

# Fruchtfolgestellung und N-Versorgung von Kartoffeln im Ökologischen Landbau sowie Möglichkeiten der Überprüfung des N-Versorgungsstatus

WILFRIED DREYER<sup>1</sup>, HERWART BÖHM<sup>2</sup>, JANA F DRESOW<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ökoring e.V., Bahnhofstr. 15, 27374, Visselhövede, w.dreyer@oekoring.de

<sup>2</sup> Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Ökologischen Landbau, Trenthorst,  
23847 Westerau, herwart.boehm@vti.bund.de

## Zusammenfassung

Untersucht wurden auf 272 Schlägen der beteiligten Projektbetriebe die Fruchtfolgestellung der Kartoffel und die ergänzenden Düngungsmaßnahmen in ihrer Wirkung auf den Ertrag, den Gehalten an Stärke und Nitrat. Dabei zeigten sich kaum monokausale Zusammenhänge, da das Anbaumanagement sehr betriebsindividuell gestaltet wird. Daher bietet eine Überprüfung der N-Versorgung im wachsenden Bestand wie z.B. mit der Nitratstängelsaft- oder der Blattanalyse eine gute Möglichkeit. Es zeigte sich, dass zu Beginn der Entwicklung der Kartoffeln eine gute N-Versorgung vorlag. Nach der Blüte lagen die Nitratgehalte oftmals unter den Richtwerten des konventionellen Kartoffelanbaues, so dass eine gute Abreife bei niedriger N-Versorgung möglich war. Die Blattanalyse zeigte in den meisten Fällen N-Gehalte, die an der unteren Grenze der empfohlenen Richtwerte lagen. In der Aussage stimmen beide Methoden recht gut überein.

*Schlüsselworte: Kartoffel, Vorfruchtwirkung, organische Düngung, Stängelsaftmethode, Blattanalyse, Berechnung*

## Abstract

### **Crop rotation position and N supply of potatoes in organic farming, and possibilities to check N-supply status**

The effect of the position of the potato in crop rotation and supplemental fertilization measures on yield, starch and nitrate were examined on 272 fields of the participating project farms. This revealed hardly any mono-causal correlations, since cultivation management is organised very differently by each individual farm. Examination of N supply in growing stock, such as with stem sap nitrate or leaf analysis, is therefore a good option. It became evident that when the potatoes were starting to develop, a good N supply was present. After flowering, the nitrate levels were often below the standards of conventional potato cultivation, so that good ripening at low N supply was possible. Leaf analysis revealed in most cases N concentrations which were at the lower limit of the recommended values. In the conclusions reached, both methods are quite consistent.

*Keywords: potato, preceding crop, organic fertilization, stem sap method, leaf analysis, irrigation*

## Einleitung

Für die Erzeugung von qualitativ hochwertigen Speisekartoffeln im ökologischen Anbau ist die ausreichende Versorgung mit Pflanzennährstoffen ein wichtiger Faktor. Von diesen Nährstoffen ist der Stickstoff besonders wichtig für Ertragsbildung (Alva 2004), Größensortierung, optische und sensorische Qualität. Stickstoff beeinflusst die Qualitätsbildung in starkem Maße (Amberger 1978, Jamaati-e-Somarin et al. 2009, Casa et al. 2005; Kolbe 1990, Storey und Davies 1992), so auch die Nitrat- (Wadas et al. 2005) und Stärkegehalte (Hunnius 1972) sowie die Kocheigenschaften (Möller et al. 2003) und den Geschmack der Kartoffeln (Fischer 1991, Müller 1983, Nitsch 2003).

