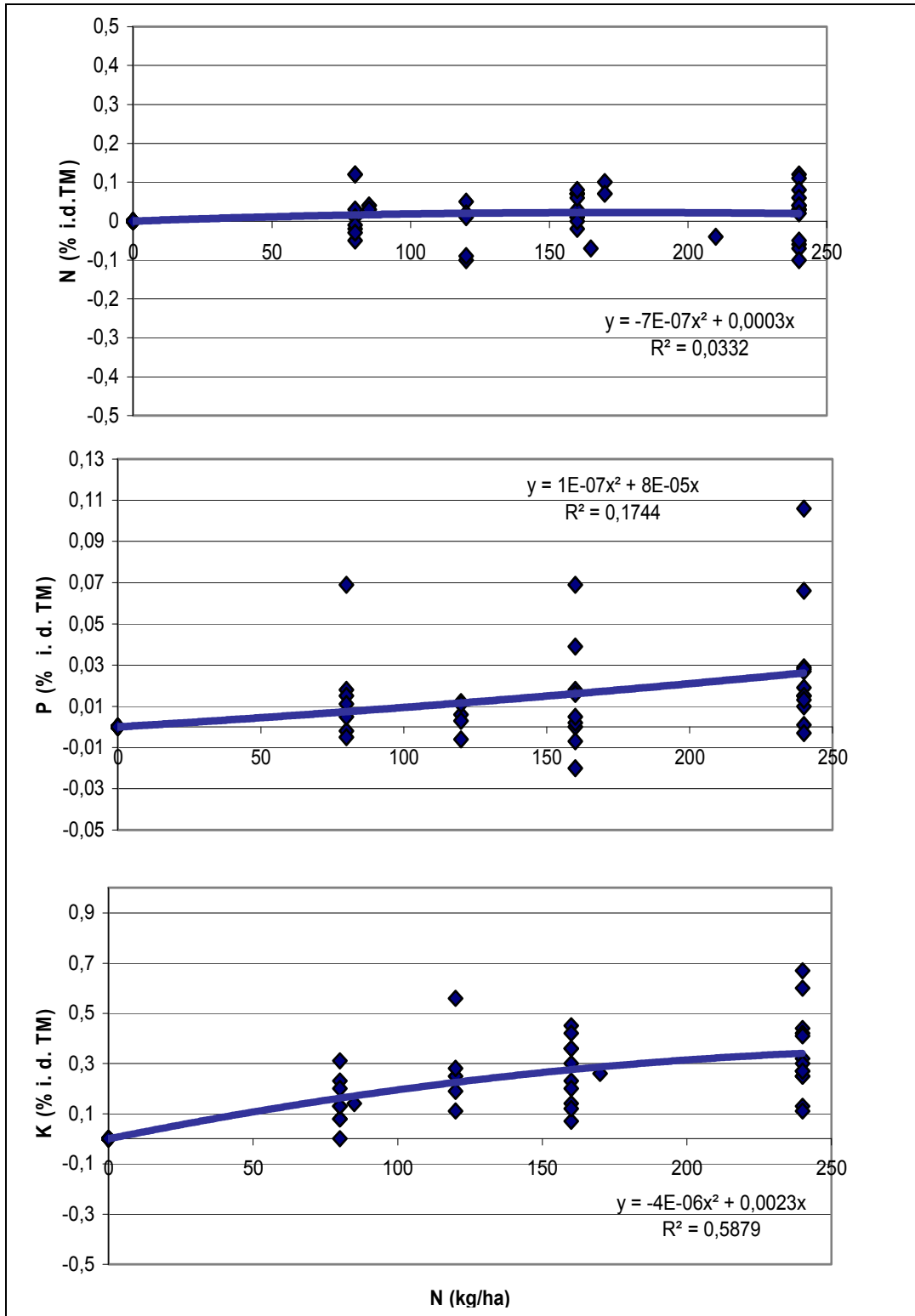


Abbildung 5: Einfluss steigender N-Zufuhr in Form von Stalldung auf die N-, P- und K-Gehalte in Kartoffelknollen (Standard: N = 1,38 %, P = 0,29 %, K = 1,73 % i. d. TM)

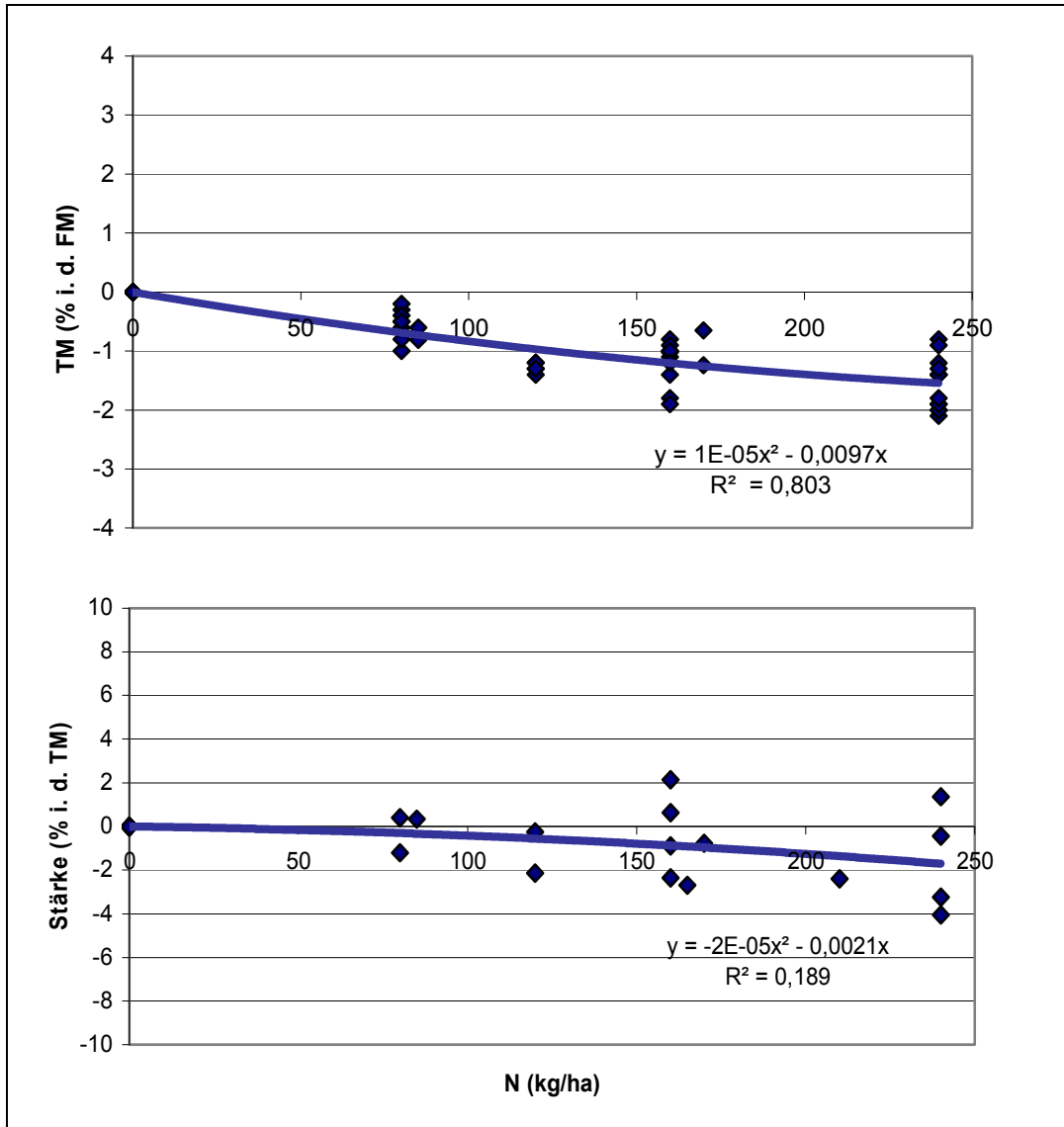


Abbildung 6: Einfluss steigender Stallunggaben (berechnet auf Basis Gesamt-N) auf die Veränderung der Gehalte an Trockenmasse und Stärke in Kartoffelknollen (Standard: Trockenmasse = 19,5 % i. d. FM, Stärke = 70 % i. d. TM)

3.3 Gülle

Flüssigmiste fallen im Ökolandbau meistens in Form der Rindergülle an. Diese Düngerform ist bekannt durch seine relativ gute direkte Wirkung, die darauf beruht, dass ca. 50 % des Gesamt-N-Gehaltes des Düngers in pflanzenverfügbarer $\text{NH}_4\text{-N}$ -Form vorliegen. Analysen von organischen Düngern aus ökologischer Produktion weisen allerdings darauf hin, dass die $\text{NH}_4\text{-N}$ -Anteile z.T. deutlich niedriger liegen als im Vergleich zu konventionellen Quellen (siehe DEVES & HÜNSCHE, 1998), so dass aus diesen Angaben eine geringere Wirkung im Vergleich zu konventionellen Untersuchungen abgeleitet werden könnte. Nach den bisher vorliegenden Ergebnissen aus Feldversuchen über den Einsatz von Rindergülle zu Kartoffeln kann dies aber nicht bestätigt werden (Abb. 7). Ergebnisse im Knollenertrag aus ökologischem und konventionellem Anbau überschneiden sich sehr deutlich, so dass ein sicheres Ergebnis abgeleitet werden kann, wenn eine gemeinsame Auswertung erfolgt.

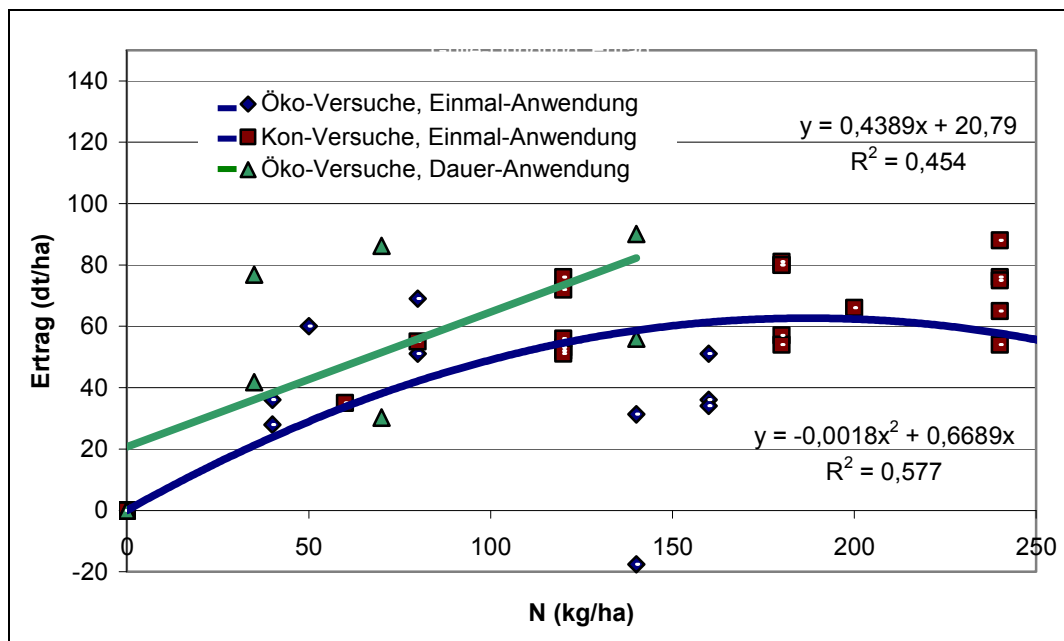


Abbildung 7: Einfluss steigender N-Zufuhr in Form von Gülle nach einmaliger und jährlicher Applikation auf die Knollenerträge bei Kartoffeln (Standard = 260 dt/ha FM)

Nach diesen Ergebnissen ist bei einem direkten Einsatz der Gülle zu Kartoffeln von einer deutlichen Ertragswirkung auszugehen. Nach einer Zufuhr von 100 kg N/ha (= 33 m³ Gülle, 8 % TM) kann ein mittlerer Ertragszuwachs von knapp 50 dt/ha Knollen (0,49 dt/1 kg N) erwartet werden. Dieser Ertragszuwachs liegt fast doppelt so hoch wie bei der kurzfristigen Stallungswirkung und weist auf die ausgeprägte direkte Wirkung der Gülle hin (vgl. Abb. 4 u. 7).

Mit steigendem Gülleinsatz nimmt der Ertragszuwachs allerdings deutlich ab, wie an der Krümmung der Kurve zu erkennen ist. Außerdem nimmt die Streuung der ermittelten Knollenerträge zu, so dass bei einer doppelt so hohen Güllezufuhr mit 62 dt/ha Knollen bereits maximale Ertragswerte erreicht werden, und die Effizienz der eingesetzten N-Zufuhr auf 0,31 dt/1 kg N abfällt. Nach diesen Ergebnissen können optimale Zufuhrmengen an Rindergülle für die Kartoffelproduktion zwischen 15 m³ und höchstens 35 m³/ha veranschlagt werden. In diesem Bereich werden ein deutlicher Ertragszuwachs und hohe Effizienzwerte in der N-Verwertung gewährleistet.

Über die Dauerwirkung von Gülle liegen nur wenige Ergebnisse aus eigenen Versuchen in Sachsen auf einem Sandboden und einem Lößboden vor. Die Humifizierungswirkung der Gülle liegt nach der VDLUFA-Methode bei 9 kg C/m³. Nach Umrechnung auf TM-Basis liegen diese Werte niedriger als die von Kompost oder auch von Stalldung (Gülle ohne Strohanrechnung: ca. 12 – 14 %, Stalldung 14 – 16 %, Kompost 16 – 18 % der TM-Zufuhr). Daher steigen bei einer stetigen Güllewirtschaft die Humusgehalte des Bodens auch nicht so deutlich an, wie es bei der Festmistwirtschaft zu verzeichnen ist.

Diese Zusammenhänge sind bei der Betriebsgestaltung zu beachten, da entsprechende Auswirkungen auf die potenziell möglichen Erträge zu erwarten sind. Aus diesem Grund ist der Ertragszuwachs bei einer dauerhaft angewendeten Güllezufuhr auch nicht so stark ausgeprägt wie es bei den Festmistern dokumentiert werden konnte. Nach den bisher vorliegenden noch sehr ungenauen Ergebnissen kann ein zusätzlicher Vorteil im Knollenertrag von ungefähr 10 dt/ha fixiert werden. Weitere Untersuchungen müssen diese vorläufigen Ergebnisse noch bestätigen (Abb. 7).

Auswertungen von vielen Dauerversuchen haben zudem zutage gefördert, dass offenbar mit steigendem, dauerhaften jährlichen Gülleinsatz die Humifizierungswirkung nicht so deutlich abnimmt oder manchmal sogar noch zunehmen kann. Dieses im Vergleich zu den Festmistern entgegengesetzte Ergebnis kann wie folgt erklärt werden. Während bei steigendem Festmisteinsatz es zu einer direkten lockernden Wirkung auf den Boden kommt, womit dann eine Zunahme der Umsetzungstätigkeiten des Bodens verbunden ist, kann es bei steigendem Gülleinsatz auch zu einer verschlammenden Wirkung auf die Bodensubstanz kommen. Hierdurch kann es zu einer Abnahme der Durchlüftung und der Umsetzungstätigkeit des Bodens kommen. Diese Begründung könnte auch die Ursache dafür sein, dass besonders auf schwereren Böden es nach rel. hoher Güllezufuhr zu ungünstigen Wachstumsbedingungen für die Kartoffeln kommen kann.

Ein steigender Gülleinsatz zeigt auch Auswirkungen auf die Qualität der Knollen an (Abb. 8 u. 9). Offensichtlich wird der N-Gehalt der Knollen unterschiedlich beeinflusst. Es ist eine Streuung zwischen abnehmenden und zunehmenden N-Gehalten zu erkennen. Im Durchschnitt der Versuche ist mit einer deutlicheren Tendenz zu ansteigenden N-Werten in den Knollen zu rechnen. Auf die P-Gehalte der Knollen ist dagegen eine abnehmende Tendenz und auf die K-Werte ein Anstieg der Gehalte zu verzeichnen (Abb. 8).

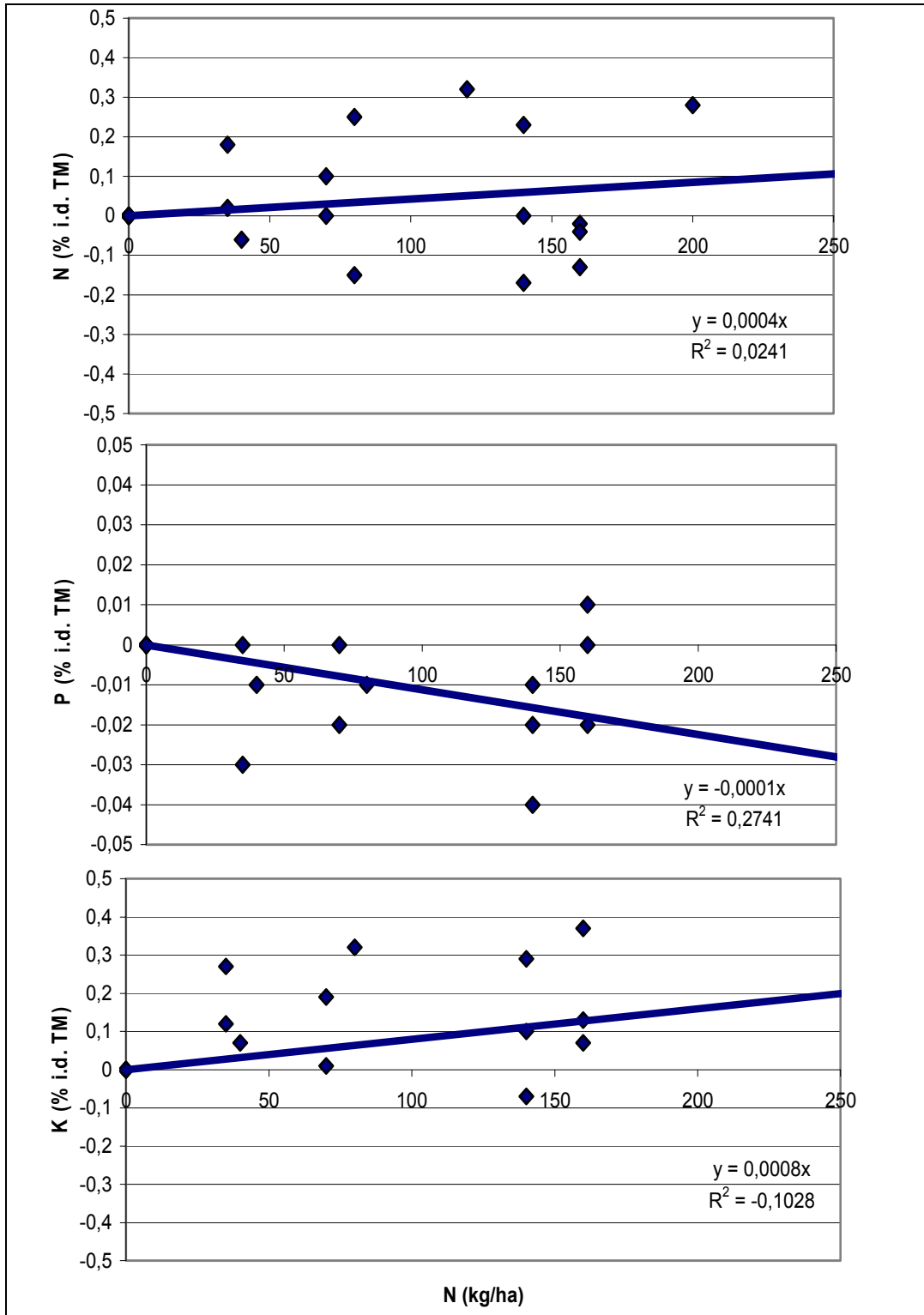


Abbildung 8: Einfluss steigender Güllegaben (berechnet auf Basis Gesamt-N) auf die Veränderung der Gehalte an N, P und K in Kartoffelknollen (Standard: N = 1,34 %, P = 0,22 %, K = 1,98 % i. d. TM)

Da diese Zunahme nicht so stark ausfällt wie bei der Düngung z.B. mit Stalldung, ist auch die Abnahme der Gehalte an Trockenmasse nicht so deutlich ausgeprägt. Auf die Gehalte an Stärke i.d. TM ist dagegen kein gerichteter Einfluss zu erkennen (Abb. 9).

