

# Wirkung organischer Düngemittel auf Ertrag und Qualität von Kartoffeln im Ökologischen Landbau

Dr. Hartmut Kolbe

Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Pflanzliche Erzeugung, Leipzig

[Hartmut.Kolbe@smul.sachsen.de](mailto:Hartmut.Kolbe@smul.sachsen.de)

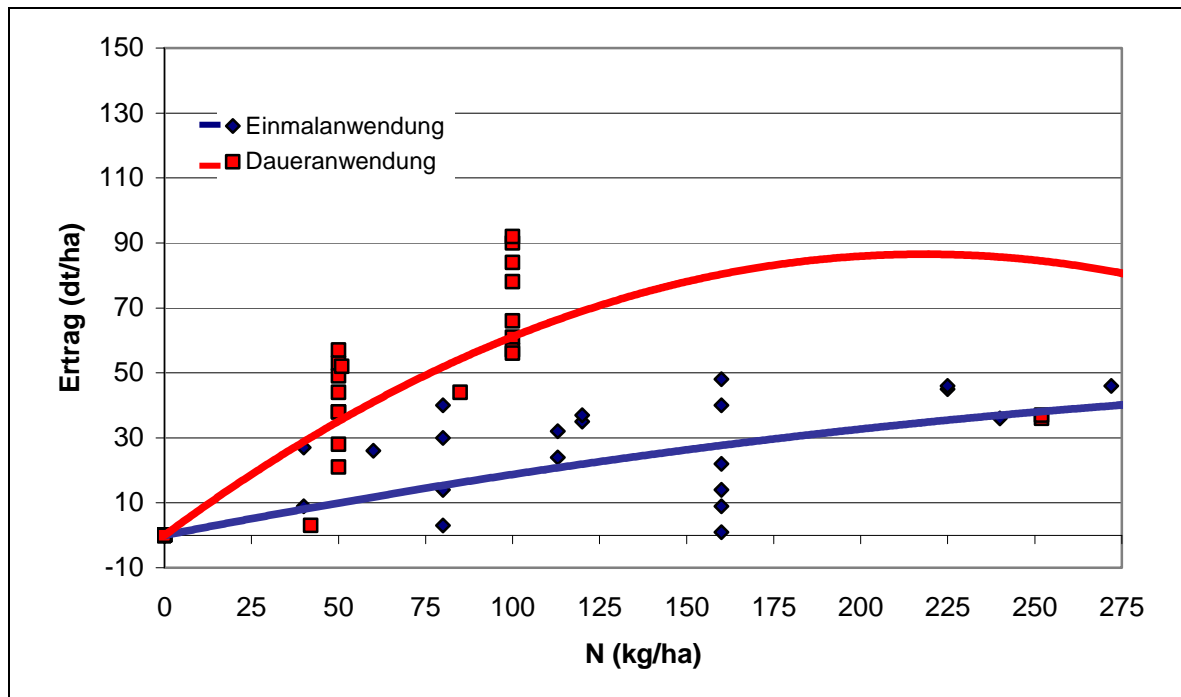
## Einleitung

Neben einer günstigen Fruchtfolgegestaltung hat die Auswahl einer geeigneten Art und Höhe an organischer Düngung eine entscheidende Bedeutung im erfolgreichen Kartoffelanbau. Hierbei ist es von Vorteil, die einzelnen hofeigenen sowie auch die Zukaufdüngemittel in ihrer Wirkung auf Ertrag und Qualität der Kartoffeln einschätzen zu können, damit sie optimal eingesetzt werden können. Zu diesem Zweck wurden viele in der Literatur dokumentierte sowie bisher unveröffentlichte Versuche zusammengefasst und einer gemeinsamen Auswertung zugeführt (siehe Literaturliste).

## Kompost

In der Regel wurde in den Versuchen Stalldung-Kompost eingesetzt, aber auch andere Arten, wie z.B. Grüngutkompost, wurden in einmaliger Anwendung sowie in Dauernutzung getestet (Kompostwirtschaft). Komposte zählen allgemein zu den Düngemitteln mit sehr geringer direkter Wirkung und einer ausgeprägten nachhaltigen Wirkung. In Kompostversuchen mit jeweils nur einmaliger 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. Insgesamt ist über den gesamten Düngungsbereich eine stetig steigende Wirkung auf die Knollenmehrerträge zu erkennen. Mit steigendem Einsatz an Kompost ist eine verhältnismäßig geringe Abnahme der Nährstoffeffizienz festzustellen. Im Durchschnitt werden bei einer Zufuhr von 100 kg N/ha (ca. 150 dt/ha Kompost) Mehreträge von ca. 20 dt/ha erhalten (0,197 dt/1 kg N/ha). Bei einer doppelt so hohen einmaligen Kompost-Gabe liegt der Mehretrag bei 33 dt/ha (0,167 dt/1 kg N/ha).