Die Steuerung der Stickstoffversorgung gestaltet sich im Ökologischen Landbau schwierig, da diese überwiegend indirekt über den Anbau von Leguminosen oder durch den Einsatz organischer Dünger pflanzlicher oder tierischer Herkunft bereitgestellt wird (Böhm 2002, Meinck & Kolbe 1998). Die sich daraus ergebende Mineralisationsleistung des Bodens sowie der eingesetzten organischen Dünger ist dabei schwer abzuschätzen und kann je nach Witterungs- und Standortbedingungen neben einer Unterversorgung aber auch zu einer Überversorgung mit Stickstoff führen. Ist die N-Versorgung zu niedrig, kann das Ertragspotenzial nicht ausgeschöpft werden. Aber auch auf Grund der Probleme wie Qualitätseinbußen oder Umweltbelastungen (Randall & Mulla 2001), die mit einer überhöhten Stickstoffdüngung einhergehen und den von vielen Vermarktungspartnern gewünschten niedrigen Nitratwerten in Kartoffeln, gibt es Anstrengungen, die Stickstoffversorgung der Kartoffeln besser abzuschätzen und eine darauf abgestimmte, möglichst optimale Düngung durchzuführen. Eine kurzfristige Steuerung der N-Versorgung während der Vegetationsperiode ist bei Anwendung der im Ökologischen Landbau zur Verfügung stehenden N-Quellen nicht möglich, dennoch ist der

Einsatz von kostengünstigen Schnellmethoden zur Überprüfung der N-Versorgung im ökologischen Kartoffelbau als ergänzendes Instrument in der Beratung zur Ableitung von Anbauempfehlungen von Interesse. Ein weiterer Grund hierfür ist, dass Stickstoff besonders im Ökologischen Landbau ein teureres und knappes Betriebsmittel ist und möglichst optimal eingesetzt werden muss.

Innerhalb des Projektes wurden daher hinsichtlich der N-Versorgung folgende Fragestellungen behandelt:

- (1) Welche Maßnahmen (Vorfrucht, Düngung) kommen im ökologischen Kartoffelbau hinsichtlich der Stickstoffversorgung in der Praxis zum Einsatz?
- (2) Welche Informationen können aus Untersuchungen der Stängelnitratgehalte für den ökologischen Kartoffelanbau abgeleitet werden?
- (3) Wie stellt die Methode der Blattuntersuchung auf Stickstoff im Vergleich zur Stängelnitratuntersuchung die N-Dynamik dar?
- (4) Was kann aus den  $N_{\min}$ -Gehalten zum Zeitpunkt des Auflaufens der Kartoffeln hinsichtlich der N-Versorgung abgeleitet werden?

## Material und Methoden

### Auswertungen zu Vorfrucht und Düngung der beteiligten Projektbetriebe

In den Jahren 2007 – 2009 wurden auf den 49 Projektbetrieben (s. Böhm et al. 2011, in diesem Heft) insgesamt 277 Schläge in die Auswertung einbezogen, auf denen Kartoffeln angebaut wurden. Die Auswertungen erfolgten hinsichtlich der vor Kartoffeln angebauten Kulturen sowohl bezogen auf die direkte Vorfrucht als auch auf die Vorvor- und Vorfruchtkombinationen. Des Weiteren wurde erfasst, welche Düngerarten auf den jeweiligen Schlägen zu Kartoffeln eingesetzt wurden.

### **Nitratbestimmung im Stängelsaft**

Je Probe wurden auf dem zu untersuchenden Schlag in 3 unterschiedlichen Bereichen jeweils 30 Kartoffelstängel (Haupttriebe) von 30 verschiedenen Pflanzen gezogen, die anhaftende Erde wurde trocken entfernt und ein Stängelstück von 1 cm Länge am Stängelgrund abgeschnitten (die Stelle, die gerade noch in der Erde war, d.h. hellgrüner bis weißer Stängelteil). Anschließend wurde die Probe in einer Plastiktüte auf dem Transport kühl gelagert und anschließend eingefroren (vgl. Nitsch 2003).

Die Stängelnitratuntersuchungen wurden 2008 auf 27 Schlägen und 2009 auf 26 Schlägen durchgeführt. Aufgrund von Messproblemen im Jahre 2007 (Proben waren zu lange aufgetaut und eine Nitritfärbung führte zu ungenauen Messergebnissen) konnten diese Ergebnisse nur zum Teil verwertet werden und sind damit nicht Teil der Gesamtauswertung.