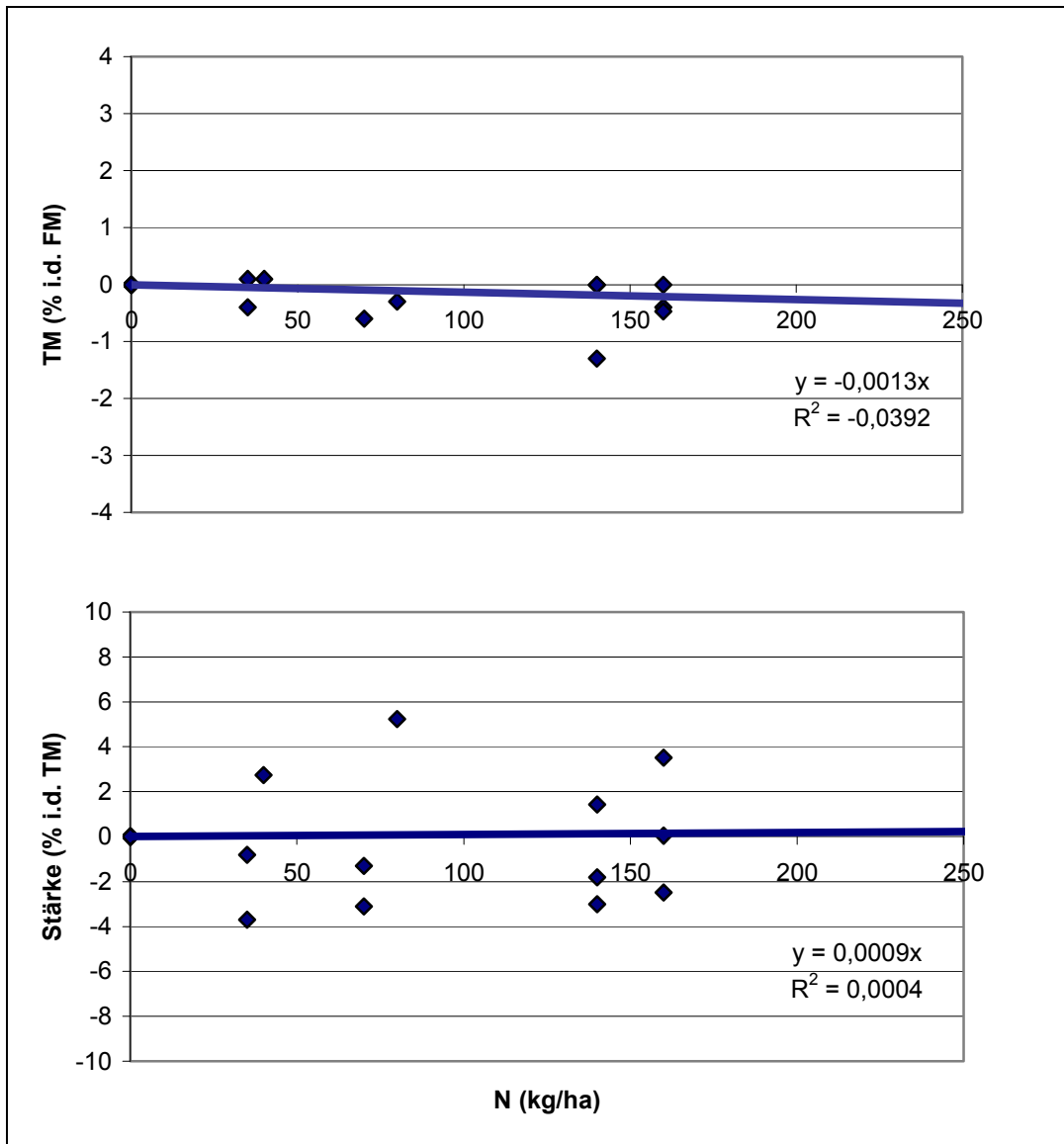


Abbildung 9: Einfluss steigender N-Zufuhr in Form von Gülle auf die Veränderung der Gehalte an Trockenmasse und Stärke in Kartoffelknollen (Standard: Trockenmasse = 21,4 % i. d. FM, Stärke = 70 % i. d. TM)

3.4 Organische Handelsdüngemittel

Im Handel werden eine Reihe von organischen Düngemitteln angeboten, die im Wesentlichen im Gemüsebau verwendet werden, aber auch potentiell interessant für die Kartoffelproduktion erscheinen. Diese Düngemittel gehören zu den tierischen Abfallprodukten (z.B. Hornspäne, Haarmehl-Pellets), sind Düngemittel aus der Tierproduktion (getrockneter Rinder- oder Hühnerkot), sie stammen aus der pflanzlichen Produktion (Raps-Expeller) oder können auf dem Betrieb erzeugt werden, wie z.B. bei Ackerbohnschrot.

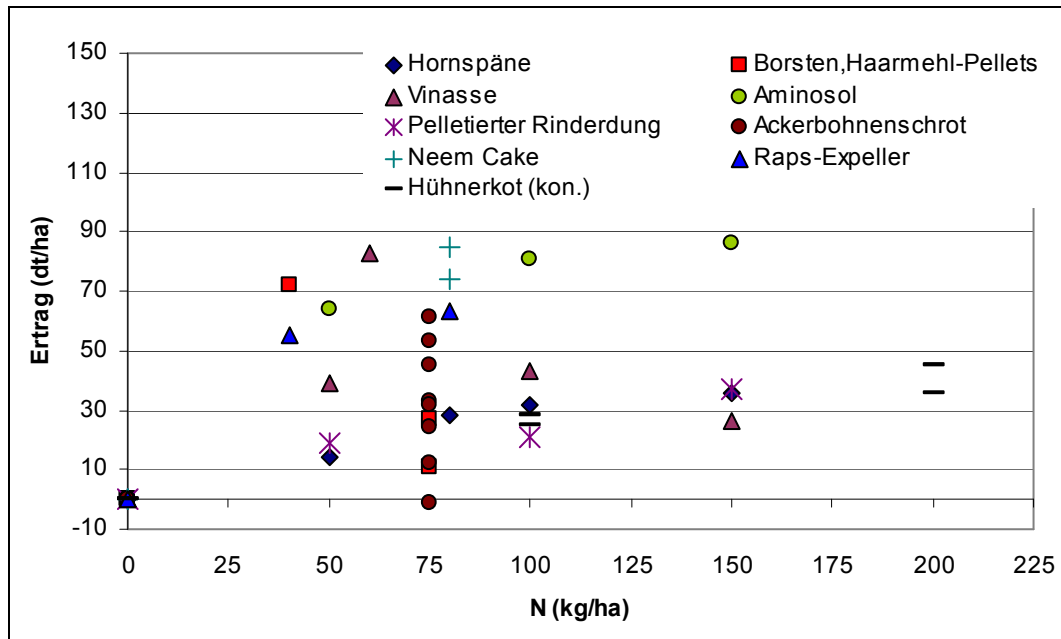


Abbildung 10: Einfluss von organischen Handelsdüngern (Bemessung auf Basis Gesamt-N) auf die Knollenerträge bei Kartoffeln

Bei einem Einsatz von 75 – 100 kg N/ha in Form dieser Handelsprodukte wird ein stark unterschiedlicher Ertragszuwachs zwischen 10 – 85 dt/ha an Knollen erwirtschaftet (Abb. 10). Da pelletierter Rinder- oder Hühnerkot sowie Hornspäne nach diesen zusammengefassten Ergebnissen vieler Autoren einen durchschnittlichen Mehrertrag zwischen 20 – 35 dt/ha erreichen, sind sie in etwa vergleichbar mit den vorgestellten Ergebnissen der Festmiste. Dagegen streuen die Erträge bei Ackerbohnschrot, Haarmehlpellets und Vinasse stark. Mittlere Ertragswirkungen von Ackerbohnschrot können bei 30 – 45 dt/ha, für Vinasse bei 50 – 60 dt/ha und bei Neem-Cake und Aminosol zwischen 70 dt bis über 80 dt/ha angesiedelt werden. Das Ertragspotential dieser Produkte liegt in etwa auf dem Niveau der Rindergülle, oder übersteigt dessen Wirkung sogar deutlich. Optimale Aufwandmengen können zwischen 50 kg N und 100 kg N/ha in Form dieser Produkte angenommen werden.

Wie dieser Vergleich zwischen den Handelsprodukten und den üblichen Düngemitteln zeigt, weisen die Hofdünger je nach Art vergleichbare Wirkungsgrade auf, so dass die Auswahl des Düngers neben der Verfügbarkeit auch nach betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten erfolgen sollte. Zu bedenken ist allerdings, dass die hier vorgestellten Handelsprodukte eine doch etwas andere Wirkung auf die Qualitätseigenschaften der Knollen ausüben. Soweit die bisher sehr knappen Ergebnisse für eine Beurteilung ausreichen, scheinen viele dieser Produkte noch mehr als die hofeigenen Flüssigmiste spezifisch die N-Versorgung und damit auch die N-Gehalte der Knollen zu erhöhen. Sie sind in der Wirksamkeit schon eher mit Jauche oder einer mineralischen N-Düngung zu vergleichen. Daher ist bei höherer Düngung auch mit negativen Auswirkungen auf die Qualität der Knollen (hohe Nitratwerte, geringere Lagerungsfähigkeit) zu rechnen. Auf Grund der rel. hohen K-Gehalte der tierischen Ausscheidungsprodukte und Vinasse scheinen die TM-Gehalte dann eher abzufallen. Dagegen weisen die tierischen Abfallprodukte sehr niedrige K-Werte auf, so dass hierdurch die TM-Werte in Kartoffelknollen eher stabilisiert werden könnten (siehe auch RAUPP & OLTMANN, 2006). Für viele Qualitätsmerkmale liegen z.Zt. noch keine Erkenntnisse vor.

3.5 Abschätzung der N-Mineralisation aus organischen Düngemitteln

Als durchschnittliche N-Gehalte von Kartoffeln aus Ökoanbau können nachfolgende Werte angesetzt werden:

- 0,31 kg N/1 dt Knollenertrag und
- 0,34 kg N/1 dt Kraut (Kraut-/Knollen-Verhältnis = 0,2).

Bei Verrechnung mit entsprechenden Ertragswerten kann die Menge an Stickstoff ermittelt werden, die überschlagsmäßig durch das Düngemittel bereitgestellt wurde, um den Knollenertrag zu erzeugen. Wie aufgezeigt wurde, konnte bei einer durchschnittlichen Stallmistgabe z.B. ein zusätzlicher Knollenertrag von 30 dt/ha erzeugt werden. Hieraus lässt sich dann eine N-Menge von ca. 11 kg berechnen, die im Laufe der Vegetation durch die Mineralisation bereitgestellt wurde und vom Kartoffelbestand aufgenommen worden ist (Knollen + Kraut).

Dieser Wert stimmt recht gut mit Beträgen der N-Freisetzung aus Versuchen zur Nährstoffmineralisation verschiedener Düngemittel überein (Abb. 11). Hiernach werden im Jahr der Anwendung (kurzfristige Wirkung) für Stalldung in etwa Werte zwischen 5 - 15 % der Gesamt-N-Zufuhr ermittelt, was in etwa bei einer optimalen Zufuhr von 100 kg N/ha (200 dt/ha Stalldung) zwischen 5 kg und 15 kg/ha N-Freisetzung entspricht. Wie an diesem Beispiel erläutert wird, kann mit Hilfe der Ergebnisse der Abbildung 11 die relative N-Freisetzung der einzelnen Düngemittel im Anwendungsjahr abgeschätzt und für die Düngungsplanung verwendet werden. Zur Berechnung der Gesamt-N-Mengen, die mit der geplanten Düngung ausgebracht werden soll, werden die N-Gehalte der Düngemittel (siehe Tab. 1) mit den vorgesehenen Düngermengen multipliziert. Danach kann der relative N-Anteil, der im Laufe der Vegetation frei wird, ermittelt werden.

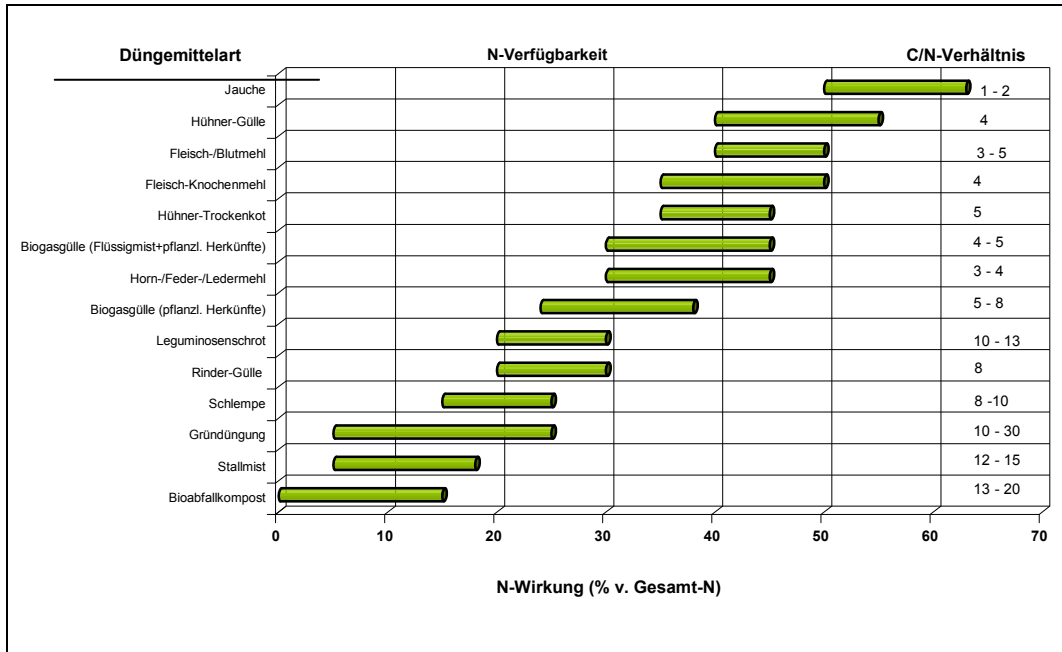


Abbildung 11: N-Verfügbarkeit organischer Düngemittel im Jahr der Anwendung (verändert n. GUTSER et al., 2005: 100 % Mineraldüngungsäquivalente = 60 % v. Gesamt-N)

Tabelle 1: Nährstoffgehalte von ausgewählten Wirtschafts- und Handelsdüngern im ökologischen Landbau (Angaben in kg Reinnährstoffmenge je t, m³ bzw. % Dünger)

Düngerart	TM	N _{gesamt}	P	K	Mg
	(%)	(kg/t)			
Stallmist/ Rind	25	5,00	1,20	6,60	0,80
Stallmist/ Schwein	25	6,10	2,50	5,00	1,20
Stallmist/ Schaf/Ziege	30	8,00	2,20	11,50	1,10
Stallmist/ Geflügel	45	18,00	7,50	11,00	1,40
Stallmist/ Pferd	25	3,60	1,80	4,00	1,10
Geflügeltrockenkot	60	23,20	9,60	14,70	3,80
Strohdüngung	86	4,40	1,30	14,10	1,20
Gründüngung Zwischenfrucht	15	4,30	0,50	4,30	0,40
Gründüngung Leguminosenblatt	15	5,30	0,60	4,30	0,50
Gründüngung Blatt/Kraut	20	3,10	0,50	5,00	1,00
Ernterückstände Gemüse	15	5,00	0,40	3,60	0,30
Stallmistkompost	35	6,80	2,00	7,90	1,70
Bioabfallkompost	60	7,70	1,90	6,20	3,40
Grüngutkompost	60	6,40	1,50	4,40	2,60

Tabelle 1: (Fortsetzung)

Düngerart	TM	N _{gesamt}	P	K	Mg
	(%)	(kg/m ³)			
Jauche/ Rind	2	1,70	0,10	4,60	0,10
Jauche/ Schwein	2	2,30	0,40	3,00	0,10
Gülle dünn/ Rind	4	1,50	0,40	1,60	0,20
Gülle dünn/ Schwein	4	2,30	1,00	1,20	0,20
Gülle normal/ Rind	8	3,00	0,50	3,10	0,40
Gülle normal/ Schwein	8	4,60	1,20	1,60	0,50
Gülle dick/ Rind	12	4,60	1,30	4,60	0,60
Gülle dick/ Schwein	12	7,00	3,00	2,80	0,70
Gülle dick/ Geflügel	12	7,40	4,30	3,40	0,70
Gärrest Gülle/ Rind	5	4,20	0,70	2,90	0,30
Gärrest pflanzliche Substrate	5	3,90	0,50	3,10	0,40
Silagesickersaft	4	1,36	0,30	3,40	0,30
Düngerbezeichnung/ Handelsname	TS	N	P	K	Mg
	(%)	(%)			
Ackerbohnschrot	86	4,20	0,47	1,13	0,16
Erbsenschrot	86	3,50	0,43	1,06	0,13
Lupinenschrot	86	5,40	0,42	0,90	0,16
Rapsschrot	90	5,60	0,90	1,25	0,44
Rizinusschrot	92	5,40	0,90	1,00	--
Vinasse	69	4,00	0,22	6,10	0,17
Maltaflor BIO (Malzkeime)	90	4,00	0,44	4,14	--
Provita Phytoperls (Maisrückstände)	95	6,50	2,20	0,83	0,36
AGRO BIOSOL (Pilzbiomasse)	99	7,00	0,44	0,83	--
Pilzkultursubstrate	39	0,69	0,33	0,92	0,08
Kartoffelfruchtwasser	4	0,30	0,05	0,50	0,02
Hornmehl, -gries, -späne	98	13,00	0,47	0,42	0,26
Haar- und Federmehl	98	13,50	0,40	0,16	0,10
Provita Haarmehl-Pellets	95	14,00	0,44	0,25	--
Knochenmehl	95	5,00	9,00	0,30	0,26
Fleischknochenmehl	95	7,00	6,50	0,30	0,26

Quellen: nach Zusammenstellung von STEIN-BACHINGER et al., (2004), DEWES & HÜNSCHE (1998), nach Vorgaben der Kammern und Landesanstalten u. a. Quellen

Die Düngewirkung kann auch abgeschätzt werden, wenn der $\text{NH}_4\text{-N}$ -Anteil der Düngemittel bekannt ist. Es wurde eine sehr enge lineare Beziehung zwischen diesem $\text{NH}_4\text{-N}$ -Anteil und der N-Freisetzung im Anwendungsjahr gefunden (Abb. 12). Für die klassischen organischen Düngemittel, wie z.B. Stalldung oder Gülle, kann daher folgende Gleichung zur Abschätzung der N-Freisetzung verwendet werden:

$$\text{N-Freisetzung (\% v. Gesamt-N)} = -0,54 + 0,64 \times \text{NH}_4\text{-N-Anteil v. Gesamt-N} \quad (r^2 = 0,963).$$

Diese Gleichung kann nicht bei pflanzlichen Produkten, wie Leguminosenschrot oder Gründüngung, nicht bei direkten tierischen Abfällen (z.B. Hornmehl) und auch nicht für stark verarbeitete organische Düngemittel (z.B. Hühnertrockenkot) verwendet werden, weil deren $\text{NH}_4\text{-N}$ -Anteile kein Kennzeichen für die N-Freisetzung (mehr) darstellt.

Eine sehr gute Abschätzung der Düngewirkung ist auch möglich, wenn das C/N-Verhältnis der Düngemittel bekannt ist. Dieses Merkmal liefert für alle Arten von organischen Materialien brauchbare Werte (Abb. 12). Ab C/N-Verhältnissen von über 20 findet nach diesen Ergebnissen kaum eine N-Freisetzung mehr statt. Es kann sogar zu einer N-Festlegung kommen, wie das ja z.B. von einer Strohdüngung bekannt ist. Bei enger werdenden C/N-Verhältnissen in den Düngemitteln steigt die N-Freisetzung dann überproportional an. Die dargestellte Beziehung ist nicht ganz linear, so dass genauere Werte nur berechnet werden können, wenn eine quadratische Gleichung zur Anwendung kommt. Für praktische Zwecke dürfte allerdings die lineare Gleichung ausreichen (Schwankungsbereich = $\pm 6,5$ kg N/ha):

- **Lineare Gleichung:** $\text{N-Freisetzung (\% v. Gesamt-N)} = 50 - 2,48 \times \text{C/N-Verhältnis}$
($r^2 = 0,712$)
- **Quadr. Gleichung:** $\text{N-Freisetzung (\% v. Gesamt-N)} = 61 - 5,633 \times \text{C/N-Verhältnis}$
 $+ 0,134 \times \text{C/N-Verhältnis}^2$ ($r^2 = 0,814$).