Werden die Kompostmengen jedes Jahr dem Feld zugeführt, so kommt es bekannter Weise zu einer Anhebung der Humusgehalte des Bodens. Die Humuswirkung durchschnittlicher Komposte liegt nach Vorgaben der VDLUFA-Methode zur Humusbilanzierung bei 96 kg C/t Kompost. Nach neueren Auswertungen von vielen Dauerversuchen können diese Werte aber nur für relativ geringe jährliche Düngungsmengen von unter 100 dt/ha Kompost bestätigt werden. Die Humuswirkung nimmt bei steigender Aufwandmenge ab. Durch eine intensive Kompostwirtschaft kommt es neben der Zunahme der Humusgehalte noch zu weiteren günstigen Wirkungen auf bestimmte 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.



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

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.

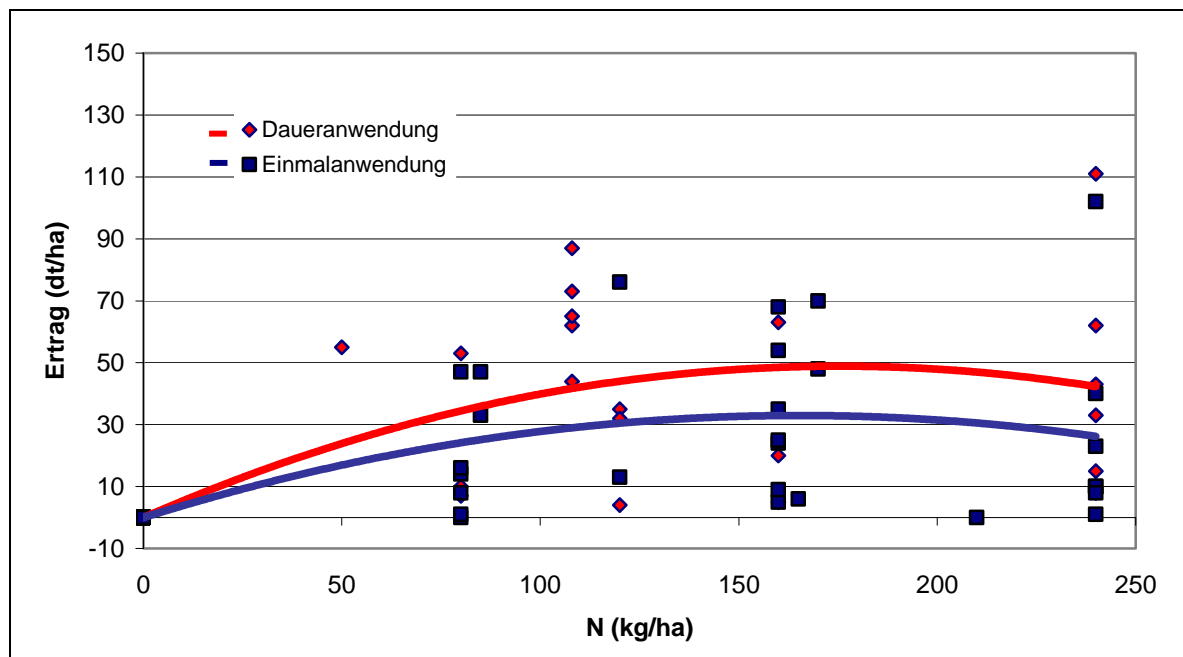
## Stalldung

Stalldung ist im Ökolandbau ein weit verbreiteter Wirtschaftsdünger, meistens stammt er aus der Rinderhaltung (Abb. 2). 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 von umgerechnet 100 kg N/ha (ca. 200 dt/ha Stallmist) direkt vor dem Kartoffelanbau ist mit einem mittleren Ertragszuwachs an Knollen von nicht ganz 30 dt/ha (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 Stalldung bereits eine deutlichere direkte Wirkung im Anwendungsjahr verbunden ist.

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

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. 2). Es werden um etwas über 10 dt höhere Erträge bei dauerhafter Stalldunganwendung gefunden als im Vergleich zu einer einmaligen direkten Anwendung vor dem Kartoffelanbau.