In der Regel wurde eine 3-malige Beprobung während der Vegetationsperiode auf den ausgewählten Schlägen durchgeführt. Auf einem Teil der Betriebe (12 in 2009 bzw. 11 in 2008) konnte nur eine 2-malige Beprobung durchgeführt werden, dagegen erfolgten die im Rahmen des Methodenvergleiches der Stängelsaftmethode mit der Blattanalyse eine bis zu 6-malige Beprobung der Schläge. Für die nachfolgenden Auswertungen für die Stängelsaftanalyse wurden Termine einbezogen, die aufgrund der EC-Stadien vergleichbar waren.

Die Nitratgehalte in den Stängeln wurden mit dem Nitrateck-Reflektometer (Nitrateck 404, QuoMed, Broadbridge Heath, West Sussex, U.K.) untersucht. Zur Messung wurden Nitratsteststreifen der Firma Merck (Merckoquant, Art.-Nr.: 110020; Messbereich 10-500 mg/l NO<sub>3</sub>) eingesetzt. Die Kalibration des Nitrateckgerätes erfolgte mit einer Eichlösung (100 ppm Nitrat).

Die eingefrorenen Stängelproben wurden einen Tag vor der Messung im Kühlschrank

schonend aufgetaut. Sie wurden mittels einer Knoblauchpresse ausgepresst, der gewonnene Saft filtriert (Faltenfilter 3 hw, Fa. Sartorius) und anschließend mit destilliertem Wasser (1:20) verdünnt. Von der verdünnten Probe wurden zwei Aliquote entnommen und jeweils eine Dreifach-Bestimmung durchgeführt. Hierzu wurde der Teststreifen in den Streifenträger des Nitrateck-Gerätes eingeführt und sofort nach Anzeige der Messbereitschaft für ca. 1 Sekunde in den verdünnten Stängelsaft eingetaucht und erneut in den Streifenträger eingeführt. Nach 60 Sekunden konnte der Nitratgehalt abgelesen werden.

### **Bestimmung des Blattstickstoffgehaltes**

Nach der Probennahme erfolgte die Trocknung der Blattproben für drei Tage im Trockenschrank bei 60°C mit anschließender Lagerung bei Raumtemperatur. Zur Stickstoffbestimmung wurden die Blattproben vor der Vermahlung mit einem 1 mm-Sieb (Mühle Cyclotec 1093, Fa. Foss Tecator) nochmals für 24 Stunden bei 50 °C getrocknet. Die Analyse erfolgte mit einem Elementar Analyzer (Euro EA, Fa. Hekatech). Hierzu wurden 5 bis 9 mg der gemahlten Kartoffelblätter in Zinnkapseln eingewogen. Neben Stickstoff wurden zusätzlich die Elemente Kohlenstoff und Schwefel analysiert.

### **Bestimmung des N<sub>min</sub>-Gehaltes**

Auf den Flächen, auf denen auch der Stängelnitratgehalt bestimmt worden ist, wurden zusätzlich für die Beschreibung des pflanzenverfügbaren Stickstoffs zu Beginn der Hauptwachstumsphase N<sub>min</sub>-Proben aus den Tiefen 0-30 cm und 30-60 cm entnommen. Der Zeitpunkt der N<sub>min</sub>-Bodenbeprobung war zum Zeitpunkt des Aufganges der Kartoffeln, d.h. in dem Zeitraum von Anfang bis Mitte Mai. Die Untersuchung erfolgte nach VDLUFA (1997).

## Ergebnisse und Diskussion

### Vorfruchtstellung und Düngung

Als Vorfrucht zu Kartoffeln stand in der Mehrzahl Getreide (n=147), gefolgt von Futter- und Körnerleguminosen (n = 59 bzw. 31) sowie Feldgemüse (n = 14) und sonstige Vorfrüchte (Öl- und Faserpflanzen, reines Ackergras etc., n = 26) (Tabelle 1).