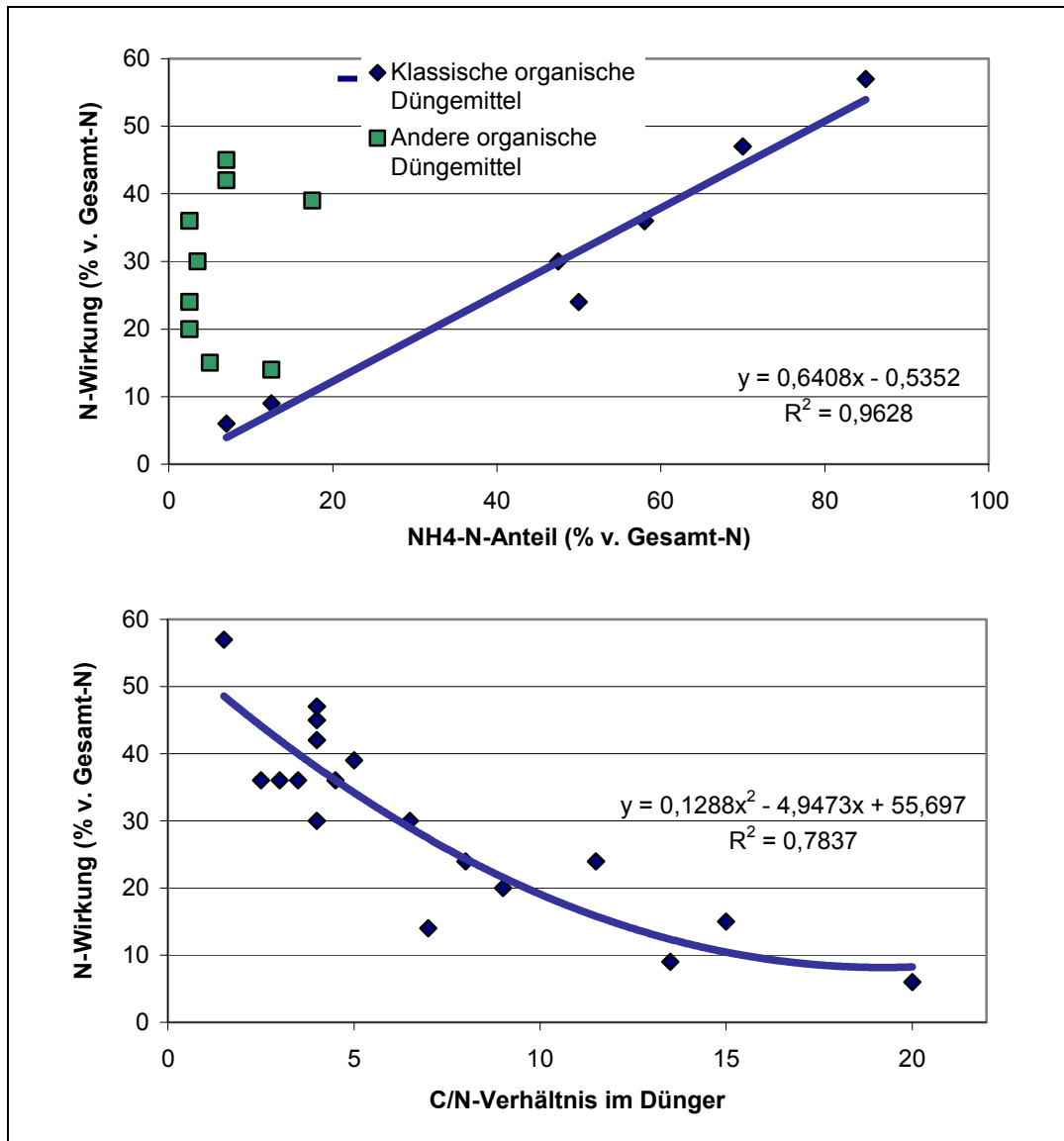


Abbildung 12: Einfluss der NH₄-N-Anteile bzw. der C/N-Verhältnisse in den Düngemitteln auf die N-Wirkung im Jahr der Anwendung

4 Zusammenfassung

Ergebnisse über Erträge und Zusammensetzung von Kartoffelknollen aus Feldversuchen zur kurzfristigen und langfristigen Anwendung von organischen Düngemitteln wurden aus vielen Literaturquellen und eigenen Versuchen zusammengestellt und einer gemeinsamen Auswertung unterzogen. Ziel war es, aus diesen Daten erste verlässliche Ergebnisse zur Wirkung dieser Düngungsregime auf die Knollenerträge und die Qualität der Kartoffeln im Anwendungsjahr und nach dauerhafter Anwendung zu ermitteln. Auf diese Weise konnten Anbauhinweise für optimale Aufwandmengen an Fest- und Flüssigmisten sowie von organischen Handelsdüngern ermittelt werden. Zur besseren Einschätzung der N-Freisetzung im Jahr der Anwendung wurden darüber hinaus einfache Kalkulationsverfahren für diese organischen Düngemittel erarbeitet, die für die Düngungsplanung aller Kulturarten im Ökolandbau Anwendung finden können.

Allgemein konnte festgestellt werden, dass mit steigendem Düngereinsatz die Ertragsleistung je eingesetzter Gesamt-N-Menge je nach Düngemittel unterschiedlich stark abnimmt. Es war eine relativ hohe Streuung der Wirkung auf Ertrag und Qualität der Knollen zu verzeichnen, die von unterschiedlichen Effekten des Standortes (Boden, Klima) verursacht wird. Bei dauerhafter Anwendung wurden je nach Düngemittel jeweils höhere durchschnittliche Ertragszuwächse erzielt als nach nur einmaliger Anwendung. Einen zusammenfassenden Überblick über optimale Aufwandmengen sowie das zu erwartende Ertragspotential und die Wirkung auf die Qualität von Kartoffelknollen gibt Tabelle 2.

Tabelle 2: Überblick über optimale Aufwandmengen von organischen Düngern auf die Nährstoffeffizienz sowie die Ertrags- und Qualitätswirkung bei Kartoffeln im Jahr der Anwendung

Düngerart	Anwendung	Optimale Aufwandmenge		Wirkung auf Ertrag und Gehalte an Inhaltsstoffen						
		Dünger-FM (dt/ha bzw. m ³ /ha u. Jahr)	Gesamt-N (kg/ha u. Jahr)	Knollenmehrertrag (dt/ha FM)	N-Effizienz (dt FM/kg N-Gesamt je ha)	Z	ρ	κ	TM	Stärke
Kompost	Kurz	100 – 300	75 – 200	20 – 30	0,20 – 0,17	0	0	+	-	(+)
	Lang	75 – 220	50 – 150	ca. 35 – 75	ca. 0,70 – 0,50					
Stalldung	Kurz	150 – 300	75 – 150	25 – 35	0,28 – 0,22	0	+	++	--	-
	Lang	100 – 300	50 – 150	25 – 50	0,48 – 0,32					
Rindergülle	Kurz	15 – 35	50 – 100	30 – 50	0,58 – 0,50	+	-	+	-	0
	Lang	ca. 15 – 40	ca. 50 – 120	ca. 40 – 60	0,85 – 0,60					
Hühnerkot	Kurz		50 – 100	ca. 25 – 45		(++)		(+)	(-)	
Pell. Rinderdung	Kurz		50 – 100	ca. 20 – 30		(+)		(+)	(-)	
Vinasse	Kurz		50 – 100	ca. 35 – 45		(+)		(+)	(-)	
Raps-Expeller	Kurz		50 – 100	ca. 55 – 65		(+)	?	(-)	(-)?	?
Hornspäne	Kurz		50 – 100	ca. 15 – 35		(++)		(-)	(+)	
Haarmehl-Pellets	Kurz		50 – 100	ca. 30 – 70		(++)		(-)	(+)	

Legende: 0 = keine Wirkung; + = positive, erhöhende, ++ = positive, deutlich erhöhende Wirkung; - = negative, verringernde, -- = negative, deutlich verringernde Wirkung; (), ? = Wirkung noch unklar

5 Literatur

- ABELE, U. (1987): Produktqualität und Düngung – mineralisch, organisch, biologisch – dynamisch. Schriftenreihe des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Reihe A: Angewandte Wissenschaft Heft 345, Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup
- ASMUS, F., V. HERMANN, H. LANGE & G. SPECHT (1973): Wirkung und Ausnutzung des Stickstoffs aus Gülle. Arch. Acker- Pflanzenbau 17, 927 - 934
- BESSON, J.-M., S. MEYRE & U. NIGGLI (1991): DOK-Versuch: vergleichende Langzeit-Untersuchungen in den drei Anbausystemen Biologisch-dynamisch, Organisch-biologisch und Konventionell. II. Ertrag der Kulturen: Kartoffeln, 1. und 2. Fruchtfolgeperiode. Schweiz. Landw. Forsch. 31, 127 - 155
- BÖHM, H. (2001): Bodenseparierung mit integriertem Zwischenfruchtbau und variierter organischer Düngung im ökologischen Kartoffelbau. In: H.J. REENTS (Hrsg.): Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau. Verlag Dr. Köster, Berlin, 269 – 272

- BÖHM, H. & Th. DEWES (1997): Auswirkungen gesteigerter Stallmistdüngung auf Ertrag, Qualität und Nachernteverhalten bei ausgewählten Kartoffelsorten. In: U. KÖPKE & J.-A. EISELE (Hrsg.): Beiträge zur 4. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau. Schriftenreihe Institut für Organischen Landbau 4, Verlag Dr. Köster, Berlin, 368 - 374
- BRUNSCH, A. (2002): Entwicklung eines Qualitätsindex für Speisekartoffeln auf der Grundlage inhaltsstofflicher Parameter. Dissertation, Bonn, Verlag Dr. Köster, Berlin.
- DEBRUCK, J. (2000): Ökologischer Landbau. Versuchsanstellungen, Versuchsergebnisse. Lehr- und Versuchsanstalt für Acker- und Pflanzenbau, Bernburg-Strenzfeld
- DEWES, Th. & E. HÜNSCHE (1998): Composition and microbial degradability in the soil of farmyard manure from ecologically-managed farm. *Biological Agric. Hortic.* 16, 251 - 268
- DÜV (2006): Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2006, Teil I, Nr. 2, 34 - 43
- GUTSER, R., Th. EBERTSEDER, A. WEBER, M. SCHRAML & U. SCHMIDHALTER (2005): Short-term and residual availability of nitrogen after long-term application of organic fertilizers on arable land. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 168, 439 - 446
- KLEIN, J. (1968): Der Einfluß verschiedener Düngungsarten in gestaffelter Dosierung auf Qualität und Haltbarkeit pflanzlicher Produkte. Institut für biologisch-dynamische Forschung, Darmstadt
- KÖRSCHENS, M., ROGASIK, J., SCHULZ, E., BÖNIG, H., EICH, D., ELLERBROCK, R., FRANKO, U., HÜLSBERGEN, K.-J., KÖPPEN, D., KOLBE, H., LEITHOLD, G., MERBACH, I., PESCHKE, H., PRYSTAV, W., REINHOLD, J. & ZIMMER, J. (2004): Humusbilanzierung. Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland. Standpunkt. VDLUFA, Bonn. http://www.vdlufa.de/vd_00.htm?4
- KOLBE, H. (2006a): Einfluss organischer und mineralischer Düngemittel auf Ertrag und Verfärbungsneigung von Kartoffeln. Poster, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, FB Pflanzliche Erzeugung, Leipzig. <http://orgprints.org/8868>
- KOLBE, H. (2006b): Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, FB Pflanzliche Erzeugung, Leipzig (unveröffentlichte Versuchsergebnisse)
- KOLBE, H. & N.U. HAASE (1997): Einflußfaktoren auf die Inhaltsstoffe der Kartoffel. Die wichtigsten Verfärbungsreaktionen. *Kartoffelbau* 48, 234 - 240
- KOLBE, H., S. MEINEKE & W.-L. ZHANG (1995): Differences in organic and mineral fertilization on potato tuber yield and chemical composition compared to model calculations. *Agribiol. Res.* 48, 63 - 73
- LABER, H. (2000): Düngung im ökologischen Gemüsebau. Informationen für Praxis und Beratung. Broschüre, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, FB Gartenbau u. Landespflege, Dresden-Pillnitz
- LABER, H. (2002): Kalkulation der N-Düngung im ökologischen Gemüsebau. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft 7, 1 - 77

- LWK (2001): Einsatz von organischen stickstoffhaltigen Zukaufdüngern im ökologischen Kartoffelanbau zur Ertrags- und Qualitätsverbesserung. Versuchsbericht 2001. EU-Projekt Umweltgerechte Landbewirtschaftung. Landwirtschaftskammer, Hannover, 123 – 125
- MATHIES, K. (1991): Qualitätserfassung pflanzlicher Produkte aus unterschiedlichen Düngungs- und Anbauverfahren. Dissertation, Witzenhausen
- MEINEKE, S. (1995): Einfluß mineralischer, organischer sowie organisch-mineralischer Düngung auf Erträge und Gehalte an einigen qualitätsbestimmenden Inhaltsstoffen in Kartoffeln, Möhren, Spinat und Tomaten aus mehrjährigen Feld- und Gefäßversuchen. Dissertation, Göttingen
- MÖLLER, K., H. KOLBE & H. BÖHM (2003): Handbuch Ökologischer Kartoffelbau. Österreichischer Agrarverlag, Leopoldsdorf
- NEUHOFF, D. (2000): Speisekartoffelerzeugung im Organischen Landbau – Einfluß von Sorte und Rottemisdüngung auf Ertragsbildung und Knolleninhaltsstoffe. Dissertation, Bonn, Schriftenreihe Institut für Organischen Landbau, Band 15
- PAFFRATH, A. (1999): Ökologischer Land- und Gartenbau in Nordrhein-Westfalen. Versuchsbericht 1999, Landwirtschaftskammer Rheinland, Bonn
- PAFFRATH, A. (2001): Ökologischer Land- und Gartenbau in Nordrhein-Westfalen. Versuchsbericht 2001, Landwirtschaftskammer Rheinland, Bonn
- PAFFRATH, A., E. LEISEN, A. PEINE, Chr. VORLÄNDER, M. BERG & D. NEUHOFF (2003): Kartoffelanbau. In: Leitbetriebe Ökologischer Landbau in Nordrhein-Westfalen. Schriftenreihe des Lehr- und Forschungsschwerpunktes „Umweltverträgliche Standortgerechte Landwirtschaft“ Band 105, Universität, Bonn, 76 - 112
- PAGEL, R. & H. HANF (1997): Einfluß differenzierter Grundbodenbearbeitung und organischer Düngung sowie der Vorkeimung auf Ertragsleistung und Wirtschaftlichkeit im ökologischen Kartoffelbau auf einem Sandstandort. In: U. KÖPKE & J.-A. EISELE: Beiträge zur 4. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau. Schriftenreihe Institut für Organischen Landbau 4, Verlag Dr. Köster, Berlin, 335 – 340
- PETTERSSON, B.D. & M. ENQVIST (1964): Die Auswirkungen der Düngung auf die Qualitätseigenschaften von Kartoffeln. Lebendige Erde Nr. 5, 199 – 219
- RAUPP, J. & M. OLTMANN (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. <http://orgprints.org/7596>
- REHBEIN, G. (1982): Untersuchungen zur Humusreproduktion und zum Ertrag in Abhängigkeit von langjähriger differenzierter Gülle- und Mineraldüngung auf einem sandigen Lehmboden. Dissertation, Halle-Wittenberg
- ROSIGKEIT, H. (1973): Wirkung steigender Hühnerkotmengen im Vergleich und in Kombination mit gestaffelten Mineralstickstoffgaben auf Ertrag und einige Bodenmerkmale auf einem Lehmlandstandort. Arch. Acker- Pflanzenbau 17, 967 - 976
- SCHULZ, D. (2000): Ertrag und Qualität von Kartoffeln im Organischen Landbau: Abhängigkeit von Düngerart und Düngermenge. Dissertation, Bonn, Schriftenreihe Institut für Organischen Landbau 14, Verlag Dr. Köster, Berlin

STEIN-BACHINGER, K. (1993): Optimierung der zeitlich und mengenmäßig differenzierten Anwendung von Wirtschaftsdüngern im Rahmen der Fruchtfolge organischer Anbausysteme. Dissertation, Bonn

STEIN-BACHINGER, K., J. BACHINGER & L. SCHMITT (2004): Nährstoffmanagement im Ökologischen Landbau. KTBL-Schrift 423, KTBL, Darmstadt

Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule im Ökokartoffelanbau

Dr. Sabine Meinck, Hamburg und Dr. Hartmut Kolbe, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Pflanzliche Erzeugung

1 Einleitung

Biokartoffeln erfreuen sich nicht zuletzt wegen ihres guten Geschmacks einer stetig wachsenden Nachfrage und haben sich in den letzten Jahren sicher am Markt etabliert. Selbst Discounter aus dem konventionell geprägten Lebensmittelbereich setzen seit geraumer Zeit Biokartoffeln erfolgreich ab. Auch für die Direktvermarktung eignet sich die „tolle Knolle“ hervorragend. Zudem erfährt der Anbau von Biokartoffeln für die Verarbeitung zu Convenience-Produkten eine steigende Bedeutung (Krause et al., 2005). Für viele Biobetriebe ist er ein wichtiger Betriebszweig, da hohe Deckungsbeiträge erzielbar sind.

Der erfolgreiche ökologische Anbau von Kartoffeln verlangt allerdings ein hohes Maß an Wissen und Können vom Erzeuger. Neben der wachsenden Bedeutung der Rhizoctonia-Krankheit wird nach wie vor die Kraut- und Knollenfäule als ein Hauptanbauproblem benannt. Während die Krankheit in manchen Jahren bzw. Regionen erst spät und wenig aggressiv auftritt, verursacht sie andernorts erhebliche Ertragseinbußen.

Im konventionellen Anbau wird die Krankheit unter aufwändigem Einsatz chemisch-synthetischer Pflanzenschutzmittel bekämpft. Im Ökoanbau begegnet man ihr dagegen mit einer umfassenden Bekämpfungsstrategie, die auch eine breite Palette kulturtechnischer und vorbeugender Maßnahmen umfasst.

2 Schadbild und Infektionskette

Viele prophylaktische Bekämpfungsmaßnahmen leiten sich aus der Biologie des Erregers ab, weshalb eingangs einige Erläuterungen zum Schadbild und zur Infektionskette des Pilzes *Phytophthora infestans* gegeben werden sollen.

Die **Krautfäuleinfektion** geht von befallenen, aufwachsenden Mutterknollen aus. Bei hoher Luftfeuchte und Temperaturen zwischen 18 °C und 23 °C setzt Sporenflug ein, wodurch die Blätter benachbarter Pflanzen befallen werden. Bei hoher Bodenfeuchte ist auch eine Sporulation direkt auf befallenen Knollen möglich. Die Sporen können nun über das Bodenwasser Triebe benachbarter Mutterknollen infizieren. Aufwachsende Pflanzen zeigen dann Befallssymptome am Stängel.

Erstbefall tritt selten vor Anfang Juli auf, die Zeitspanne zwischen Befallsbeginn und Absterben der Pflanzen kann in Abhängigkeit von der Witterung wenige Tage bis mehrere Wochen betragen.

Die Krautfäule erkennt man an gelblich-dunkelgrünen, später schokoladenbraunen Flecken an Blatt oder Stängel. Bei hoher Luftfeuchte (Morgen-/Abendstunden) sind die Flecken auf der Blattunterseite durch einen weißen Schimmelrasen zum gesunden Gewebe abgegrenzt. Der **Befall der Knollen** erfolgt vorrangig während und nach der Ernte durch Schmierinfektion, indem entweder Sporen im Erdstrom mit verletzten oder nicht schalenfesten Knollen in Kontakt kommen oder befallene Knollen verletzte Knollen berühren. Seltener erfolgt die Infektion schon während der Vegetationsperiode. Dann werden Sporen vom Regenwasser von den Blättern ab- und ins Erdreich eingespült, dort dringen sie über die nicht verkorkte Schale in die Knollen ein. Braunfaule Knollen erkennt man an äußerlich bleigrauen, leicht eingesunkenen Flecken. Darunter ist das Knollengewebe bräunlich verfärbt, wobei der Übergang zum gesunden Knollengewebe fließend ist.