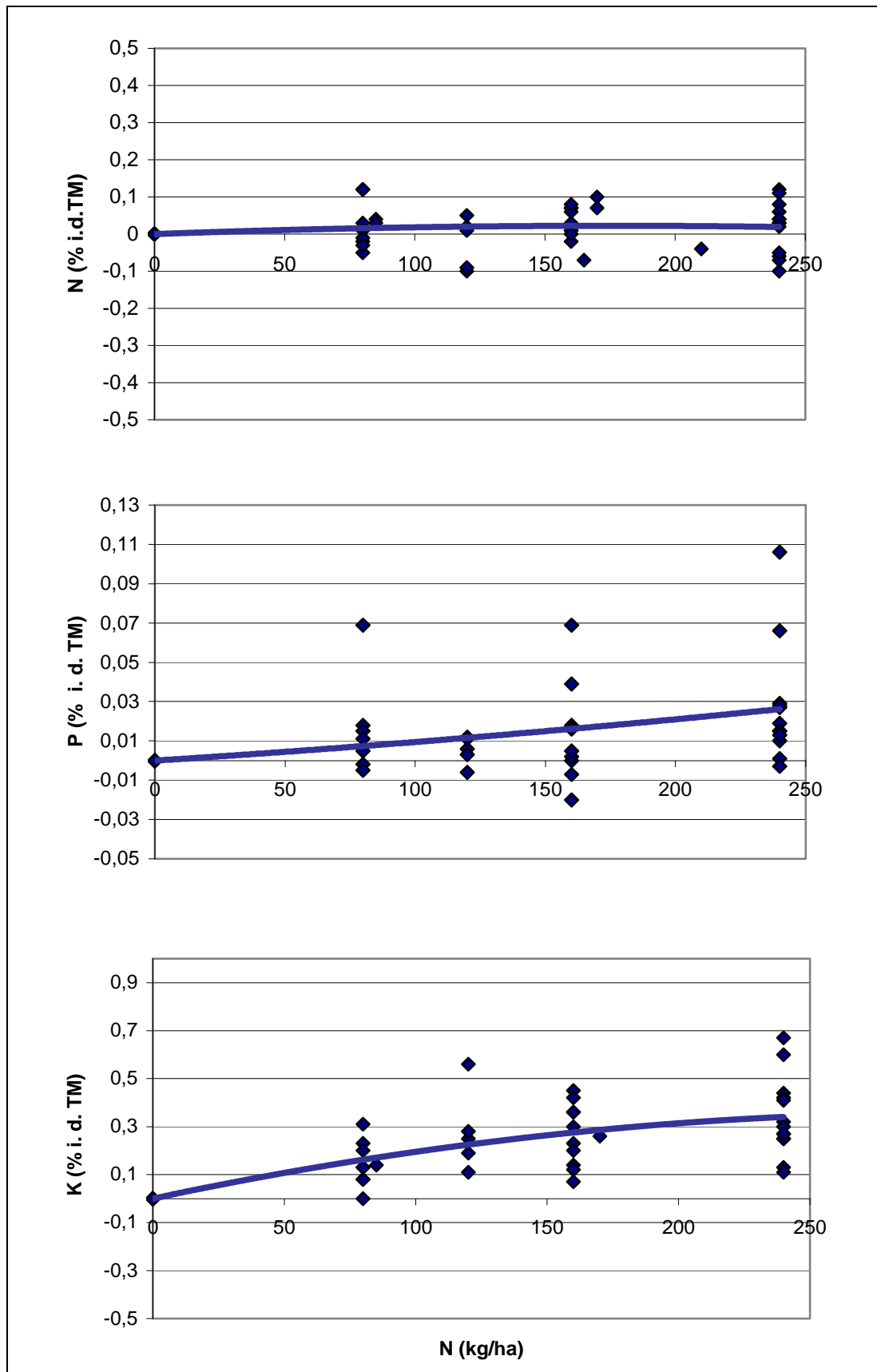
Mit einer Verdopplung der jährlichen Zufuhrmenge an Stalldung auf 200 kg N/ha (ca. 400 dt/ha) werden im Vergleich zur einmaligen Anwendung zwar insgesamt noch Mehrerträge um ca. 48 dt/ha gefunden, doch sinkt die Effizienz des eingesetzten Stickstoffs bereits deutlich ab.