Die zu den Kartoffeln ausgebrachten Stickstoffmengen in Form organischer Dünger (kg N<sub>t</sub>/ha) variierten in Abhängigkeit der

nur zum Teil beeinflusst. Im Durchschnitt der 3 Sorten fiel der Ertrag nach Vorfrucht Körnerleguminose am niedrigsten aus, nur der Ertrag der Sorte Nicola war nach Vorfrucht Körnerleguminose etwas höher als nach Vorfrucht Gemüse. Die Berechnungen der Rangkorrelationskoeffizienten zeigten keine oder nur schwache Zusammenhänge für die 3 Jahre (R = -0,240 (2007), R = 0,098 (2008) und R = 0,210 (2009)). Die in 2007 sogar schwach negative Korrelation könnte durch die schwierigen Witterungsverhältnisse mit dem frühzeitigen Befall durch *Phy-*

Tabelle 1: Erträge, Nitrat- und Stärkegehalte in Abhängigkeit unterschiedlicher Vorfrüchte und der zugehörigen ergänzenden N-Menge durch die Ausbringung organischer Dünger

		Vorfrüchte				
		Futterleguminose	Körnerleguminose	Getreide	Gemüse	sonstige Vorfrüchte
<b>Princess</b>	Anzahl Schläge (n)	15	8	58	5	9
	N-Düngung (Nt/ha)	27	86	73	61	85
	Ertrag (dt/ha)	231	177	263	264	256
	Nitrat (mg/kg FM)	154	202	147	183	138
	Stärke (% in der FM)	9,9	8,8	9,9	10,6	9,9
<b>Ditta</b>	Anzahl Schläge (n)	27	11	41	6	12
	N-Düngung (Nt/ha)	57	63	68	54	62
	Ertrag (dt/ha)	261	234	273	273	263
	Nitrat (mg/kg FM)	92	97	91	71	96
	Stärke (% in der FM)	12,5	11,8	12,4	12,6	12,3
<b>Nicola</b>	Anzahl Schläge (n)	17	12	48	3	5
	N-Düngung (Nt/ha)	47	51	75	71	85
	Ertrag (dt/ha)	266	255	309	237	280
	Nitrat (mg/kg FM)	108	99	101	77	106
	Stärke (% in der FM)	13,4	13,3	13,5	13,8	12,6
<b>Mittel</b>	Anzahl Schläge (n)	59	31	147	14	26
	N-Düngung (Nt/ha)	44	67	72	62	77
	Ertrag (dt/ha)	253	222	282	258	266
	Nitrat (mg/kg FM)	118	133	113	110	113
	Stärke (% in der FM)	11,9	11,3	11,9	12,3	11,6

Vorfrüchte zwischen 27 und 86 kg N<sub>t</sub>/ha, wobei im Durchschnitt der Sorten nach Vorfrucht Futterleguminose die Düngung am niedrigsten war (44 kg N<sub>t</sub>/ha) und bei den übrigen Vorfrüchten auf einem vergleichbaren Niveau zwischen 62 und 77 kg N<sub>t</sub>/ha lag (Tabelle 1).

Die Ertragshöhe wurde von den Vorfrüchten bzw. den zusätzlich ausgebrachten Düngern

*tophthora infestans* zurückzuführen sein.

Die höchsten Erträge wurden jedoch nach Vorfrucht Getreide erzielt, wobei die ausgebrachte N-Menge sich mit Ausnahme der Vorfrucht Futterleguminose nicht wesentlich von den übrigen Vorfrüchten unterschied. Hier könnte eventuell die Vorvor- und Vorfruchtkombination eine Rolle spielen, die im Weiteren noch dargestellt und diskutiert

wird. Dennoch stehen die Ergebnisse nicht in Übereinstimmung mit Ergebnissen anderer Untersuchungen, in denen die Erträge von Kartoffeln nach Vorfrucht Getreide in der Regel am niedrigsten ausfielen (Paffrath 2003, Möller 2001, Haase et al. 2006). In diesen Untersuchungen wurden höhere Kartoffelerträge meist nach Klee gras und nach Körnerleguminosen festgestellt.