Die Population des Phytophthora-Erregers in Deutschland hat sich in den letzten Jahren verändert. Zunehmend trifft man auf vitalere, aggressivere Rassen mit geringerer Latenzzeit. Betrug die Zeitspanne zwischen Infektion und ersten Befallssymptomen bei älteren Rassen des Pilzes noch ca. eine Woche, benötigen neuere Rassen hierfür lediglich 3 - 5 Tage (Hausladen, 2005). Erste Infektionen treten etwa einen Monat früher als noch vor 10 Jahren auf (Fry et al., 1993).

3 Krautfäule-Gegenmaßnahmen

Bereits die **Auswahl des Kartoffelschlages** ist im Hinblick auf Zeitpunkt und Ausmaß des Krautfäulebefalls von Bedeutung. Befallsbegünstigend wirkt eine hohe Luft- und Bodenfeuchtigkeit im Bestand (Hausladen, 2005). Deshalb sollten für den Kartoffelanbau enge Tallagen und Senken gemieden und dafür windoffene Lagen bevorzugt werden. Der Reihenabstand sollte 75 cm nicht unterschreiten. Durch diese Maßnahmen wird ein rasches Abtrocknen des Bestandes gesichert. Auch die räumliche Nähe zu Weihern oder Tümpeln erhöht die Luftfeuchtigkeit und ist daher ungünstig zu bewerten. Ein zeitiger Erstbefall kann von Frühkartoffelbeständen ausgehen, weshalb der Abstand zu diesen ebenfalls möglichst groß sein sollte. Kartoffelmieten, Abfallhaufen und Durchwuchs in Bestandsnähe sind zu beseitigen, weil auch sie eine wichtige Infektionsquelle darstellen.

Eine ganz wichtige Maßnahme zur Schadensvorbeuge stellt das fachgerechte **Vorkeimen** und **möglichst zeitige Auspflanzen** der Pflanzknollen dar. Zum Vorkeimen werden die Pflanzkartoffeln ca. 4 - 6 Wochen vor dem geplanten Legetermin in Vorkeimkisten oder -säcke eingefüllt. In den ersten beiden Tagen der Vorkeimphase sollen die Pflanzknollen einen „Wärmestoß“ erhalten (Temperatur 15 - 20°C), wodurch die Keimung eingeleitet wird. Im weiteren Verlauf der Vorkeimung soll die Temperatur zwischen 8 °C und 15 °C liegen. Um kurze, dunkle und kräftige Keime zu er-

zeugen, müssen die Knollen pro Tag mindestens 8 - 10 Stunden belichtet werden. Ist der ungehinderte Einfall von Tageslicht nicht gewährleistet, kann Kunstlicht (pro ha Pflanzgut 5 Warmton-Neonröhren) eingesetzt werden. Jede Bewegung der Knollen fördert den Keimprozess.

Das Vorkeimen fördert einen gleichmäßigen Auflauf. Zudem stärkt eine gezielte Belichtung die Abwehrkräfte der Pflanzknollen (Benker et al., 2004). Die Pflanzung sollte früh, jedoch in abgetrockneten Boden bei mindestens 8 °C Bodentemperatur erfolgen. Durch das Vorkeimen ist ein Wachstumsvorsprung von 1 - 2 Wochen erzielbar, auch die Ertragsbildung wird entsprechend vorverlegt. Dadurch kann die krautfäulefreie Zeit effektiv für die Ertragsbildung genutzt werden. Insbesondere auf Flächen mit hoher N-Versorgung und drohender Sommertrockenheit sowie in Jahren mit starkem Krautfäulebefall machen sich die positiven Ertragseffekte des Vorkeimens bemerkbar. Im Durchschnitt können auf diese Weise Mehrerträge in Höhe von 10 - 20 % erzielt werden (siehe Abb. 1). Dem stehen Kosten von nur etwa 90 - 140 €/ha und Jahr gegenüber. Zu etwas anderen Aussagen kommt Fittje et al. (2005) nach Untersuchungen auf Praxisschlägen.

Unter ökologischen Wirtschaftsbedingungen zeigen die verschiedenen **Sorten** deutliche Unterschiede hinsichtlich ihrer Krautfäuleanfälligkeit. Grundsätzlich sind frühere Sorten anfälliger als spätere, bauen jedoch auch eher ihren Ertrag auf. Sie sind daher ertraglich deutlich im Vorteil, wenn Krautfäulebefall besonders früh einsetzt und sehr aggressiv verläuft. Da viele Sorten gegen einige Pathotypen des Pilzes resistent, für andere hingegen anfällig sind, empfiehlt sich der zeitgleiche Anbau mehrerer Sorten, um vertikale Resistenzen zu nutzen und das Anbaurisiko zu streuen. Die Zucht auf resistente Sorten wurde in den letzten Jahrzehnten leider vernachlässigt, neuerdings wird ihr jedoch wieder größere Bedeutung zugemessen (Darsow, 2002; Ryu et al., 2005). Allgemein wenig krautfäuleanfällig sind die Sorten Rosara, Aurelia, Planta, Vitara, Tessi, Sava, Simone, Bettina, Donella, Marena, Rosella, Escort, Sante und Treff. Besonders stark anfällig sind dagegen die Sorten Christa, Gloria, Leyla, Charlotte, Sieglinde, Karlena, Ditta, Exquisa, Linda, Selma, Desiree, Quarta, Adretta, Aula, Likaria. Allerdings hat die hohe Krautfäuletoleranz einer Sorte nicht zwangsweise hohe Erträge oder beste Qualitäten zur Folge. Neben Ertrag und Krautfäuletoleranz müssen bei der Sortenwahl selbstverständlich auch Merkmale wie optische Qualität, Geschmack und Absatzmöglichkeiten Berücksichtigung finden.

Der Einsatz chemisch-synthetischer Fungizide zur direkten Bekämpfung der Krautfäule ist bekanntermaßen im ökologischen Landbau verboten. Nachdem die intensive Forschung nach ökologisch unbedenklichen Präparaten zur Krautfäulebekämpfung leider von nur geringen Erfolgen gekrönt war (u.a. Böhm & Cerny, 2002; Böhm, 2003; Neuhoff et al., 2003, 2006; Patsaki et al., 2005), verfolgen derzeit laufende Forschungsprojekte eher einen ganzheitlichen Ansatz (u.a. Finckh et al., 2003).

Am erfolgversprechendsten ist noch immer der Einsatz von **Kupfermitteln**. Da Kupfer jedoch toxisch auf das Bodenleben wirkt und sich im Boden anreichert (Kula & Guske, 2003), wird ihre An-

wendung seit Jahren kontrovers diskutiert und ist in einigen EU-Ländern und bei einigen Öko-Anbauverbänden verboten bzw. ihr Einsatz mengenmäßig limitiert. Dennoch werden Kupferpräparate von 60 % aller Biokartoffelanbauer in den Ländern der EU angewandt, in denen ihr Einsatz erlaubt ist. Sie sind kostengünstig, verzögern den Befall recht sicher und steigern den Ertrag um bis zu 20 % (Abb. 1).

Zum Einsatz von Kupferpräparaten sind folgende Fakten zu berücksichtigen:

- Kupfer wirkt nur vorbeugend, nicht heilend. Sind erste Befallsherde im Bestand bereits sichtbar, kommt die Spritzung oft schon zu spät.
- Kupfer wirkt über den Blattbelag. Wird dieser abgewaschen, muss der Belag für bleibenden Schutz erneuert werden.
- Die Ausbringungsmenge ist aufgrund gesetzlicher Vorgaben (Deutschland: max. 3 kg Cu/ha) begrenzt, damit ist ebenfalls die Anzahl der Spritzungen limitiert.
- Untersuchungen geben Hinweise darauf, dass Kupfer in hohen Dosen die Pflanzenvitalität und somit deren Leistungsfähigkeit beeinträchtigt. Zudem ist ein besserer Befallsschutz zu erwarten, wenn kleinere Dosen häufiger appliziert werden (Kainz & Möller, 2003).
- Schon geringe Befallsreduktionen können zu Mehrerträgen im Bereich von 10 - 20% führen (Möller, 2003; Wohleben & Bartels, 2005).
- Die Anwendung ist nur dann sinnvoll, wenn eine Befallsreduktion tatsächlich auch Mehrerträge erwarten lässt, weil die im Boden bereitstehende Nährstoffmenge noch nicht in Ertrag umgesetzt werden konnte. Dies ist oft der Fall bei hohem Nährstoffniveau, spät ansetzenden Sorten und früh einsetzendem Krautfäulebefall (Bruns et al., 2003; Möller, 2003).

Daraus ergeben sich folgende Empfehlungen (siehe Tab. 1):

- Es sollten aufmerksam die Warndienstmeldungen für die jeweilige Region verfolgt werden (z.B. im Internet unter: <http://www.isip.de>). Außerdem sollten die Kartoffelbestände sorgfältig beobachtet werden. Obwohl die Phytophthora-Prognosemodelle für den konventionellen Anbau konzipiert sind, können hier wertvolle Informationen abgerufen werden. Eine erste Anpassung des Prognosemodells „Symphit“ auf den ökologischen Kartoffelanbau ist erfolgt, entsprechende Untersuchungen laufen seit 2005. Es sollte mit der Spritzung begonnen werden, wenn sich die Pflanzen mindestens in der Phase des Stängelwachstums befinden und eine Phase feuchtwarmen Wetters prognostiziert wird oder in Ihrer Umgebung (Umkreis von ca. 20 km) bereits erste Befallsherde gemeldet werden.
- Die Spritzabstände sollten der Witterung angepasst werden. Bei feuchtwarmem Wetter folgen Spritzungen im Wochenabstand, bei Trockenheit können die Spritzabstände vergrößert werden.
- Je Spritzung sollte eine Menge von 300 – 500 g Kupfer je ha appliziert werden.
- Die Behandlungen sollten beendet werden, wenn durch die Befallsreduktion kein Ertragszuwachs mehr zu erwarten ist.

Derzeit wird von Seiten der Hersteller ermittelt, inwieweit es bei veränderter Formulierung möglich ist, die Anwendungsmenge an Kupfer bei gleichbleibendem Wirkungsgrad deutlich zu reduzieren. Die Entwicklung eines solchen Präparates wird jedoch noch einige Jahre in Anspruch nehmen (Wohlleben, 2005).

Auch für die folgenden handelsüblichen Präparate wurden in Feldversuchen Ertragssteigerungen in Höhe von 10 - 15 % nachgewiesen: **Myco-Sin**, **Humin-Vital**, **Biofa Equisetum** (Abb. 1). Da keine oder nur eine geringe befallsverzögernde Wirkung durch die Mittel erzielt wurde, wird von einer Erhöhung der Toleranz der Pflanze und einer dadurch gesteigerten Leistungsfähigkeit ausgegangen. Die Anwendung erfolgt präventiv, bis zu 7 Applikationen sind nötig. Finnische Forscher konnten einen Effekt beim Einsatz von Kümmelöl nachweisen: Unter Feldbedingungen war der Erstbefall durch *Phytophthora infestans* um 10 - 14 Tage verzögert worden (Keskitalo et al., 2005).

Aus weiteren allerdings zunächst einjährigen Ergebnissen kann die Durchführung von mehreren Intensivierungsmaßnahmen zu deutlichen Ertragseffekten führen (Abb. 2). Im Vergleich zur Kontrolle konnte ein Ertragsanstieg von 34 % durch die **Kombination** von Düngung, Vorkeimung und direkter Pflanzenschutzmaßnahme erzielt werden.

Die zum Einsatz kommende **Spritztechnik** ist mitentscheidend für Erfolg oder Misserfolg der Applikation. Unabhängig vom Präparat ist es wünschenswert, dass die gesamte Pflanze vollständig benetzt wird. Die benötigte Menge an Spritzmittel bzw. Wasser muss sich am aktuellen Staudenvolumen orientieren. Mit dem Krautwachstum nehmen die Blatt- und Stängelflächen und damit der Bedarf an Spritzbrühe/ha zu, Brühemengen von 400 - 500 l/ha sind angezeigt. Zum Einsatz sollten Düsen mit 30 - 45° schräger Flachstrahlstellung (Universaldüsen, Antidriftdüsen) kommen, der Düsenabstand zum Bestand sollte 30 - 40 cm bei einem Strahlwinkel von 110 ° betragen. Eine Fahrgeschwindigkeit von 4 - 5 km/h in Fahrgassen erscheint angebracht. Der Einsatz einer technisch ausgereiften Unterblattspritzeinrichtung kann die Mittelanlagerung wesentlich verbessern (bis zu 50 % Mitteleinsparung bei gleichem Wirkungsgrad (Irla et al., 2001; Kainz & Möller, 2003)).

Tabelle 1: Anwendung und Bezugsquellen von ertragswirksamen Pflanzenbehandlungsmitteln gegen *Phytophthora infestans*

Präparat	Anwendungshinweise	Bezugsquelle
Myco-Sin	1%ig in 600 l Wasser; erste Spritzung ab 15-20 cm Pflanzenhöhe, dann 10- bis 14-tägig 5 - 7 Anwendungen	Fa. Schaette
Humin-Vital	4 kg in 400 l Wasser; ab Reihenschluss 14-tägig bis zu 5 Anwendungen	Fa. Agrinova
Biofa Equisetum	30 l in 600 l Wasser; ab 10 cm Pflanzenhöhe etwa 10-tägig 5 - 7 Anwendungen	Fa. Biofa Agrar
Kupfer in Form von Kupferoxychlorid (z.B. Funguran, Kupferkonzentrat 45, Kupferkalk Atem-po); Kupferhydroxid (Cuprozin flüssig)	0,3 - 0,5 kg Reinkupfer in 400 l Wasser, erste Anwendung laut Warnmeldung, dann je nach Befallsdruck max. 5 weitere Anwendungen	Landhandel

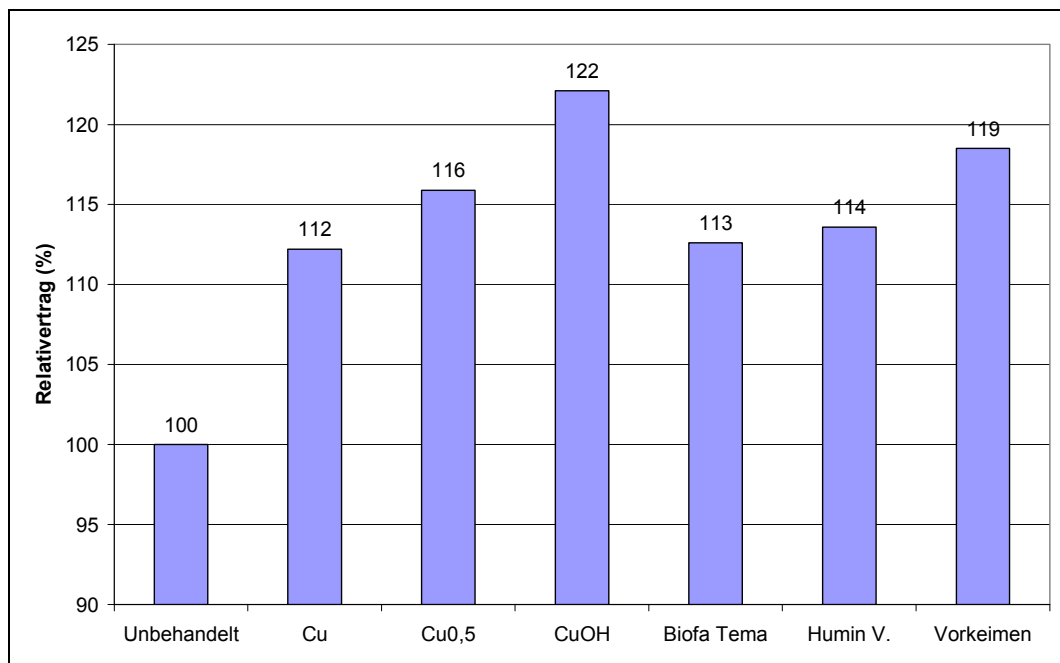


Abbildung 1: Einfluss von Behandlungsmittel und des Vorkeimens auf den relativen Marktwarenenertrag von Kartoffeln (Kontrolle (Unbehandelt): 232 dt/ha = 100 %; Kupferoxychlorid (Cu): 1 kg Cu/ha x 3 Behandlungen; Kupferoxychlorid (Cu 0,5): 0,5 kg Cu/ha x 3 Behandlungen; Kupferhydroxid (CuOH): 0,75 kg Cu/ha x 3 Behandlungen; Biofa Tema: 30 Liter/ha x 5 Behandlungen; Humin Vital 80 (Humin V.): 4 kg/ha x 4 Behandlungen; nach Meinck, 1999; Meinck & Kolbe, 1999)

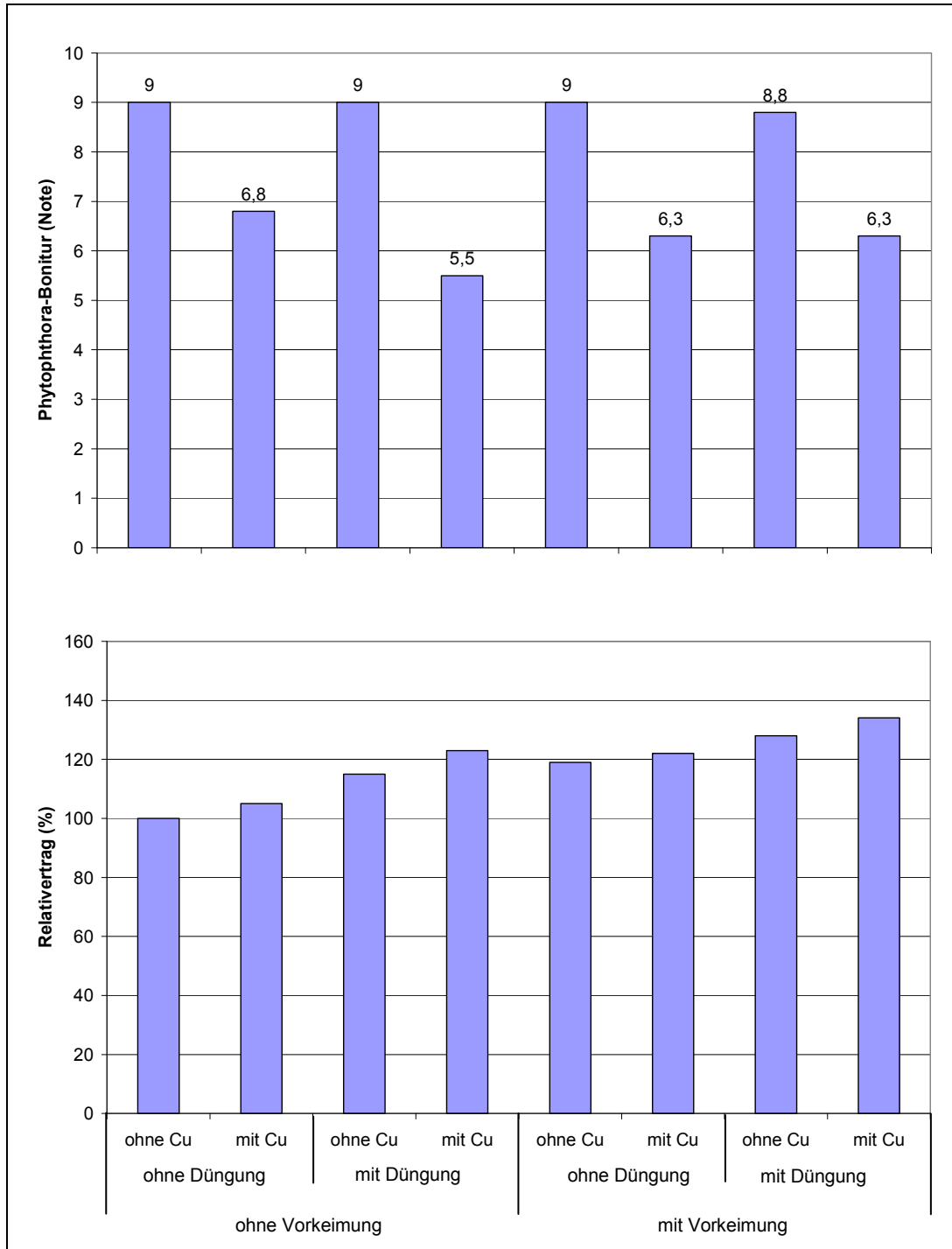


Abbildung 2: Einfluss von Düngung (Agrobiosol 80 kg N/ha), Vorkeimung und Cu-Behandlung (Cuprozin 3 kg Cu/ha in 4 Behandlungen) auf den Befall von Krautfäule und den relativen Knollenertrag (100 % = 336 dt/ha; nach Paffrath, 2005)

4 Braunfäule-Gegenmaßnahmen

Durch die **Erzeugung eines möglichst voluminösen Dammes** mit steilen Flanken kann das Risiko einer Braunfäuleinfektion während der Vegetationsperiode reduziert werden. Dies beruht zum einen auf der Filterwirkung des Bodens, denn die Sporen sterben beim Durchdringen des Bodens ab. Bereits 5 cm unter der Dammoberfläche liegende Knollen können nicht mehr infiziert werden. Zum zweiten fließen die Sporen an einem steilen Damm zusammen mit dem Niederschlagswasser ab und werden erst in der Dammfurche, also neben dem Knollennest eingewaschen.