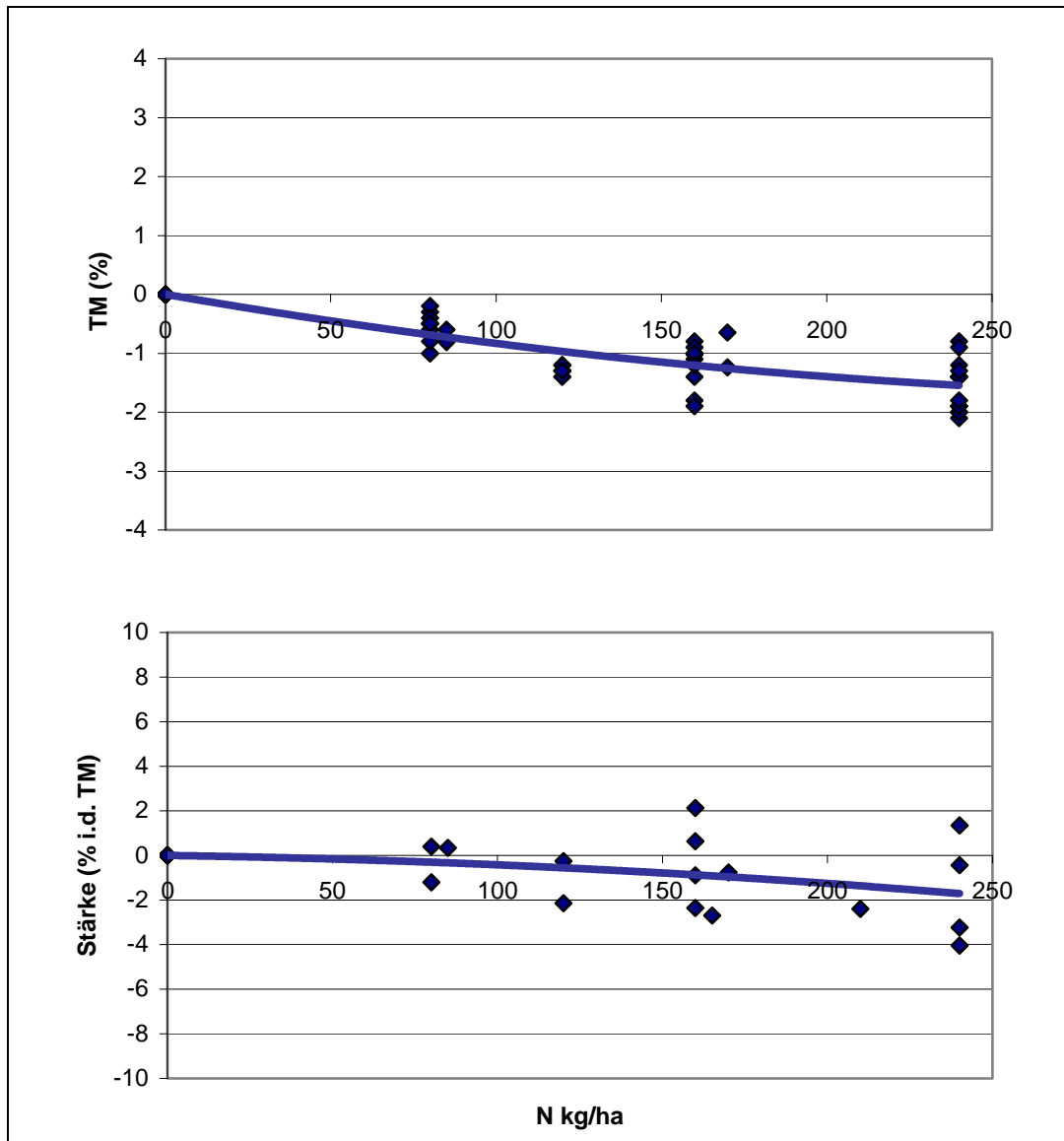
**Abbildung 2: Einfluss steigender Gaben an Stalldung (berechnet auf Gesamt-N) nach einmaliger und jährlicher Applikation auf die Veränderung der Knollerträge von Kartoffeln (Standard = 255 dt/ha FM)**

Eine organische Düngung hat auch Auswirkungen auf die Qualität der Knollen. Am Beispiel der Stallmisdüngung kann aufgezeigt werden, dass besonders die Kalium-Gehalte auf eine steigende Versorgung deutlich reagieren (Abb. 3). Sie nehmen nach einer relativ 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. 4). 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.

Auch die P-Gehalte der Knollen steigen etwas an, was günstige Wirkungen für die Ausreife und die Lagerfähigkeit der Knollen erwarten lässt. Dagegen ist es mit Stalldung offenbar kaum möglich, eine Überversorgung der Kartoffelkulturen mit dem Nährstoff Stickstoff zu bewirken. Nach 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.