Eine wesentliche Beeinflussung der Nitratgehalte in den Kartoffelknollen durch die unterschiedlichen Vorfrüchte oder die Düngungsmaßnahmen konnte nicht beobachtet werden. Die Rangkorrelationen lagen für die 3 Jahre zwischen  $R = 0,122$  und  $-0,032$  für die ausgebrachte N-Menge in Form organischer Dünger und für die Vorfrüchte zwischen  $R = 0,159$  und  $-0,137$ . Die Knollen

Sorten am höchsten und im Vergleich zu Vorfrucht Körnerleguminose bis zu einem Prozent (12,3 vs. 11,3 % in der FM) höher ausfielen.

Die Auswertung der Vorfrucht Kombination zeigt ein differenzierteres Bild mit dem Ergebnis, dass die Kartoffeln auf den Projektbetrieben in der Mehrzahl nach 2-maligem Anbau von Getreide angebaut wurden, wobei die Höhe der zusätzlich ausgebrachten organischen N-Düngung nicht wesentlich von den anderen Vorfrucht Kombinationen abweicht. Lediglich bei den Vorfrucht Kombinationen Getreide-Futterleguminose und nach zweijährigem Futterleguminosenanbau lag die zusätzlich mit den organischen Düngern ausgebrachte N-Menge deutlich niedriger (Tabelle 2).

Tabelle 2: Erträge, Nitrat- und Stärkegehalte in Abhängigkeit unterschiedlicher Vorfrucht Kombinationen zu Kartoffeln und der zugehörigen ergänzenden N-Menge durch die Ausbringung organischer Dünger

		Vorvorfrucht Kombinationen zu Kartoffeln							
		FL-GT	KL-GT	GM-GT	GT-GT	GT-GM	GT-KL	GT-FL	FL-FL
<b>Princess</b>	Anzahl Schläge (n)	6	7	10	33	5	6	9	2
	N-Düngung (Nt/ha)	90	77	80	65	61	97	34	0
	Ertrag (dt/ha)	295	304	286	243	264	166	259	235
	Nitrat (mg/kg FM)	138	170	164	144	183	230	174	158
	Stärke (% in der FM)	11,1	10,1	10,0	9,5	10,6	8,4	10,2	9,1
<b>Ditta</b>	Anzahl Schläge (n)	8	5	3	18	6	8	19	4
	N-Düngung (Nt/ha)	89	72	71	76	54	70	51	65
	Ertrag (dt/ha)	257	335	262	269	273	251	276	230
	Nitrat (mg/kg FM)	88	84	65	93	71	95	87	142
	Stärke (% in der FM)	11,8	13,3	12,8	12,7	12,6	12,2	12,6	12,7
<b>Nicola</b>	Anzahl Schläge (n)	4	5	9	24	2	9	11	5
	N-Düngung (Nt/ha)	129	52	74	71	106	73	49	41
	Ertrag (dt/ha)	335	306	312	319	240	240	254	302
	Nitrat (mg/kg FM)	127	88	104	99	81	99	110	120
	Stärke (% in der FM)	14,3	13,2	13,2	13,5	13,7	12,9	13,5	12,9
<b>Mittel</b>	Anzahl Schläge (n)	18	17	22	75	13	23	39	11
	N-Düngung (Nt/ha)	102	67	75	71	74	80	44	35
	Ertrag (dt/ha)	296	315	286	277	259	219	263	256
	Nitrat (mg/kg FM)	118	114	111	112	112	141	124	140
	Stärke (% in der FM)	12,4	12,2	12,0	11,9	12,3	11,2	12,1	11,6

wiesen im Durchschnitt der Sorten Nitratgehalte zwischen 110 und 133 mg/kg FM auf. Auffallend war dagegen, dass die Stärkegehalte nach Vorfrucht Gemüse bei allen 3