Um eine Infektion zur Zeit der Ernte zu verhindern müssen der **Termin der mechanischen Krautbeseitigung** und der **Erntetermin** sorgfältig aufeinander abgestimmt werden. Das Kraut sollte 3 - 5 Wochen vor dem geplanten Erntetermin mechanisch beseitigt werden. Dadurch verliert der Pilz seine Nahrungsgrundlage und stirbt ab. Im Boden ist er noch 30 Tage überlebensfähig. Die Knollen reifen nach dem Krautschlagen gleichmäßig ab, indem sie verkorken. Das dauert in Abhängigkeit von der Sorte 3 - 5 Wochen. Die Schalenfestigkeit kann mit der Daumenprobe überprüfen werden. In verkorkte Schalen kann der Erreger nicht eindringen. Wird der Erntetermin entsprechend gewählt, ist ein hoher Schutz vor Infektionen gewährleistet. Wichtig ist weiterhin, dass die Ernte bei abgetrocknetem Boden und mindestens 10 °C Bodentemperatur durchgeführt wird, da sonst die Knollen beschädigungsempfindlicher sind. Über beschädigte Stellen können wiederum Fäuleerreger eindringen. Das teilweise frühe empfohlene Krautschlagen bei bestimmtem Befallsgrad ist demgegenüber nicht sinnvoll, da die Braunfäuleinfektionsrate hierdurch kaum beeinflusst wird, dafür aber eine Ertragsreduktion die sichere Folge ist (Hannukkala et al., 2004; Hannukkala & Lehtinen, 2005).

Um eine Ausbreitung der Braunfäule während der Einlagerung zu verhindern, sollten schnelle Bewegungen des Erntegutes vermieden, geringe Fallhöhen und kurze Förderwege eingehalten und elastische Materialien bei Sortiereinrichtungen und Förderbändern eingesetzt werden. Es darf nur trockenes Erntegut eingelagert werden. Die Temperatur beträgt zur Einlagerung 15 °C über 1 - 2 Wochen, in dieser Zeit verkorken entstandene Wunden (Wundheilungsphase). Anschließend wird die Temperatur im Lager allmählich auf 6 - 4 °C abgesenkt.

5 Zusammenfassung

In dieser Arbeit wird ein zusammenfassender Überblick über Schadbilder und Infektionsketten sowie indirekte und direkte Gegenmaßnahmen gegen die Kraut- und Knollenfäule von Kartoffeln gegeben. Ein Schwerpunkt liegt in der Vermittlung, dass viele Faktoren beachtet werden müssen, um die Schadwirkung in Grenzen zu halten.

6 Literaturverzeichnis

- Benker, M. & R. Peters (2004): Gezielte Belichtung von Kartoffelknollen – Ein umweltschonendes Verfahren zur Produktion von gesundem Pflanzgut im ökologischen Anbau. Bericht, Institut für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz, Georg-August-Universität, Göttingen
- Böhm, H. (2003): Regulierung der Kraut- und Knollenfäule im ökologischen Kartoffelanbau. Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt Heft 118, Saphir Verlag, Ribbesbüttel, 48-55
- Böhm, H. & D. Cerny (2002): Effects of different plant protection treatments regulating late blight (*Phytophthora infestans*) in organic plant production. Triennial Conference of the European Association for Potato Research 15, Hamburg
- Bruns, C. et al. (2003): Zur Interaktion von Bodenfruchtbarkeitsmanagement und sortenspezifischen Merkmalen auf den Befall mit *Phytophthora infestans* bei Kartoffeln. In: Freyer, B. (Hrsg.): Ökologischer Landbau der Zukunft: Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau. Institut f. Ökologischen Landbau, Universität f. Bodenkultur, Wien, 145-148
- Darsow, U. (2002): Phytophthora-Resistenz der Kartoffel. – Bundesanstalt für Züchtungsforschung Groß Lüsewitz, Forschungsreport 1, 16-19
- Finkh, M. (2002): Mit System gegen Phytophthora. Ökologie & Landbau 123, Nr. 3, 18
- Finckh, M. et al. (2003): Diversifikationsstrategien für das Management der Kraut- und Knollenfäule der Kartoffel. In: Freyer, B. (Hrsg.): Ökologischer Landbau der Zukunft: Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau. Institut f. Ökologischen Landbau, Universität f. Bodenkultur, Wien, 141-145
- Fittje, S. et al. (2005): Aspekte des Pflanzenschutzes bei der Pflanzgutvorbereitung von ökologisch produzierten Kartoffeln. In: Heß, J. & G. Rahmann (Hrsg.): Ende der Nische. Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Kassel University Press, Kassel, 145-148
- Fry, W.E. et al. (1993): Historical and recent migrations of *Phytophthora infestans*. Plant Disease 85, 521-528
- Hannukkala, A. & A. Lehtinen (2005): Potato late blight - fatal threat in organic potato production. Forskningsnytt om økologisk landbruk i Norden 1, 10-11
- Hannukkala, A. et al. (2004): Management of potato late blight (*Phytophthora infestans*) in organic potato production. The international school-conference plant cultivation in the European North, Petroskoi, 179-180
- Hausladen, H. (2005): Keine Panik beim ersten Fleck. DLG-Mitteilungen 4, 54-58
- Irla, I. et al. (2001): Optimierung der Spritztechnik von Biokartoffeln. Neue Technik erfolgreich gegen Krautfäule. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, Tänikon, FAT-Berichte Nr. 561
- Kainz, M. & K. Möller (2003): Ansätze zur Reduzierung der Kupferaufwandmengen im ökologischen Kartoffelanbau. Posterpräsentation, 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Wien

- Keskitalo, M. et al. (2005): Control of potato late blight by caraway oil in organic farming. Beitrag präsentiert bei der Konferenz: Organic farming for a new millenium - status and future challenges : NJF-seminar 369, Alnarp, Sweden, Veröffentlicht in NJF Report 1, 1, 77-79
- Krause, T. et al. (2005): Einfluss unterschiedlicher Klee-grasnutzungssysteme auf Ertrag, Sortierung und Qualität ökologisch erzeugter Verarbeitungskartoffeln. In: Heß, J. & G. Rahmann (Hrsg.): Ende der Nische. Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Kassel University Press, Kassel, 43-46
- Kula, Ch. & S. Guske (2003): Auswirkungen von Kupfer auf Bodenorganismen bei langjähriger Anwendung. Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt Heft 118, Saphir Verlag, Ribbesbüttel, 11-16
- Meinck, S. (1999): Speisekartoffelanbau im Ökologischen Landbau. Optimierung des Anbauverfahrens durch Sortenwahl und Phytophthora-Prophylaxe. Dissertation, Kassel
- Meinck, S. & H. Kolbe (1999): Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule im ökologischen Kartoffelanbau. Kartoffelbau 50, Nr. 5, 172 - 175
- Möller, K. (2003): Ansätze zur Reduzierung der Kupferaufwandmengen im ökologischen Kartoffelanbau. Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt Heft 118, Saphir Verlag, Ribbesbüttel, 56-66
- Neuhoff, D. et al. (2003): Nutzung von Pflanzenextrakten zur Kontrolle der Krautfäule (*P. infestans*) im ökologischen Kartoffelanbau. In: Freyer, B. (Hrsg.): Ökologischer Landbau der Zukunft: Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau. Institut f. Ökologischen Landbau, Universität f. Bodenkultur, Wien, 559-560
- Neuhoff, D. et al. (2006): Nutzung von Braunalgenextrakten (*Ascophyllum nodosum*) zur Kontrolle der Krautfäule (*Phytophthora infestans*) im Ökologischen Kartoffel- und Tomatenanbau. Landw. Fak. D. Univ. Bonn, Schriftenreihe d. Lehr- u. Forschungsschwerpunktes USL Nr. 133
- Paffrath, A. (2005): Wirkung von Vorkeimung, organischer Stickstoffdüngung und einer Kupferbehandlung auf Ertrag und Qualität von Kartoffeln. In: Leitbetriebe Ökologischer Landbau in Nordrhein-Westfalen. Versuchsbericht 2005. LWK NRW, Bonn, 63 - 68
- Patsaki, E.E. et al. (2005): Use of liohumus extract for ecological control of potato late blight. Poster präsentiert bei der Konferenz Researching Sustainable Systems - International Scientific Conference on Organic Agriculture, Adelaide, Australia
- Ryu, Kyoung Yul et al. (2005): Selection of quantitative resistance potato clones against phytophthora late blight in Korea. Poster präsentiert bei der Konferenz Researching Sustainable Systems - International Scientific Conference on Organic Agriculture, Adelaide, Australia
- Tamm, L. et al. (2003): Abschätzung der Auswirkung der Krautfäule auf den Biokartoffelanbau in verschiedenen Europäischen Ländern sowie Inventar der angewendeten Anbau- und Pflanzenschutzstrategien. In: Freyer, B. (Hrsg.): Ökologischer Landbau der Zukunft: Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau. Institut f. Ökologischen Landbau, Universität f. Bodenkultur, Wien, 149-152
- Wohlleben, S. (2005): BBA, Braunschweig, persönl. Mitteilung

Wohlleben, S. & G. Bartels (2005): Regulierung der Krautfäule (*Phytophthora infestans*) mit reduzierten Kupfer-Aufwandmengen im Kartoffelanbau. In: Heß, J. & G. Rahmann (Hrsg.): Ende der Nische. Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Kassel University Press, Kassel, 143-144

Anforderungen an die Humusbilanzierung in der Praxis des Ökologischen Landbaus

Dr. Hartmut Kolbe, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Pflanzliche Erzeugung

1 Einleitung und Zielstellung

Zur Aufrechterhaltung einer optimalen Versorgung mit organischer Substanz und Sicherung standorttypischer Humusgehalte des Bodens müssen heute nicht nur Wünsche der Beratung und der landwirtschaftlichen Praxis sondern auch die Regelungen der EU-Verordnung 2092/91 über den ökologischen Landbau und der Verbände sowie Zielstellungen ordnungspolitischer Gesichtspunkte (Bundes-Bodenschutzgesetz, Cross Compliance) Berücksichtigung finden. Ausdrücklich wird mit relativ gleichlautendem Inhalt darauf verwiesen, dass die Fruchtbarkeit und biologische Aktivität sowie „die Humusgehalte des Bodens zu erhalten bzw. in geeigneten Fällen zu erhöhen“ sind. Der wirtschaftliche Erfolg und die Nachhaltigkeit der Betriebe werden hierdurch maßgeblich beeinflusst. Durch diese vielfältigen Ansprüche haben sich die Anforderungen, die an die Verfahren zur Humusbilanzierung gestellt werden, deutlich erhöht.

In einer eingehenden Prüfung wurden daher zunächst bestehende Bilanzierungsverfahren des Ackerlandes auf ihr Anforderungsprofil und ihre Kalkulationsgenauigkeit untersucht, wobei insbesondere die Bedingungen des ökologischen Landbaus berücksichtigt worden sind (KOLBE & PRUTZER, 2004). Darüber hinaus werden in dieser Arbeit wichtige Zielstellungen und erste Methodenbeschreibungen zur praktischen Umsetzung der Humusbilanzierung vorgestellt.

2 Methoden

Das Prinzip der Humusbilanzierung kann nach folgender Gleichung beschrieben werden:

Humussaldo	=	Humuszufuhr	—	Humusabbau
Veränderung der Humusvorräte im Boden		Menge und Qualität der Ernte- und Wurzelreste incl. Rhizodeposition sowie der organischen Düngemittel		Wirkung von Bodenart, Klima und Anbauverfahren (z.B. Bodenbearbeitung) auf die Mineralisation

Bei der neuen VDLUFA-Methode (KÖRSCHENS et al., 2004) wird ein Saldo aus dem Humusverlust (Anbau humuszehrender Kulturarten) und der Humuszufuhr (Anbau humusmehrender Kulturarten, organische Düngung) errechnet. Streng genommen entspricht diese Vorgehensweise nicht

ganz dem heutigen Kenntnisstand. Aus Erwägungen der praktischen Umsetzung können jedoch bestimmte Wirkungen der Mineralisation des Bodens jeweils im Zusammenhang mit dem Anbaugeschehen der Kulturarten gestellt und auf diese Weise indirekt erfasst werden.

Die VDLUFA-Methode ist aus folgenden bekannten Verfahren entstanden:

- der ROS-Methode (Reproduktionswirksame Organische Substanz) (AUTORENKOLLEKTIV, 1977; KÖRSCHENS & SCHULZ, 1999) für die unteren Werte, die für die „einfache Humusreproduktion“ steht
- der HumusEinheiten-Methode (HE) (LEITHOLD et al., 1997) für die oberen Werte, die für Produktionsbedingungen mit „erweiterter Humusreproduktion“ steht.

In Anlehnung an die HE-Methode besteht eine Erweiterung für die Bedingungen des ökologischen Landbaus als ÖKO-Methode zur stark erweiterten Humusreproduktion (LEITHOLD & HÜLSBERGEN, 1998). Für den Aufbau der ROS-Methode wurden Auswertungen von einer ganzen Reihe von Dauerversuchen auf unterschiedlichen Bodenarten Ostdeutschlands vorgenommen. Für den Aufbau der HE- und ÖKO-Methode (bzw. des Kalkulationsprogramms REPRO) wurden im Wesentlichen konventionelle Versuche am Anbauort Seehausen (stark sandiger Lehm) des ostdeutschen Trockengebietes berücksichtigt.

Für die eigenen Methodenüberprüfungen wurden aus einer Datensammlung von über 200 konventionellen und ökologischen Dauerversuchen insgesamt 39 Versuche mit 330 Varianten nach der Prämisse ausgesucht, dass sie wesentliche Standortgegebenheiten Deutschlands abdecken.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Arbeiten zur Methodenüberprüfung

Auswirkungen optimaler Versorgung mit organischer Substanz auf die Humusgehalte des Bodens

Zunächst wurde untersucht, welche Veränderungen in den Humusgehalten des Bodens zu erwarten sind, wenn entsprechend den Anwendungszielen der Methoden eine Bemessung auf 100 % Bedarfsdeckung an organischer Substanz erfolgt. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die erhaltenen Ergebnisgenauigkeiten stark abhängig waren von den Standortgegebenheiten (Klima, Bodenart). Unter Einbeziehung der konventionellen Versuche konnten Standortgruppen mit ähnlicher Reaktionsfolge ermittelt werden. Die erhaltenen Ergebnisse der ausgewerteten 25 Varianten aus 3 Öko-Dauerversuchen (BESSION et al., 1995; PETTERSSON et al., 1992; RAUPP, 2001) lassen sich recht gut in diese Bodengruppen eingliedern. Aus den Untersuchungen konnte zudem die Schlussfolgerung abgeleitet werden, dass keine großen Unterschiede in der Humusdynamik zwischen den konventionellen und ökologischen Anbausystemen bestehen, die nicht bereits

auf die in den Bilanzierungsmethoden beschriebenen Einflussgrößen zurückgeführt werden können.

Aus Abbildung 1 ist in Beziehung auf die berechneten Humusgehalte eine stufenweise Unterscheidung zwischen den Verfahren abzulesen. Die Spannweite zwischen oberem 25%-Perzentil und unterem Perzentil ist jeweils erheblich, obgleich immer eine Bemessung auf 100 % Bedarfsdeckung an organischer Substanz vorgenommen wurde. Diese Spannweiten kommen durch die je nach Standortbedingungen unterschiedlich genaue Analyse zustande. So wurde z. B. der positive Einfluss der Bewirtschaftung auf die Humusgehalte der Lehmböden regelmäßig überschätzt und bei den Schwarzerden dagegen unterschätzt. Bei Anwendung der ROS-Methode werden im Durchschnitt die Humusgehalte gerade noch eingehalten. Ein Großteil der mit der ROS-Methode ermittelten Werte liegt jedoch im Minusbereich, das heißt, es kommt zu abnehmenden Humuswerten im Boden. Auf der anderen Seite würde nach Bemessung mit der ÖKO-Methode bereits ein z. T. deutlicher Anstieg der Humusgehalte zu verzeichnen sein. Die Ergebnisse zeigen eindeutig auf, dass eine sichere Aussage in Hinsicht auf die zu erwartenden Auswirkungen auf die Humusgehalte des Bodens bisher mit keinem der geprüften Verfahren möglich ist (Abb. 1).

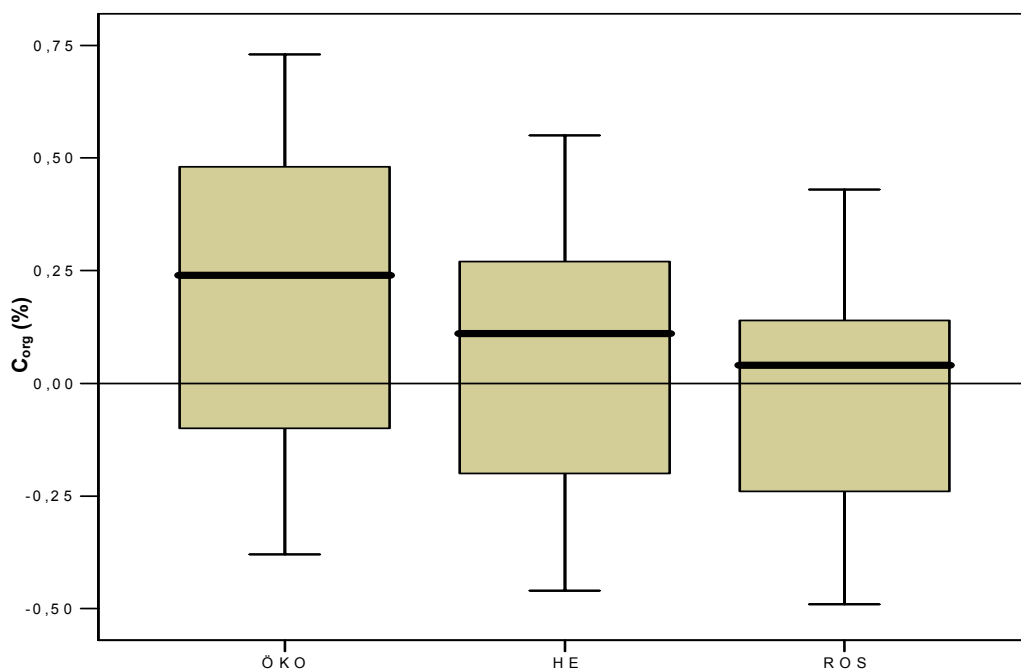


Abbildung 1: Median und Streubereiche in den berechneten Humusgehalten (% C_{org}) der ÖKO-, HE- und ROS-Methode im Vergleich zu den jeweiligen Ausgangsgehalten der Varianten (= 0,0 % C_{org}) von 3 Öko-Versuchen

Beschreibung von Optimal-Varianten

Daraufhin wurden die Methoden ÖKO, HE und ROS eingesetzt, um Optimal-Varianten aus den 3 untersuchten ökologischen Dauerversuchen zu ermitteln, die einer 100%igen Bedarfsdeckung mit organischer Substanz am nächsten standen. Es wurden je nach Methode relativ geringe Stallungsmengen von 51 dt (ROS) und höhere Mengen von 108 dt/ha und Jahr (ÖKO) als optimale Werte ermittelt. Durch Bemessung mit der ÖKO-Methode wurde ein mittleres Ertragsniveau von 68 dt/ha und mit der ROS-Methode von 73 dt/ha an Getreideeinheiten berechnet. Diese Werte lagen jeweils im Bereich der maximal in den Versuchen registrierten Erträge. Die an Hand von Tabellenwerten ermittelten N-Salden dieser Optimalvarianten lagen bei Verbleib der Koppelprodukte mit 39 – 65 kg/ha und Jahr z. T. bereits deutlich über 50 kg N/ha (ohne Anrechnung der N-Deposition über die Luft).