**Abbildung 3: Einfluss steigender N-Zufuhr in Form von Stalldung auf die Veränderung der N-, P- und K- Gehalte in Kartoffelknollen (Standard: N = 1,38 %, P = 0,29 %, K = 1,73 % i.d. TM)**



**Abbildung 4: Einfluss steigender Stallungsgaben (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)**

## 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. niedriger liegen als im Vergleich zu konventionellen Quellen. Nach den bisher vorliegenden Ergebnissen aus Feldversuchen über den Einsatz von Rindergülle zu Kartoffeln bestehen kaum Unterschiede in der Wirkung zwischen beiden Anbauverfahren. Ergebnisse im Knollenertrag aus ökologischem und konventionellem Anbau überschneiden sich sehr deutlich, so dass eine gemeinsame Auswertung erfolgte, da alleine aus ökologischen Versuchen bisher nur wenige Versuchsergebnisse vorliegen (Abb. 5).

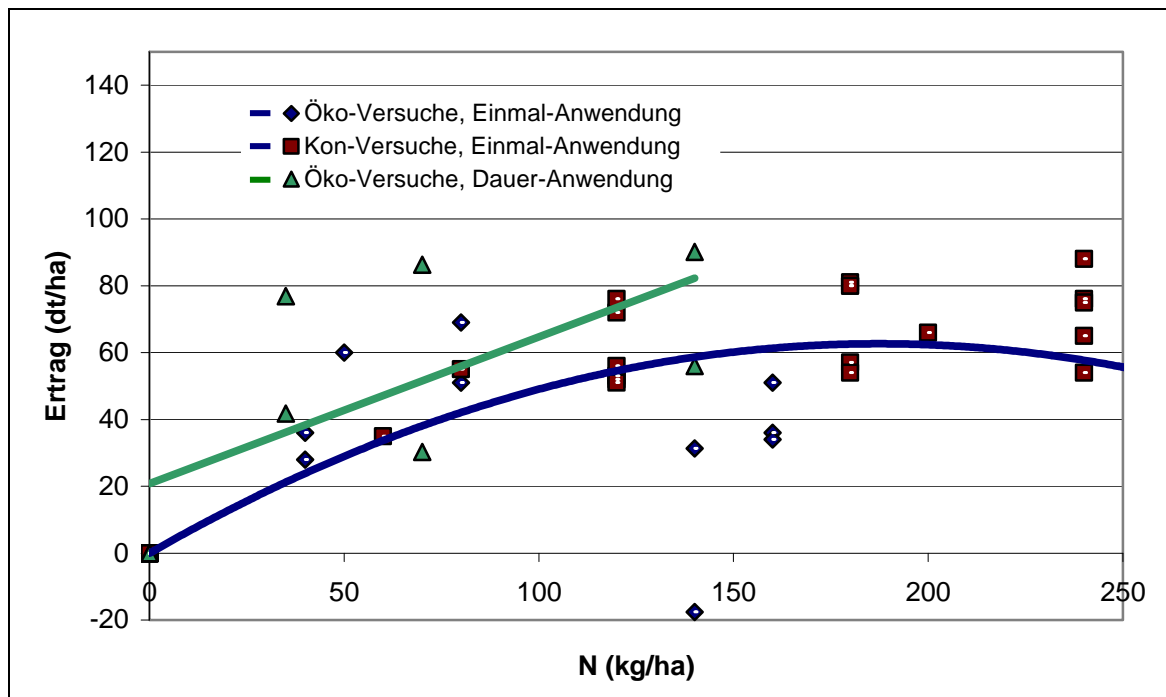
Nach diesen Ergebnissen ist bei einem direkten Einsatz der Gülle zu Kartoffeln von einer deutlichen Ertragswirkung auszugehen. Im Bereich des Einsatzes von 100 kg N/ha (ca. 33 m<sup>3</sup> Gülle, 8 % TM) kann nach Abzug der Standardwerte ohne Düngung ein mittlerer Ertragszuwachs von knapp 50 dt/ha Knollen (0,49 dt/1 kg N) erwartet werden. Dieser Ertragszuwachs liegt fast doppelt so hoch wie bei der kurzfristigen Stalldungwirkung und weist auf die ausgeprägte direkte Wirkung der Gülle hin.

Mit steigendem Gülleeinsatz nimmt der Ertragszuwachs allerdings deutlich ab, wie an der Krümmung der Kurve zu erkennen ist. Außerdem nimmt die Streuung der ermittelten Knolenerträge zu, so dass bei einer doppelt so hohen Güllezufuhr mit 62 dt/ha bereits maximale Ertragswerte erreicht werden, und die Effizienz der eingesetzten N-Zufuhr deutlich abfällt. Nach diesen Ergebnissen können optimale Zufuhrmengen an Rindergülle für die Kartoffelproduktion zwischen 15 m<sup>3</sup> und höchstens 35 m<sup>3</sup>/ha veranschlagt werden. In diesem Bereich werden sowohl deutliche Ertragszuwächse als auch hohe Effizienzwerte in der N-Verwertung gewährleistet.

Auch über die Dauerwirkung von Gülle liegen nur wenige Ergebnisse aus eigenen Öko-Versuchen in Sachsen vor. Die Humifizierungswirkung der Gülle liegt nach der VDLUFA-Methode zur Humusbilanzierung bei 9 kg C/m<sup>3</sup>. Nach Umrechnung auf TM-Basis liegen diese Werte niedriger als von Kompost oder auch von Stallung. 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. Aus Abbildung 5 kann bei Daueranwendung ein Mehrertrag von mindestens 60 dt/ha abgelesen werden. Das sind lediglich 10 dt/ha höhere Werte als bei einmaliger Güllezufuhr.

Auswertungen von vielen Dauerversuchen haben zudem zutage gefördert, dass offenbar mit steigendem jährlichen Gülleeinsatz die Humifizierungswirkung nicht deutlich abnimmt. Dieses im Vergleich zu den Festmistern entgegengesetzte Ergebnis kann wie folgt erklärt werden. Bei steigendem Festmisteinsatz erfolgt eine direkte lockernde Wirkung auf den Boden, womit dann eine Zunahme der Umsetzungstätigkeiten des Bodens verbunden ist. Bei steigendem Gülleeinsatz kann es dagegen zu einer verschlammenden Wirkung auf die Bodensubstanz kommen. Hierdurch wird die Durchlüftung und der Umsetzungstätigkeit herabgesetzt, so dass ein geringerer Abbau der eingebrachten organischen Substanz des Bodens erfolgen kann. 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.