Grenzen der Humusanreicherung

Aus Ergebnissen der konventionellen und ökologischen Dauerversuche konnte deutlich herausgearbeitet werden, dass in den Varianten mit steigender Düngung auch eine durchschnittliche Erhöhung der N-Salden gegeben war (Abb. 2). Maßnahmen der N-Mineraldüngung können durch steigende organische Düngung in gewissen Grenzen ersetzt werden, um den gleichen N-Saldo zu gewährleisten. Aus diesem Grund können bei Anbauverfahren des ökologischen Landbaus höhere maximale Zufuhrmengen an organischer Substanz toleriert werden als im konventionellen Anbau. Weitere Ergebnisse können aus KOLBE & PRUTZER (2004) sowie KOLBE (2005) entnommen werden.

3.2 Anforderungen an die Umsetzung der Humusbilanzierung

Handhabung der Methoden

Die Anwendung der beschriebenen Methoden zur Humusbilanzierung ist mit einem minimalen Einsatz an Eingabemerkmalen verbunden. So sind Kalkulationen ohne Kenntnis der Gehalte an Humus sowie ohne Kenntnis der erlangten Erträge der Kulturarten der Fruchtfolge möglich. Dieses sind große Vorteile beim praktischen Einsatz. Einfache Angaben aus der Schlagkartei genügen für die Durchführung der Berechnungen, wozu nicht unbedingt ein PC erforderlich ist.

Es konnte aufgezeigt werden, dass keine deutlichen Unterschiede in der Humusdynamik zwischen ökologischen und konventionellen Anbauverfahren bestehen, die nicht bereits durch die in den Modellen abgebildeten Faktorwirkungen abgedeckt bzw. erklärt werden können. Der Modellansatz kann daher für beide Anbauverfahren nach gleichen Prinzipien umgesetzt werden, was ebenfalls die Akzeptanz für Praxis und Beratung deutlich erhöht.

Methodengenauigkeit

Die vorgestellten Ergebnisse haben eine erhebliche Methodenstreuung zu Tage gebracht, so dass sie nur als semi- oder halb-quantitative Verfahren angesehen werden können. Auf Grund dieser

Methodenunsicherheiten führt ein Großteil der Berechnungen bei jedem Verfahren sowohl zu deutlich negativen wie auch zu positiven Wirkungen auf die Humusgehalte, so dass bisher eine sichere Prognose der Veränderung der Humusgehalte der Böden nicht gegeben ist. Die Berechnungsergebnisse ermöglichen daher keine Aussagen zur Veränderung der Humusgehalte im Boden. Diese Feststellung traf bei vielen Diskussionen mit Fachvertretern zunächst auf Unverständnis, da es sich doch offensichtlich um „Methoden zur Humusbilanzierung“ handelt!

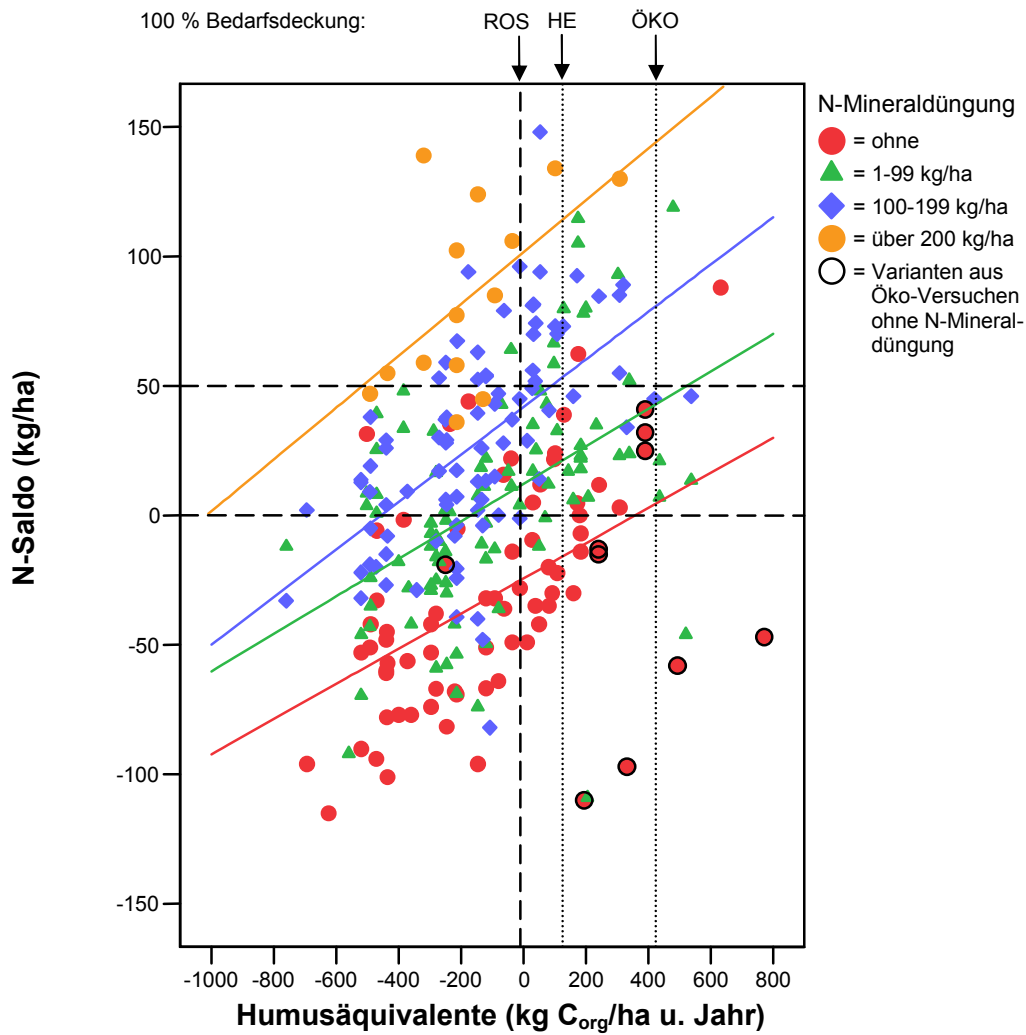


Abbildung 2: Beziehungen zwischen den in ökologischen und konventionellen Versuchen ermittelten N-Schlagbilanzen und dem Bedarf an organischer Substanz (Lage der mit dem ROS-, HE- und ÖKO-Verfahren berechneten Optimalwerte bei 100 % Bedarfsdeckung sind eingezeichnet)

Anwendungsziel Ertragsmaximum

Bei allen drei geprüften Verfahren ist die Erlangung von annähernd maximalen Erträgen der Kulturarten als erstes Anwendungsziel anzusehen. Im konventionellen Landbau wird dieses Ziel bei Anwendung der ROS-Methode mit hoher mineralischer N-Düngung und rel. niedrigem Einsatz an organischer Düngung bzw. bei der HE-Methode mit mittlerer N-Düngung und höherem Einsatz an organischer Düngung erreicht. Auch bei der für den ökologischen Landbau entwickelten ÖKO-Methode werden maximale Erträge (ohne mineral. N-Düngung) angestrebt.

So wurden mit Hilfe der Öko-Methode neben dem verhältnismäßig hohen Umfang an Ackerfutter, Stroh- und Güllezufuhr, eine zusätzliche Stallunggabe von etwas über 100 dt/ha und Jahr als optimal angesehen. Ein Nachteil der geprüften Verfahren zur Humusbilanzierung besteht darin, dass so hohe Nährstoffzufuhren, die zu annähernd maximalen Erträgen führen, sowohl bis heute nicht experimentell überprüft worden sind und in der breiten Praxis des ökologischen Landbaus oft gar nicht zur Verfügung stehen (siehe KOLBE, 2004). Aus verständlichen Gründen des Umweltschutzes sind zudem externe Zufuhren im ökologischen Landbau strikt begrenzt, da sie neben anderen unerwünschten Folgeerscheinungen auch zu erheblichen Überschüssen im N-Saldo führen können. Durch Kalkulationen mit der ÖKO-Methode wurden daher auch ähnlich hohe N-Salden ermittelt, wie sie sonst nur unter konventionellen Bedingungen mit der HE- oder ROS-Methode zu erreichen sind. Diese alleinige, weitgehend nach konventionellen Gesichtspunkten ausgerichtete Zielstellung ist daher zu hinterfragen.

Düngungsbemessungsverfahren

Im Bereich der Humusbilanzierung kommt nach heutigen Gesichtspunkten der Zielstellung der Erreichung maximaler oder optimaler Erträge weder im konventionellen noch im ökologischen Landbau eine hohe Priorität zu. Wegen der methodisch bedingten hohen Unsicherheiten wurden diese Verfahren als Bemessungsgrundlage für die Ertragswirkung schon lange als ungeeignet angesehen. Dies ist nicht verwunderlich, da zwischen Ertragswirkung und Humuswirkung der verschiedenen organischen Materialien z. T. extreme Unterschiede bestehen (z.B. Stroh u. Gülle). Im konventionellen Landbau haben sich in der Zwischenzeit Düngungsbemessungsverfahren auf Grundlage der N_{min} -Methode durchgesetzt und bewährt. Im ökologischen Landbau werden im Gemüsebau bereits Verfahren angewendet, die die N-Mineralisierung abschätzen können (siehe LABER, 2000). Auf dieser Grundlage werden in der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft z. Zt. Verfahren getestet, die in Zukunft einmal in der gesamten Breite des ökologischen Landbaus zum Einsatz kommen sollen. Ziel ist es, Düngungsbemessungsverfahren auf Nährstoff-Basis (Stickstoff) zu entwickeln, die sowohl zur Erfüllung spezieller Beratungs- als auch zur Erfüllung von gesetzlichen Erfordernissen (neue Düngeverordnung) Verwendung finden können (RINGE et al., 2006).

Anwendungsziel Sicherung der Humusgehalte des Bodens

Bei ordnungsgemäßem Gebrauch werden sich bei Anwendung der ROS-Methode niedrigere durchschnittliche Humusgehalte als bei Anwendung der HE-Methode und höhere Gehalte bei ständigem Gebrauch der ÖKO-Methode einstellen (siehe Abb. 1). Man geht von der Vorstellung aus, dass im ökologischen Landbau höhere Humusgehalte erforderlich sind, damit ein hohes Ertragsniveau erreicht werden kann. Bei dieser klassischen Vorstellung erfolgt:

- beim Anbau der Humusmehrer (Leguminosengras) eine höhere Anreicherung und ein geringerer Abbau der organischen Substanz,
- durch die verbesserte Futterbasis kann die Tierhaltung erweitert werden, wodurch es zu einer erhöhten Zufuhr an organischen Düngern kommt,
- durch eine erhöhte Zufuhr an organischer Substanz kommt es dann zu einer verbesserten Ertragsbildung beim Anbau der in der Fruchtfolge nachfolgenden Humuszehrer (Hackfrüchte, Getreide, etc.).

Zwar ist eine allgemeine Humusanreicherung und den damit einhergehenden positiven Wirkungen auf biologische, chemische und physikalische Eigenschaften des Bodens unbestreitbar und in gewissen ökonomischen und ökologischen Grenzen auch natürliches Ziel des ökologischen Landbaus. Doch unter Beachtung der gesetzlichen Regelungen z.B. in der EU-Verordnung zum ökologischen Landbau ist jedoch die Zielstellung nicht unbedingt die Erreichung höherer Humusgehalte (siehe Kap. Einleitung). Die Betonung der bisherigen Sichtweise liegt daher zu einseitig auf der Anreicherung der Humusgehalte. Die Erreichung eines höheren Umsatzes und einer angemessen hohen Mineralisation ist jedoch aus heutigem Kenntnisstand enger mit der potenziellen Ertragsbildung eines Standortes verbunden. Daher sollten diesen Zusammenhängen zukünftig mehr Beachtung geschenkt werden.

Anwendungsziel spezielle Intensitäten

Zwischen den beiden methodischen Ansätzen ROS und HE gibt es einen Jahrzehnte langen Streit in Ostdeutschland über „die richtige Methode“. Mit jedem dieser Verfahren wurde hiernach jeweils eine bestimmte Kombination an Input-Größen als gleichsam „ideal“ angesehen (Punktlösungen). Optimale Konstellationen mit der jeweiligen „Konkurrenzmethode“ ermittelt, wurden als nicht erstrebenswert angesehen, kritisiert und verworfen. Beide Methoden beinhalten daher z. T. deutliche dirigistische Zielstellungen.

Aus heutiger Sicht führte die Anwendung dieser Methoden zu Berechnungsergebnissen, die nur für bestimmte „spezifische Intensitäten“ des gesamten Produktionsgeschehens eine Aussage treffen können. Jede dieser speziellen Intensitäten führt bei entsprechender dauerhafter Betriebsgestaltung langfristig zu ganz bestimmten Humusgehalten. Der Humusgehalt des Bodens kann dabei im Verlauf dieser Wirtschaftsweise in Abhängigkeit von Klima und Bodenart ansteigen, gleich hoch bleiben oder sogar abfallen. Es stehen die Bedürfnisse von spezifischen Anbauverfahren im Vordergrund und nicht die Einhaltung standorttypischer Humusgehalte.

Die Praxis der heutigen Landwirtschaft, auch die des ökologischen Landbaus, besteht jedoch aus einer enormen Breite an sehr unterschiedlich ausgeformten Produktionsverfahren (Beispiele: mit und ohne Viehhaltung, mit viel und wenig Viehhaltung, mit viel und wenig Hackfrüchten bzw. Feldgemüse u. Gartenbau, klassischer Futterbaubetrieb bzw. Marktfruchtbetrieb, Anbau von nachwachsenden Rohstoffen, Sonderkulturen, etc.). Methoden der Humusbilanzierung müssen daher in ihren Empfehlungen diese gesamte Anbaubreite möglichst gleichberechtigt berücksichtigen. Daher kommt es der Realität heute viel näher, an Stelle einer Punktlösung (100 % Bedarfsdeckung) einen Bereich an Bedarfsdeckung anzunehmen, der einer optimalen Versorgung mit organischer Substanz entspricht. Dem Streit zwischen den beiden Methodenrichtungen kommt daher aus heutiger Sicht keiner Bedeutung mehr zu.

Versorgungsoptimum mit organischer Substanz

Die Humusbilanzmethode sollte daher so konstruiert werden, dass ein Handlungsrahmen als ordnungsgemäß abgesteckt wird, in dem alle bisher üblichen oder in Zukunft sich herausbildenden spezifischen Intensitäten des ökologischen Landbaus abgedeckt werden. Dieser Rahmen beinhaltet die gute fachliche Praxis und sollte die VDLUFA-Versorgungsstufen C – D umfassen. Nur offensichtliche Unterschreitungen und Überschreitungen bestimmter Limits im Versorgungsniveau sollten aufgezeigt werden können, weil dadurch entweder standorttypische Humusgehalte nicht mehr eingehalten werden und/oder negative Auswirkungen auf die Umwelt, eine geringe Ressourceneffizienz und andere ungünstige Auswirkungen auf die Nachhaltigkeit des Betriebes zu verzeichnen sind.

Bei der Vielfalt an heute üblichen ökologischen Anbauverfahren müssen allerdings zwei generell unterschiedliche Ausrichtungen in der Handlungsentscheidung der Landwirte und bei der Festlegung von Grenzwerten entsprechend den gesetzlichen Vorgaben Berücksichtigung finden (VDLUFA-Versorgungsgruppen A/B und D/E). Durch beide Wege wird der Rahmen einer ordnungsgemäßen ökologischen Landbewirtschaftung abgesteckt. Entsprechend den potenziellen Entwicklungschancen der Betriebe sollten beide Wege frei wählbar sein, da hiermit u. U. erhebliche betriebswirtschaftliche Konsequenzen für die zukünftige Betriebsgestaltung verbunden sein können.

Untere Grenze der Versorgung mit organischer Substanz

Auf der einen Seite kann es die Entscheidung des Landwirts sein, weitere Einnahmequellen auch für Öko-Betriebe zu erschließen, indem so viel wie möglich von der auf der Fläche erzeugten organischen Substanz (z.B. Stroh) abgeführt wird, um sie z.B. zur Energiegewinnung zu nutzen. Handlungsweisen dieser Art müssen daher bis zu einer unteren Belastungsgrenze zulässig sein. Diese untere Grenze ist so auszurichten, dass die Einhaltung eines standorttypischen Humusgehaltes noch sicher gewährleistet wird und könnte 100 % Bedarfsdeckung an organischer Substanz entsprechen (Beginn der VDLUFA-Versorgungsstufe C). Darunter sollte daher der Versorgungsbereich B angesiedelt sein. Dieser untere Grenzbereich sollte für konventionelle und für ökologische

Betriebe gleichermaßen gelten, da hier gesetzliche Regelungen einzuhalten sind (EU-Öko-Verordnung, Bundesbodenschutzgesetz).

Obere Grenze der Versorgung mit organischer Substanz

Im anderen Extrem können Landwirte bestrebt sein, über eine optimale Humuswirtschaft die Humusgehalte ihrer Flächen so weit wie möglich zu erhöhen. Diese Zielstellung könnte nicht nur für ökologisch sondern auch für konventionell wirtschaftende Betriebe in Frage kommen. Für diese Fälle stellt u. a. die N-Bilanzierung eine geeignete Methode dar, um Grenzen der Anreicherung aufzuzeigen (vgl. Düngeverordnung, Wasserrahmenrichtlinie). Aber auch unter Hinzuziehung weiterer Bezugsgrößen (Energiebilanz, betriebswirtschaftliche Kenngrößen) könnten zukünftig diese Grenzbereiche noch genauer umrissen werden. Diese oberen Grenzen für die Zufuhr an organischer Substanz sollten dann den Beginn der Versorgungsgruppe E kennzeichnen und werden für die Praxis der ökologischen und konventionellen Betriebe entsprechend verschieden hoch angesetzt, da die Höhe z.B. abhängig ist von dem N-Düngungsniveau des Betriebes (siehe Abb. 2).

Standortunterschiede

Die Untersuchungen haben deutliche Standortunterschiede in der Wirkung von Düngung und Fruchtfolge auf die Humusgehalte des Bodens bestätigt, so dass klimatische und bodenbürtige Einflüsse zu berücksichtigen sind (Ausweisung von Standortgruppen). Es leuchtet ein, dass z.B. die gleiche Menge Stroh auf verschiedenen Bodenarten, in feuchten oder trockenen Klimaten oder in Bergregionen einer jeweils spezifischen Humifizierung unterlegen ist. Zur Aufrechterhaltung standorttypischer Humusgehalte sind also je nach Bedingungen unterschiedlich hohe Zufuhren an organischer Substanz notwendig. Daher müssen für jede Standortgruppe spezielle Sätze an Humifizierungskoeffizienten zur Verfügung gestellt werden. Durch diese Eichungsarbeiten wird die Methodensicherheit bedeutend erhöht, ihr halbquantitativer Charakter bleibt aber weitgehend erhalten. Aus diesem Grund wurden frühzeitig Arbeiten zur Testung und Verbesserung von sogn. Simulationsverfahren zur Humusbilanzierung vorgenommen. Nach dem bisherigen Stand der Arbeiten kann nur durch deren Einsatz eine quantitative Analyse gewährleistet werden, ohne dass der Erhebungs- und Eingabeaufwand über die Maßen ansteigt (FRANKO et al., 2005).

Methodische Aspekte zur Weiterentwicklung und Verbesserung der Verfahren

Die Verwendung von Ergebnissen aus Testflächen und Praxiserhebungen etc. ist auf Grund der hohen Ungenauigkeiten bei der Erfassung der Humusgehalte und auf Grund zeitlicher Mängel (Erfassungsdauer) für eine Methodenüberprüfung und Methodenverbesserung kaum geeignet. Ebenso ist es wenig hilfreich, Vor- und Nachteile der einen oder anderen Methode an z. T. hundert von verrechneten Betriebsbeispielen aufzeigen zu wollen, so lange die fachlichen Voraussetzungen und Zielstellungen in den Methoden nicht eindeutig formuliert und anerkannt sind und es nicht klar ist, woran die Betriebsergebnisse gemessen werden sollen.