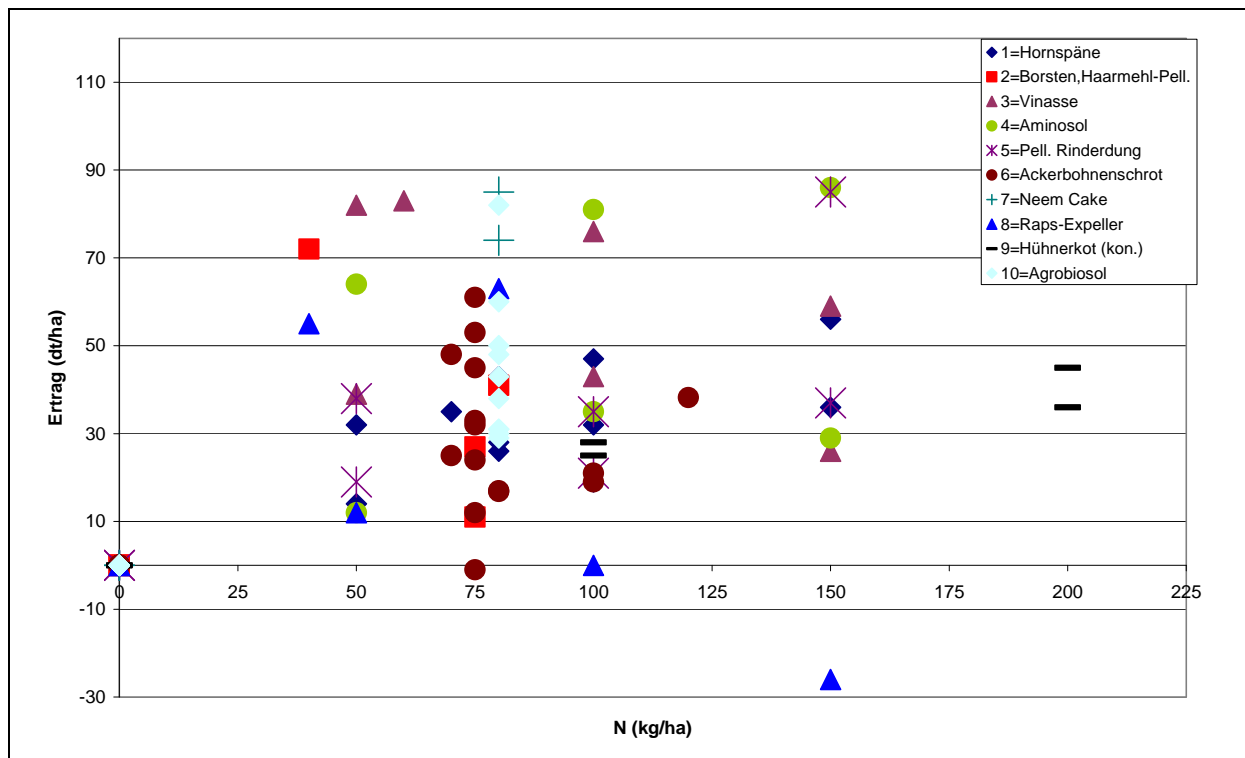


**Abbildung 5: Einfluss steigender N-Zufuhr in Form von Gülle nach einmaliger und jährlicher Applikation auf die Veränderung der Knollenerträge bei Kartoffeln (Standard = 260 dt/ha FM)**

### Organische Handelsdüngemittel

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

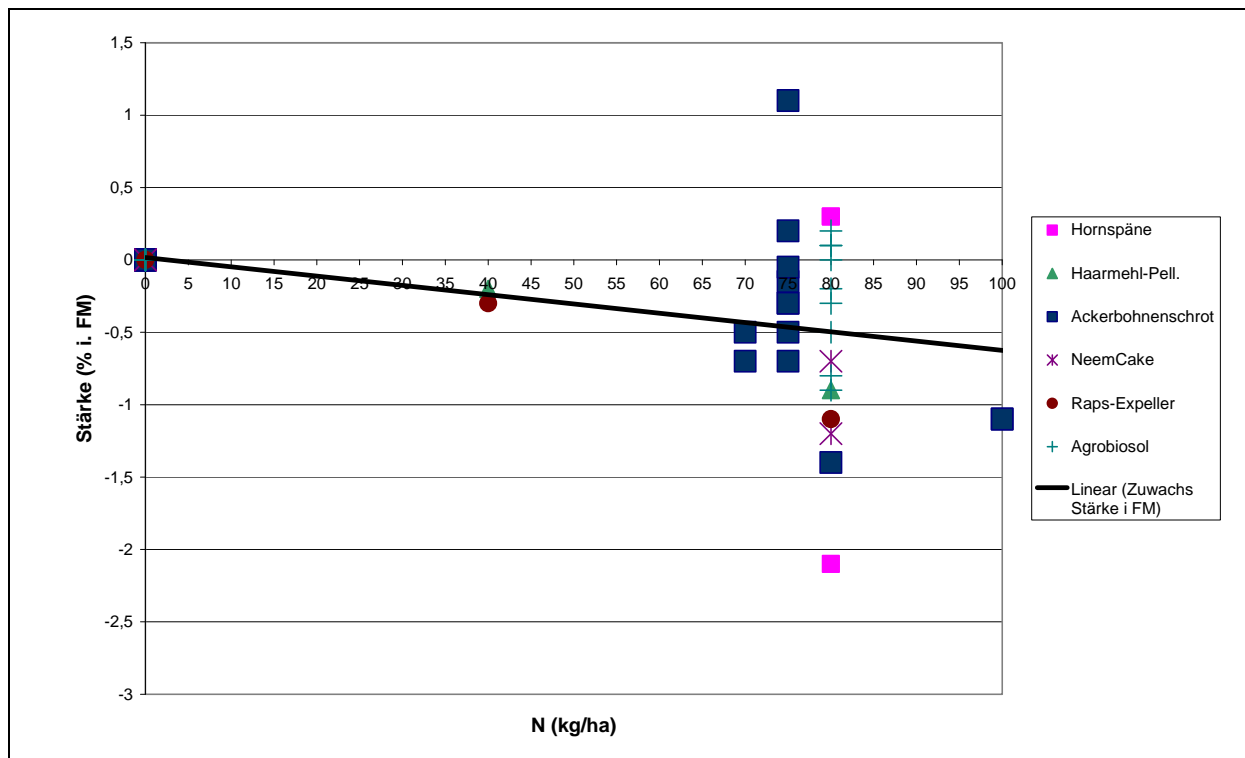
Bei einem Einsatz von 75 – 100 kg N/ha in Form dieser Handelsprodukte wird ein stark unterschiedlicher Ertragszuwachs zwischen 10 – 85 dt/ha erwirtschaftet (Abb. 6). Da Raps-Expeller, pelletierter Rinder- oder Hühnerkot, Ackerbohnschrot und Hornspäne nach diesen zusammengefassten Ergebnissen einen durchschnittlichen Mehrertrag zwischen 25 – 35 dt/ha erreichen, sind diese Düngemittel in etwa vergleichbar mit den vorgestellten Ergebnissen der Festmiste. Mittlere Ertragswirkungen von Haarmehlpellets können bei 38 dt/ha, von Agrobiosol bei 44 dt, von Aminosol bei 51 dt und von Vinasse bei 58 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.



**Abbildung 6: Einfluss von organischen Handelsdüngern (Bemessung auf Basis Gesamt-N) auf die Veränderung der Knollenerträge bei Kartoffeln**

Wie dieser Vergleich zwischen den Handelsprodukten und den üblichen Düngemitteln zeigt, weisen sie je nach Art mit den Hofdüngern 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. Viele dieser Produkte scheinen 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. Mit einigen Produkten scheinen auch die Stärkegehalte (i.d. FM) abzunehmen (Abb. 7). Für viele Qualitätsmerkmale liegen z.Zt. noch keine Erkenntnisse vor.





**Abbildung 7: Einfluss von organischen Handelsdüngern (Bemessung auf Basis Gesamt-N) auf die Veränderung der Gehalte an Stärke in Kartoffelknollen**

## Fazit

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 festgelegt werden.

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.

Die Mehrerträge setzten sich folgender Maßen zusammen:

- **Mehrertrag bei einmaliger Anwendung:**
  - + Kompost                    100 % (= 20 – 30 dt/ha Mehrertrag)
  - + Stalldung                   115 – 130 %
  - + Gülle                         150 – 165 %
  - + Handelsdünger            120 – 180 %

- **Mehrertrag bei jährlicher Anwendung im Vergleich zur Einmal-Anwendung (= 100 %):**

- + Kompost                    150 – 200 %
- + Stalldung                 130 – 150 %
- + Gülle                        120 – 140 %.

Einen zusammenfassenden Überblick über optimale Aufwandmengen sowie das zu erwartende Ertragspotenzial und die Wirkung auf die Qualität von Kartoffelknollen gibt Tabelle 1.

**Tabelle 1: Überblick über optimale Aufwandmengen von organischen Düngern, die Nährstoffeffizienz sowie die Ertrags- und Qualitätswirkung bei Kartoffeln**

Düngerart	Anwendung	Optimale Aufwandmenge		Wirkung auf Ertrag und Gehalte an Inhaltsstoffen						
		Dünger-FM (dt/ha bzw. m <sup>3</sup> /ha u. Jahr)	Gesamt-N (kg/ha u. Jahr)	Knollenmehrertrag (dt/ha FM)	N-Effizienz (dt FM/kg N-Gesamt je ha)	Z	P	K	TM	Stärke (i.d. TM)
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	35 (25 – 45)		(++)	?	(+)	(-)	?
Pell. Rinderdung	Kurz		50 – 100	30 (20 – 35)		(+)		(+)	(-)	
Vinasse	Kurz		50 – 100	58 (35 – 75)		(+)		(+)	(-)	
Raps-Expeller	Kurz		50 – 100	26 (10 – 55)		(+)		(-)	-	
Hornspäne	Kurz		50 – 100	34 (15 – 50)		(++)		(-)	?	
Haarmehl-Pellets	Kurz		50 – 100	38 (20 – 60)		(++)		(-)	-	
Ackerboh-nenschrot	Kurz		50 - 100	30 (15 – 50)		(+)		?	-	
Aminosol	Kurz		50 - 100	51 (30 – 70)		(+)		?	?	
Agrobiosol	Kurz		50 - 100	44 (30 – 70)		(+)		?	(-)	

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

**Literaturliste**

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 variiertes 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. Hort.* **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
- KOCH, W. (2008): Wenn der Mist fehlt. *Bauernzeitung* Nr. 2, 28 - 30
- 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/joomla/Dokumente/Standpunkte/08-humusbilanzierung.pdf>
- KOLBE, H. (2006a): Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, FB Pflanzliche Erzeugung, Leipzig (unveröffentlichte Versuchsergebnisse)
- KOLBE, H. (2006b): 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. & 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 Rottmistdüngung 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. (2003): Leitbetriebe Ökologischer Landbau in Nordrhein-Westfalen, Versuchsbericht 2003. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Bonn
- PAFFRATH, A. (2004): Leitbetriebe Ökologischer Landbau in Nordrhein-Westfalen, Versuchsbericht 2004. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Bonn
- PAFFRATH, A. (2005): Leitbetriebe Ökologischer Landbau in Nordrhein-Westfalen, Versuchsbericht 2005. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Bonn
- PAFFRATH, A. (2006): Leitbetriebe Ökologischer Landbau in Nordrhein-Westfalen, Versuchsbericht 2006. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, 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 Lehmstandort. 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