Die geschilderten Arbeiten zur Überprüfung und Anpassung von Bilanzierungsverfahren konnten daher in der Regel nur mit Hilfe von Ergebnissen aus ökologischen und konventionellen Feld-Dauerversuchen erfolgen. Für die Sammlung geeigneter Versuchsergebnisse war allerdings ein jahrelanger mühevoller Arbeitseinsatz erforderlich. Durch die erhebliche Variabilität der Standorte müssen auch zukünftig Dauerversuche in einem breiten Standortspektrum zur Verfügung stehen, damit regionsspezifische Besonderheiten mit hoher Sicherheit abgedeckt werden.

Danksagung

Für die Bereitstellung von Versuchsergebnissen und die wertvollen Anregungen und Diskussionsbeiträge aus vielen Bundesländern gilt ein herzliches Dankeschön. Die Arbeiten werden durch das Sächsische Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft gefördert.

4 Fazit

Ergebnisse der Methodenüberprüfung

Zusammenfassend können folgende Ergebnisse der untersuchten Verfahren zur Humusbilanzierung benannt werden:

1. Mit Versorgungsgraden von 100 % an organischer Substanz (= Zielversorgungsgrad bei ordnungsgemäßer Bewirtschaftung) werden in der Regel maximale Erträge der Kulturarten erreicht.
2. Durch Verwendung der einzelnen Methoden (ROS, HE, ÖKO) wird außerdem ein Versorgungsniveau mit organischer Substanz angestrebt, das jeweils nur für ganz bestimmte Anbau- und Bewirtschaftungsverhältnisse zutrifft (spezifische Intensitäten).
3. Mit den Berechnungsergebnissen ist bisher keine Aussage über die Veränderung der Humusgehalte des Bodens möglich.
4. Die Methoden sind daher kaum zur Durchführung gesetzlicher Bestimmungen geeignet.
5. Die Nichtbeachtung von Einflüssen der Bodenarten und des Klimas (Standort) auf die Umsetzungsprozesse und Humusgehalte führt zu einer deutlichen Erhöhung des Berechnungsfehlers.
6. Die Besonderheiten des ökologischen Landbaus werden nicht berücksichtigt.

Zukünftige Anforderungen an die Humusbilanzierung

Als Ergebnis einer umfassenden Diskussion können folgende Anforderungen an Methoden zur Humusbilanzierung für den Einsatz im ökologischen Landbau gestellt werden:

- Ausrichtung auf die Kalkulation der Veränderung der Humusgehalte im Boden.
- Differenzierung der Koeffizientensätze nach Standorten (Bodenart, Klima).
- Aufgabe des Zielmerkmals der Erreichung maximaler Erträge und der Ausrichtung auf nur eine spezifische Intensität (Punktlösung).

- Erstellung eines möglichst breiten Handlungsrahmens (VDLUFA- Versorgungsgruppen C - D), in dem der Versorgungsgrad mit organischer Substanz als optimal angesehen wird.
- Ausweisung einer unteren Grenze der Versorgung mit organischer Substanz (Versorgungsgruppen A/B), die nicht unterschritten werden darf, damit standorttypische Humusgehalte und die Nachhaltigkeit der Betriebe gewährleistet werden.
- Ausweisung einer oberen Grenze der Versorgung, damit Belange des Umwelt- und Ressourcenschutzes gewahrt werden (Übergang zur Gruppe E).

Für die neue Version des Programms ÖKO-BEFU der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft werden daher zum Bereich Humusbilanzierung und N-Mineralisierung folgende Programmmodule erstellt, die erstmals sowohl gesetzliche Erfordernisse als auch Anforderungen der Betriebsberatung abdecken sollen:

- Bilanzierungsmethode für Humus zur Berücksichtigung gesetzlicher Bedingungen (z.B. Cross Compliance) als Kurzfassung sowie eine Kurzfassung unter Berücksichtigung der Veränderung der Humusgehalte in Abhängigkeit von Standortgruppen (siehe KOLBE, 2006).
- Bilanzierungsmethode für Humus als Langfassung für quantitative Analysen der vertieften Betriebsberatung, auch nutzbar z.B. für Szenarienrechnungen im Umwelt- und Klimaschutz (in Planung).
- Methode zur Abschätzung der N-Mineralisierung als Grundlage für ein Düngungsbemessungsverfahren für gesetzliche Erfordernisse (neue Düngeverordnung) und zum Einsatz in der Beratung (in Planung).

5 Literatur

- Autorenkollektiv (1977): Empfehlungen zur effektiven Versorgung der Böden mit organischer Substanz. Akad. d. Landw.-Wissensch. d. DDR, agrarbuch, Leipzig
- Besson, J.-M. et al. (1995): DOK-Versuch: vergleichende Langzeit-Untersuchungen in drei Anbausystemen biologisch-dynamisch, organisch-biologisch und konventionell. Schweizerische Landw. Forsch. Sonderausgabe 1995, Bundesamt f. Landwirtschaft, Bern
- Franko, U., Kuka, K. & Kolbe, H. (2005): Modelling SOM-dynamics in arable soils. In: International Conference on the Role of Long-term Field Experiments in Agricultural and Ecological Science. Research Institute of Crop Production, Prague
- Kolbe, H. (2004): Wasserschutz und Ökologischer Landbau. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, FB Pflanzliche Erzeugung, Leipzig. <http://orgprints.org/00002931>
- Kolbe, H. (2005): Prüfung der VDLUFA-Bilanzierungsmethode für Humus durch langjährige Dauerversuche. Arch. Agron. Soil Sci. 51:221-239

- Kolbe, H. (2006): Methode zur standortangepassten Humusbilanzierung von Ackerland im Integrierten und Ökologischen Landbau. Poster, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Leipzig. <http://orgprints.org/8867>
- Kolbe, H. & Prutzer, I. (2004): Überprüfung und Anpassung von Bilanzierungsmodellen für Humus an Hand von Langzeitversuchen des Ackerlandes. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, FB Pflanzliche Erzeugung, Leipzig. <http://orgprints.org/00003130>
- Körschens, M. & Schulz, E. (1999): Die Organische Bodensubstanz, Dynamik – Reproduktion – ökonomisch und ökologisch begründete Richtwerte. UFZ-Bericht Nr 13, UFZ Leipzig-Halle, Halle
- Körschens, M., Rogasik, J., Schulz, E., Bönig, H., Eich, D., Ellerbrock, R., Franko, U., Hülsbergen, K.-J., Köppen, D., Kolbe, H., Leithold, G., Merbach, I., Peschke, H., Prystav, W., Reinhold, J. & Zimmer, J. (2004): Humusbilanzierung. Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland. Standpunkt. VDLUFA, Bonn. http://www.vdlufa.de/vd_00.htm?4
- Laber, H. (2000): Düngung im ökologischen Gemüsebau. Informationen für Praxis und Beratung. Broschüre, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Dresden
- Leithold, G., Hülsbergen, K.-J. (1998): Humusbilanzierung im ökologischen Landbau. Ökologie & Landbau 105: 32-35
- Leithold, G., Hülsbergen, K.-J., Michel, D. & Schönmeier, H. (1997): Humusbilanz – Methoden und Anwendung als Agrar-Umweltindikator. Initiativen zum Umweltschutz 5, Zeller Verlag, Osna-brück : 43-54
- Pettersson, B. D., Reents, H. J. & Wistinghausen, E. von (1992): Düngung und Bodeneigenschaften. Ergebnisse eines 32-jährigen Feldversuches in Järna, Schweden. Schriftenreihe Band 2, Institut für biologisch-dynamische Forschung, Darmstadt
- Raupp, J. (2001): Forschungsthemen und Ergebnisse eines Langzeitdüngungsversuchs in zwei Jahrzehnten; ein Beitrag zur Bewertung von pflanzenbaulichen Langzeitversuchen. Berichte über Landwirtschaft 79: 71-93
- Ringe, H., Liess, E., Franko, U. & Kolbe, H. (2006): Erstellung und Prüfung von Verfahren zur Abschätzung des N-Umsatzes im Rahmen der Humusreproduktion im ökologischen Landbau – Projektvorstellung. Poster, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Leipzig. <http://orgprints.org/8880>

Zur Intensität des Striegeleinsatzes gemessen an der Bodenbewegung unter Laborbedingungen und an einem Feldbestand von Wintergerste

Uwe Becherer, Technische Universität Dresden; Martin Hänsel, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Pflanzliche Erzeugung

1 Einleitung

Die optimale Arbeitsintensität eines Striegels zur Unkrautregulierung wird auf dem Feld über die Parameter Arbeitstiefe, Fahrgeschwindigkeit und Anstellwinkel der Zinken im Boden eingestellt. Mit einem Austausch der Zinken lässt sich, wenn auch mit hohem Aufwand, zusätzlich deren Durchmesser verändern. Insgesamt ergeben sich vielfältige Einstellkombinationen, die auf dem Feld meist langwierig vom Landwirt durch Probieren geprüft werden müssen. In zwei Versuchen wurden verschiedene Einstellungen der Striegelzinken hinsichtlich ihres Einflusses auf die Intensität der Bodenbewegung im Labor analysiert und im Feld wurden verschiedene Striegeleinstellungen in einem Wintergerstenbestand untersucht.

2 Versuch 1: Bodenbewegung beim Striegeln in Abhängigkeit von Arbeitstiefe, Geschwindigkeit, Anstellwinkel und Zinkendurchmesser

Striegeln wirkt in erster Linie über das Verschütten von Unkrautkeimlingen, weniger über das Ausreißen dieser Pflanzen, insofern hat die Intensität der Bodenbewegung bei diesem Arbeitsgang eine große Bedeutung. Bei der praktischen Arbeit auf dem Feld ist es jedoch nicht klar, wie die Einstellungskombinationen des Striegels die Bodenbewegung steuern. Zu dieser Frage wurde ein Versuch unter Laborbedingung ausgeführt.

2.1 Methoden

Die Prüfung von verschiedenen Arbeitseinstellungen von Striegelzinken fand im Bodenkanal der TU Dresden statt. Der Bodenkanal war 28,6 m lang und 2,5 m breit und war aufgefüllt mit Boden der Körnung sandiger Schluff (Us) in einer Mächtigkeit von etwa einem Meter. Die Korngrößen verteilten sich auf

- 4% Ton
- 75% Schluff, davon 49% Grobschluff
- 20% Sand und
- 1% Feinkies.

Ein elektrisch angetriebener Gerätewagen mit stufenloser Geschwindigkeitsvorwahl (Tachometer mit digitaler Anzeige, minimale Auflösung 0,3 mm/s) zog die Striegelzinken mit konstanter Ge-

schwindigkeit durch den Testkanal. Dazu erfolgte die Bodenvorbereitung mit den Arbeitsgängen Fräsen, Planieren, Walzen zu Beginn der Versuchstage. Zwischen den Versuchen wurde die Oberfläche mit einer gezogenen U-Schiene nur eingeebnet. Die Höhenabweichung der Bodenoberfläche von der Nulllage betrug etwa 1cm je Richtung.

Die Versuchsvarianten wurden nacheinander in der Bodenrinne auf drei gleich breiten, schmalen Streifen ausgeführt. Jede Variante wurde dabei gleichzeitig mit drei Striegelzinken gleicher Bauart und Einstellung im Abstand von 20 cm gefahren. Nach dem alle drei Spuren mit verschiedenen Varianten bearbeitet waren wurde die Bodenoberfläche eingeebnet und eine weitere Serie von Varianten ausgeführt.

Über eine Beprobung des Bodens der Anlage an 2 von insgesamt 3 Versuchstagen mit Stechzylindern von 100 cm³ Volumen in einem Raster von 3x3 Proben konnte die Variabilität des Bodenkanals bestimmt werden (Tabelle 1). Unterschiede in Querrichtung der Parameter Bodenfeuchte, Trockenrohdichte und Porenvolumen wurden nicht gefunden. Die geringen, jedoch signifikanten Unterschiede der Bodenfeuchte längs des Bodenkanals wirkten auf alle Varianten gleichermaßen, so dass eine Vergleichbarkeit der Messergebnisse gegeben war.

Tabelle 1: Bodeneigenschaften in der Bodenrinne gemessen an zwei Versuchstagen in drei streifenförmigen Flächenbereichen

Bodeneigenschaften	Versuchstag	Flächenbereich		
		1	2	3
Dichte [g/cm ³]	2	1,10	1,17	1,06
	3	1,15	1,23	1,13
Porenvolumen %	2	58,6	55,8	59,9
	3	56,5	53,9	57,3
Feuchte %	2	16,3	17,2	16,0
	3	15,5	15,5	16,3

Die Beobachtung der Striegelzinken im Boden selbst erfolgte über digitale Videoaufzeichnungen mit senkrechter (von oben) und waagrechter (seitlicher) Kamerablickrichtung auf der gesamten Streckenlänge. In einem flachen Winkel wurde der Arbeitsbereich der Striegelzinken mit 3 x 300 Watt Halogenscheinwerferleistung aus etwa 1m Entfernung ausgeleuchtet (Abbildung 1). Dabei konnte die Belichtung auf Blende 1,6 und 1/250 bis 1/350 s Belichtungszeit eingestellt werden. Die niedrige Scheinwerferführung über der Bodenoberfläche führte zu einem deutlichen Schattenwurf des über die Bodenoberfläche aufgeworfenen Bodenmaterials. Letztlich diente diese Schattensbildung zur Bestimmung der Bodenbewegung.



Abbildung 1: Versuchsanordnung zur Bestimmung der Bodenbewegung beim Striegeln

Alle Messungen erfolgten indirekt über die Auswertung der Filmaufnahmen am Flachbildschirm eines PC. Dazu wurde der Videofilm mehrfach zufällig unterbrochen und die Streubreite der Bodenpartikel über die fächerförmige Schattenbildung mit einem Lineal gemessen. Die breiteste deutlich zu beobachtende Ausformung des Schattens ohne Berücksichtigung von unscharfen Randzonen wurde aus den Standbildern bestimmt. Insgesamt konnte durch dieses Verfahren die Streubreite nicht tatsächlich erfasst werden, sondern nur die indirekten Effekte aus der Art der Beleuchtung. Damit sind die Ergebnisse nur als relative Unterschiede zu interpretieren. Ein am Gerätewagen mitgeführter Maßstab sicherte die Rekonstruktion der realen Maße am Bildschirm (Abbildung 2).

Die Wurf- oder Streubreite entspricht dabei der gesamten Auffächerung der bewegten Bodenteilchen nach links und rechts vom Zinken. Je 10 zufällige Messungen wurden an 3 Zinken (= Wiederholungen) je Variante ausgeführt. Die Annahme der Normalverteilung der Werte und die Homogenität der Varianzen konnte mit dem Test nach Kolmogorov-Smirnov bzw. nach Levené nicht zurückgewiesen werden.

Die Reproduzierbarkeit der Messungen am Bildschirm wurde über 5 Versuche mit je 21 Einzelwerten am Beispiel einer Variante geprüft; dabei betragen die Abweichungen der Mittelwerte vom gesamten Mittelwert mit 11,6 cm maximal 0,2 cm, dies entspricht 1,7%. Die durchschnittliche Standardabweichung der fünf Mittelwerte lag bei 1,4. Mit paarweisen Vergleichen konnte die Übereinstimmung der Mittelwerte mit dem t-Test bei $\alpha = 0,05$ angenommen werden.

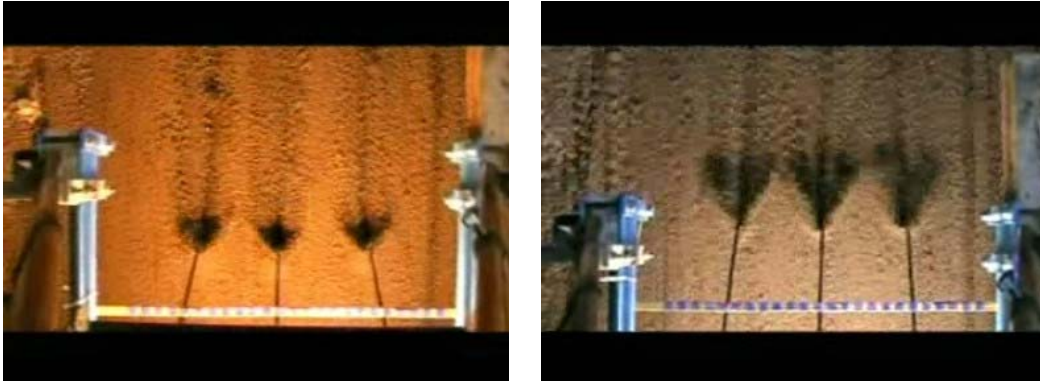


Abbildung 2: Schattenwürfe zur Messung der Breite der gestreuten Bodenpartikel beim Striegeln mit den Geschwindigkeiten 4 und 6 km/h

Die Flughöhe der Bodenteilchen wurde anhand einer Eichmarke am Striegelzinken bestimmt, hierzu wurde nur der Zinken in nächster Kameranähe (Abstand ca. 40 cm) genutzt. Als Flughöhe des Bodens wurde die meist scharfe obere Grenze der geschlossenen Bodenpartikelfront gewertet (Abbildung 3), so dass von dieser Linie abweichende, einzelne Bodenaggregate nicht berücksichtigt wurden. Allerdings minderten die Abweichungen der Striegelzinken von der Mittleren Arbeitstiefe sowie geringe Bodenunebenheiten die Präzision zur Flughöhenbestimmung der Bodenpartikel, folglich können diese Daten nur als Größenordnungen interpretiert werden.



Abbildung 3: Flughöhe von Bodenpartikeln beim Striegeln mit 3 cm Arbeitstiefe bei den Geschwindigkeiten 4 und 8 km/h.

Geprüft wurden die Faktoren Zinkenstärke, Arbeitsgeschwindigkeit, Anstellwinkel des Zinkens im Boden und Arbeitstiefe in verschiedenen Stufen gemäß Tabelle 2. Die Versuche zur Arbeitsgeschwindigkeiten zwischen 2 km/h und 8 km/h als auch die unterschiedlichen Anstellwinkel der Zinken wurden jeweils doppelt an verschiedenen Tagen ausgeführt. Die Variante mit 4 km/h Arbeitsgeschwindigkeit wurde insgesamt 4-fach wiederholt.

Tabelle 2: Prüffaktoren und Konstanten im Experiment zur Bodenbewegung beim Striegeln (d = Durchmesser des Zinkens; v = Geschwindigkeit; h = Arbeitstiefe; α = Anstellwinkel des Zinkens im Boden (50° = auf Griff; 90° = senkrecht zur Oberfläche; 110° = schleppend))

Parameter und Dimension	Stufen der Prüffaktoren und Konstanten			
	Zinkenstärke	Geschwindigkeit	Anstellwinkel	Arbeitstiefe
d [mm]	6; 7; 8	7	7	7
v [km/h]	4	2; 4; 6; 8	4	4
h [cm]	3	3	3	2; 3; 4
α [°]	90	90	50; 70; 90; 110	90

2.2 Ergebnisse und Diskussion

Die Bewegung des Bodens quer zur Fahrtrichtung ließ sich durch die Variation der Fahrtgeschwindigkeit am stärksten beeinflussen, während die weiteren Prüffaktoren einen geringeren Einfluss auf die Bodenbewegung zeigten. Bei 8 km/h erhielten die Bodenteilchen Impulse durch die Striegelzinken, so dass sie 25,3 cm breit gestreut wurden (Abbildung 4). Aber selbst die geringe Geschwindigkeit von 2 km/h löste noch 6,2 cm Streubreite aus, somit erfolgte bei üblichen Zinkenabständen von 30 mm bei handelsüblichen Geräten rechnerisch immer noch eine flächendeckende Bodenbearbeitung mit doppelter Überlappung. Ein Verschütten von Unkrautkeimlingen ist demnach auch bei 2 km/h noch möglich. Insgesamt zeichnete sich etwa eine lineare Beziehung zwischen den Komponenten Geschwindigkeit und Wurfbreite ab. Eine Verdoppelung der Geschwindigkeit führte zur Verdoppelung der Wurfbreite. Bei dünneren Zinken, mit 6 mm Stärke, muss mit einem etwas flacheren Anstieg der Wurfweiten gerechnet werden als bei 7 mm starken Zinken. Die Flughöhe der Bodenpartikel steigerte sich mit zunehmender Geschwindigkeit zwischen 2 km/h und 8 km/h von etwa 3 cm auf 8 cm.

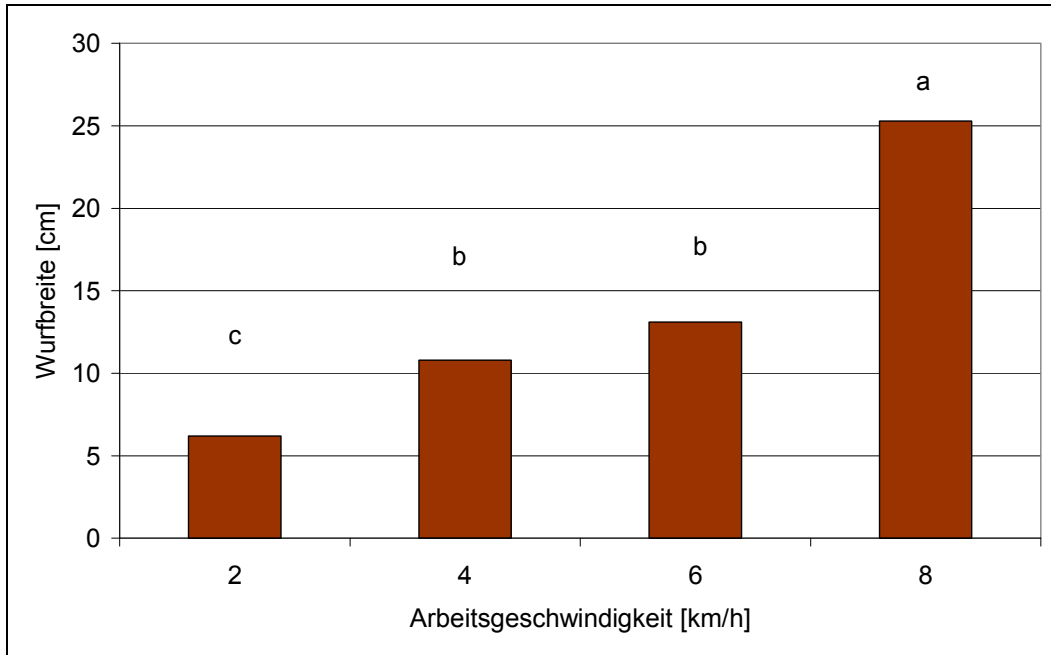


Abbildung 4: Wurfbreite der Bodenpartikel beim Durchgang eines Striegelzinkens durch den Boden bei unterschiedlichen Arbeitsgeschwindigkeiten. (unterschiedliche Buchstaben über den Säulen kennzeichnen signifikante Unterschiede; Tukey-Test bei $\alpha = 0,05$)

Die Wurfbreite der Bodenpartikel beim Durchgang eines Striegelzinkens durch den Boden in Abhängigkeit von unterschiedlichen Anstellwinkeln zeigte bei 90° (Zinken steht senkrecht zum Boden) und bei 110° (Zinken in schleppender Anordnung) mit 13 cm bzw. 11,2 cm eine signifikant größere Ausdehnung als bei den spitzeren Winkeln von 50° und 70° (Zinkenspitzen in Fahrtrichtung zeigend). Die Werte der Flughöhe bei verschiedenen Anstellwinkeln der Zinken im Boden schwankten dagegen nur in einem engen Bereich zwischen 4,3 cm und 5,5 cm (Abbildung 5).

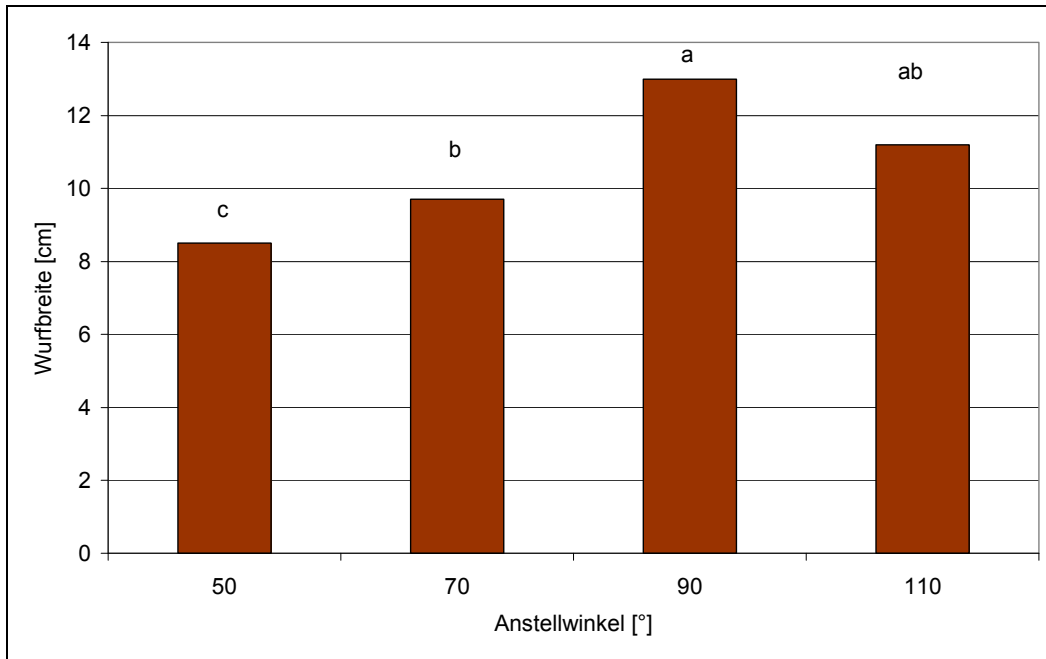


Abbildung 5: Wurfbreite von Bodenpartikeln an einem Striegelzinken bei unterschiedlichen Anstellwinkeln zum Boden (Arbeitsgeschwindigkeit = 4 km/h; Arbeitstiefe 3 cm) (unterschiedliche Buchstaben über den Säulen kennzeichnen signifikante Unterschiede; Tukey-Test bei $\alpha = 0,05$)

Zinken mit 6 mm Materialstärke wiesen etwas geringere Wurfbreiten auf als Zinken mit 7 mm oder 8 mm, während keine signifikanten Unterschiede durch eine Variation der Arbeitstiefe im Bereich zwischen 2 cm und 4 cm nachgewiesen werden konnten (Tabelle 3).

Tabelle 3: Einfluss der Materialstärke sowie der Arbeitstiefe eines Striegelzinkens auf die Wurfbreite von Bodenpartikeln beim Striegeln mit einer Arbeitsgeschwindigkeit von 3 km/h

Durchmesser [mm]	Wurfbreite [cm]	Arbeitstiefe [cm]	Wurfbreite [cm]
6	9,1 B*	2	10,5 A
7	12,7 A	3	12,1 A
8	12,0 A	4	10,9 A

* verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede (Tukey-Test; $\alpha = 0,05$)

Die Daten aus den Versuchen in der Bodenrinne zeigen, dass vor allem mit der Arbeitsgeschwindigkeit die Intensität der Bodenbewegung beim Striegeln gesteuert werden kann und dabei Einstellwinkel der Zinken im Bereich zwischen 90° und 110° für die Bearbeitungsintensität unterstüt-

zend wirken. Dabei können auch geringe Arbeitstiefen bei der Striegelarbeit noch wirkungsvoll sein. Allerdings muss bei reduzierter Arbeitstiefe mit einer Abnahme der bewegten Bodenmasse gerechnet werden. Die Bestückung eines Striegels mit Zinken von 7 mm Stärke erscheint nach den vorliegenden Labordaten hinsichtlich der Bearbeitungsintensität bereits ausreichend. Der Einsatz von 6 mm starken Zinken lässt jedoch keine gravierenden Nachteile für die Arbeitsintensität erwarten. Eine in diesem Fall etwas abgeschwächte Wurfbreite kann durch eine geringe Geschwindigkeitssteigerung kompensiert werden.

3 Versuch 2: Effekte der Striegeleinstellung und Arbeitsgeschwindigkeit auf Wintergerste im Stadium BBCH 21 und auf den Zugleistungsbedarf

Beim Striegeln wird die Einstellung des Striegels, einschließlich der Auswahl der Arbeitsgeschwindigkeit vorwiegend am maximal tolerierbaren Umfang der Kulturpflanzenverluste orientiert. Der Wirkungsgrad gegenüber Unkräutern ist dann als hoch anzunehmen. Die Geräteeinstellung wird dabei im Feld meist durch zeitlich ausgedehnte Tests über langsames Herantasten an augenscheinlich noch zu tolerierende Kulturpflanzenschäden gefunden, um somit die maximale Unkrautregulierung zu erreichen.

Um Hinweise zur schnelleren Einstellung eines Striegels geben zu können, wurden in einem Feldversuch in Wintergerste verschiedene Einstellgrößen am Striegel auf ihre Wirkung auf den Kulturpflanzenbestand getestet. Geprüft wurden Variationen der Arbeitsgeschwindigkeit sowie verschiedene Winkelstellungen der Zinken zur Bodenoberfläche und als übergeordneter Parameter der Zugleistungsbedarf für den Striegel.

3.1 Material und Methoden

Die Wirkung der Intensität des Striegels auf die Wintergerste wurde in 4 Stufen der Arbeitsgeschwindigkeit und über 5 verschiedene Winkeleinstellungen der Zinken über die Anzahl der Kulturpflanzenverluste beurteilt. Weitestgehend konstant gehalten wurde die Arbeitstiefe von 3 cm. Die Anlage des Versuchs dazu erfolgte in Form von fünf parallel angelegten Bearbeitungstreifen von 12 m Breite und 6 m Abstand. Jeder Streifen wurde mit einem fest eingestellten Arbeitswinkel der Striegelzinken von 80°, 95°, 110°, 125° und 140° bearbeitet wobei die Variation der Arbeitsgeschwindigkeiten in der festen Reihenfolge von 2, 4, 6 und 8 km/h ausgeführt wurde. Die festgelegte Steigerung der Geschwindigkeit reduzierte dabei die Länge der erforderlichen Beschleunigungsstrecke zwischen den Varianten. Jede Parzelle war 100 m lang und 12 m breit. Insgesamt beanspruchte die Versuchsanlage 8 ha. Erfahrungsgemäß kann bei den geprüften Stufenkombinationen mit einer hohen Unkrautregulierung im Bereich von 90 % bei Keimlingen gerechnet werden, so dass praxisrelevante Arbeitsbereiche für die Landwirtschaft vorlagen.

Die Versuchsdurchführung erfolgte in der Kultur Wintergerste am 27.10.2004 auf der Fläche des Lehr- und Versuchsgutes Köllitsch der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Dresden. Die ausgewählte Fläche in der Elbtalau war nahezu eben und die Bodenzahlen lagen auf der gesamten Fläche zwischen 50 und 65 Bodenknoten. Dabei befand sich die Wintergerste im Entwicklungsstadium BBCH 21 (Anfang der Bestockung). Die Ackeroberfläche zeigte sich am Versuchstag nach 5 mm Niederschlag am Morgen feucht, es herrschten keine optimalen Arbeitsbedingungen für den Striegel. Trotzdem war die Fläche gut befahrbar, so dass praxisnahe Einsatzbedingungen zu dieser Jahreszeit bestanden. 10 Tage nach dem Striegeln wurden die Einflüsse des Striegelseinsatzes auf die Wintergerste geprüft.

Die Einstellung der Striegelzinken erfolgte in den am Gerät technisch vorgegebenen Einstellstufen. Geprüft wurde bei einer Arbeitstiefe von etwa 3 cm, die an Hand der Strichspuren der Striegelzinkenspitzen auf dem abgesetzten Boden in jeder Parzelle überprüft wurde. Eingesetzt wurde ein Federzinkenstriegel (direkt gefederte Zinken) mit einer Arbeitsbreite von 12,00 m (Hersteller: Einböck, Typ: Aerostar 1200, Zinken: Durchmesser: 7 mm, Länge 630 mm, Federkonstante der Zinken: ~1,3 N/cm).

Als Zugmaschine diente ein MB-Truck 1300 mit 92 kW Motorleistung (Hersteller: Mercedes-Benz), der zur Messung der Zugleistung über ein Kraftmessdreieck in der Dreipunktaufhängung mit dem Striegel verbunden war, so dass auch Zusammenhänge zwischen Zugkraftbedarf, Striegeleinstellung und Bearbeitungsintensität geprüft werden konnten. Das Erfassen der Arbeitsgeschwindigkeit erfolgte durch ein Ultraschallmesssystem als tatsächliche Vorwärtsbewegung des Traktors. Die Zugleistung wurde mittels einer mobilen EDV-Einrichtung über das Kraftmessdreieck alle 0,04 Sekunden registriert. Nachfolgend wurden aus jeweils etwa 750 bis 1300 Einzelwerten der Varianten die Mittelwerte beurteilt.

Die statistische Auswertung erfolgte varianzanalytisch über die inneren Wiederholungen der 16 ausgeführten Faktorstufenkombinationen. Als Kontrolle dienten die unbearbeiteten Flächen zwischen den Versuchstreifen. Vor dem Striegeleinsatz wurde die Homogenität der gesamten Versuchsfläche bezüglich der Kulturpflanzen und Unkrautdichte festgestellt. Im Mittel standen 213 Gerstenpflanzen auf jedem Quadratmeter (Mittelwert: 210; Standardabweichung 47,1). Signifikante Unterschiede zwischen den geprüften Parzellen, Streifen und Spalten der Anlage konnten mittels Varianzanalyse bei einer Signifikanzgrenze von $\alpha = 0,05$ nicht nachgewiesen werden.

Nach der Bearbeitung mit dem Striegel wurde mit 10 zufällig verteilten Zählungen mit einem Göttinger Zählrahmen auf 0,1 m² Fläche je Variante die Wirkung des Striegeln auf die Bestandesdichte erfasst. Unkräuter konnten auf Grund ihres geringen Vorkommens nicht ausgewertet werden.

3.2 Ergebnisse und Diskussion

Zehn Tage nach dem Versuchstag war der Gerstenbestand auch auf der unbehandelten Fläche um 13 % gegenüber der Ausgangssituation reduziert. Als Grund dafür kommt das weitere Wachstum des Bestandes in Frage, so dass die einzelnen Pflanzen beim Zählen schlechter von einander zu unterscheiden waren. Krankheiten der Gerste konnten nicht gefunden werden. Durch das Striegeln insgesamt verringerte sich die Dichte des Gerstenbestandes des gesamten Versuchs im Mittel signifikant um weitere 10 % (t-Test, $\alpha = 0,05$).

Zwischen den Varianten konnten keine globalen Unterschiede mit der Varianzanalyse ausgewiesen werden. Selbst die Mittelwerte der zusammengefassten Faktorstufen zeigen keine Trends für einen Zusammenhang zwischen Arbeitsintensität und Bestandesbeeinflussung. Relativ hohe Pflanzenverluste ≥ 15 % wurden bei Winkeleinstellungen von 95° und 140° , einem hohen Zugleistungsbedarf sowie bei höchster geprüfte Geschwindigkeit gefunden (Tabelle 4).

Der Anstieg des Zugleistungsbedarfs für den Striegel erfolgte mit steigender Arbeitsgeschwindigkeit bei einem Faktor von 2,1. Dabei lag der maximale Zugleistungsbedarf bei 18,3 kW für den Striegel, ohne den Anteil für die Zugmaschine und für Phasen zur Beschleunigung. Dagegen blieben die Einstellwinkel ohne signifikanten Effekt auf den Zugleistungsbedarf.

Tabelle 4: Pflanzenverluste beim Striegeln mit verschiedenen Geräteeinstellungen (unbehandelte Fläche: 186 Pflanzen je m^2 ; Arbeitstiefe: 3 cm) (Unterschiede nicht signifikant bei $\alpha = 0,05$; F-Test)

Merkmal	Mittelwert Pflanzen [$1/m^2$]	Bestandesveränderung [%]
Zugleistungsbedarf für 12 m Arbeitsbreite [kW] (gruppiert)		
6	165	-11
12	175	-6
18	168	-10
24	149	-20
Arbeitsgeschwindigkeit [km/h]		
2	165	-11
4	171	-8
6	196	5
8	158	-15
Arbeitswinkel der Zinken [Grad]		
80	184	-1
95	155	-17
110	177	-5
125	172	-8
140	148	-21

Tabelle 5: Zugleistungsbedarf in kW nur für den Striegel beim Arbeiten in Wintergerste mit 12 m Arbeitsbreite, ca. 3 cm Arbeitstiefe, Striegel: Einböck, Aerostar 1200 (F-Test, $\alpha = 0,05$)

Arbeitswinkel [Grad]	Arbeitsgeschwindigkeit [km/h]				Mittelwert
	2	4	6	8	
80	(4,9) ¹	(9,5)	(14,6)	.	
95	4,4	8,9	.	18,3	10,5 a
110	4,0	7,8	.	16,6	9,5 a
125	4,2	7,0	.	14,6	8,6 a
140	3,3	7,3	.	15,1	8,6 a
Mittelwert	4,0 c*	7,8 b		16,2 a	9,4

* unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede

¹ Werte in Klammern nicht in die Mittelwerte einbezogen

Die Ergebnisse zeigen, dass keine systematischen Beziehungen zwischen den abgestuften Einstellungen des Striegels und der Auswirkung auf die Kulturpflanzen bestanden. So führte z.B. die Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeit im Mittel von verschiedenen Winkelstellungen der Striegelzinken nicht zu höheren Kulturpflanzenverlusten im phänologisch relativ weit entwickelten und damit widerstandsfähigen Wintergerstenbestand. Auch die Einstellung der Zinken auf eine eher schleppe Arbeitsweise verbesserte nicht die Verträglichkeit für die Kulturpflanzen gegenüber der senkrechten oder der leicht in Fahrtrichtung justierten Einstellung (Tabelle 5).

Die Kulturpflanzenschäden entstanden unabhängig von der Striegeleinstellung, so dass anzunehmen ist, dass die Intensitätsgrenzen in dieser Versuchsanordnung noch nicht erreicht waren. Eine deutliche Zu- oder Abnahme der Beeinträchtigung des Pflanzenbestandes wird demnach erst außerhalb des geprüften Intensitätsbereichs erfolgen, d. h. vor allem bei Arbeitsgeschwindigkeiten unter 2 km/h und über 8 km/h. Auch über die Veränderung der Arbeitstiefe, die hier nicht untersucht wurde, kann die Striegelarbeit noch in der Intensität variiert werden. Allerdings bleiben die Zinken bei flacherer Einstellung nicht mehr sicher im Boden, so dass unbearbeitete Bereiche auftreten. Außerdem sollte die Arbeitstiefe grundsätzlich flacher als die Aussaatiefe bleiben. Damit besteht auch hinsichtlich der Arbeitstiefe, zumindest für die verhältnismäßig flach gesäten Getreidekulturen, wenig Variationsspielraum. Im Vergleich zu den Untersuchungen im Bodenkanal zeigt sich, dass die deutlich intensivere Bodenbewegung mit zunehmender Arbeitsgeschwindigkeit nicht stärker schädigend auf die Kultur wirkte.

4 Zusammenfassung

Aufgrund der vielfältigen Möglichkeiten ist die optimale Einstellung eines Striegels zur Unkrautregulierung oft zeitraubend. Über einen Versuch unter Laborbedingungen konnte gezeigt werden, dass die Intensität der Bodenbewegung beim Striegel in wesentlichen Größenordnungen nur über die Arbeitsgeschwindigkeit gesteuert werden kann. In einem darauf folgenden Feldversuch in bestockter Wintergerste führten unterschiedliche Bearbeitungsintensitäten jedoch zu keinen Unterschieden bei den Kulturpflanzenverlusten.

Impressum

- Herausgeber:** Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
August-Böckstiegel-Straße 1, 01326 Dresden
Internet: www.landwirtschaft.sachsen.de/lfl/publikationen
- Autoren:** Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
Fachbereich Pflanzliche Erzeugung
Dr. Hartmut Kolbe
Martin Hänsel
Gustav-Kühn-Str. 8
04159 Leipzig
Telefon: 0341/91 74-149 und 154
Telefax: 0341/91 74-111
E-Mail: hartmut.kolbe@smul.sachsen.de
martin.haensel@smul.sachsen.de
Uwe Becherer, Technische Universität Dresden
Brigitte Köhler, Leipzig
- Redaktion:** siehe Autoren
- ISSN:** 1861-5988
- Redaktionsschluss:** April 2007

Für alle angegebenen E-Mail-Adressen gilt:

Kein Zugang für elektronisch signierte sowie für verschlüsselte elektronische Dokumente

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlhelfern zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.