Gemittelt über die 3 Sorten weisen die Vorfrucht Kombination Getreide-Körnerleguminose die niedrigsten und in der Vorfrucht-

Tabelle 3: Eingesetzte Wirtschaftsdünger zu Kartoffeln und die damit ausgebrachte N-Menge (kg N/ha) auf den Projektflächen in den Jahren 2007 - 2009

	Anzahl Schläge	kg N / ha
kein Wirtschaftsdünger	142	0
Stallmist	33	79
Gülle	13	75
Kombination Mist+Gülle	8	153
Hühnertrockenkot	36	85
Biogasgülle	47	87
Champignonkompost	5	61

Tabelle 4: Eingesetzte Handelsdünger zu Kartoffeln und die damit ausgebrachte N-Menge (kg N/ha) auf den Projektflächen in den Jahren 2007 - 2009

	Anzahl Schläge	kg N / ha
ohne Handelsdünger	188	0
Haarmehlpellets	41	83
Bioilsa	25	48
PPL	13	58
Rapsschrot	8	47
Grüngutkompost	6	59
PPL+Haarmehlpellets	3	70

kombination Körnerleguminose-Getreide die höchsten Ertragsleistungen auf.

Die Nitratgehalte unterscheiden sich im Durchschnitt der Sorten im Wesentlichen dadurch, dass sie unabhängig von der Vorfrucht nach direkter Vorfrucht nach Getreide auf einem geringeren Niveau liegen als nach direkter Vorfrucht Leguminose (Tabelle 2).

Die Auswertung der eingesetzten Wirtschafts- und organischen Handelsdünger (Tabelle 3 und 4) zeigt, dass auf 127 von insgesamt 284 Schlägen Wirtschaftsdünger (44,7 %) und auf 96 Schlägen organische Handelsdünger (33,8 %) ausgebracht wurden. Auf 57 Schlägen (20 %) wurden weder Wirtschafts- noch organischer Handelsdünger eingesetzt. Wichtigste Wirtschaftsdünger waren dabei neben Stallmist vor allem Biogasgülle und Hühnertrockenkot. Bei den Handelsdüngern kamen überwiegend Haarmehlpellets und Bioilsa zum Einsatz.

### Nitratgehalte im Stängelsaft

Die Werte im ökologischen Kartoffelanbau liegen gegenüber den im konventionellen Anbau erstellten Vergleichswerten (Nitsch 2003) im frühen Bereich (EC 40-50) über diesen Vergleichswerten, im EC-Stadium 50-60 auf der Höhe der Vergleichswerte und im späteren Bereich unter den Vergleichswerten (Abb. 1).

Dies bedeutet, dass im Durchschnitt die Bedingungen für ein optimales Kartoffelwachstum gegeben sind. Die durchschnittlich niedrigeren Werte am Ende der Vegetationsperiode deuten darauf hin, dass die Stickstoffmineralisation nur noch in geringem Umfang abläuft und die Kartoffeln bei niedriger Stickstoffverfügbarkeit gut abreifen konnten.

Diese These wird gestützt durch den Vergleich von berechneten und nicht berechneten Flächen: Eine Differenzierung der Proben in Bezug auf den Faktor Berechnung ergab, dass die Messwerte zu EC-Stadium 40-50 bei berechneten und nicht berechneten Kartoffelbeständen vergleichbar waren. Bei den späteren Stadien waren die Nitratgehalte im Stängelsaft in den berechneten Flächen niedriger als auf den unberechneten Flächen (Abb. 2).

Die Ergebnisse der Untersuchungen auf den Nitratgehalt in den Knollen zeigten zudem, dass diese ebenfalls auf den berechneten Flächen niedriger als auf den nicht berechneten Flächen waren (Abb. 3). Dies liegt sicherlich daran, dass die Stickstoffmineralisation auf berechneten Flächen kontinuierlicher verläuft und damit zum Ende der Vegetationszeit weniger Stickstoff zur Verfügung steht. Vergleichbare Ergebnisse liegen aus dem kon-

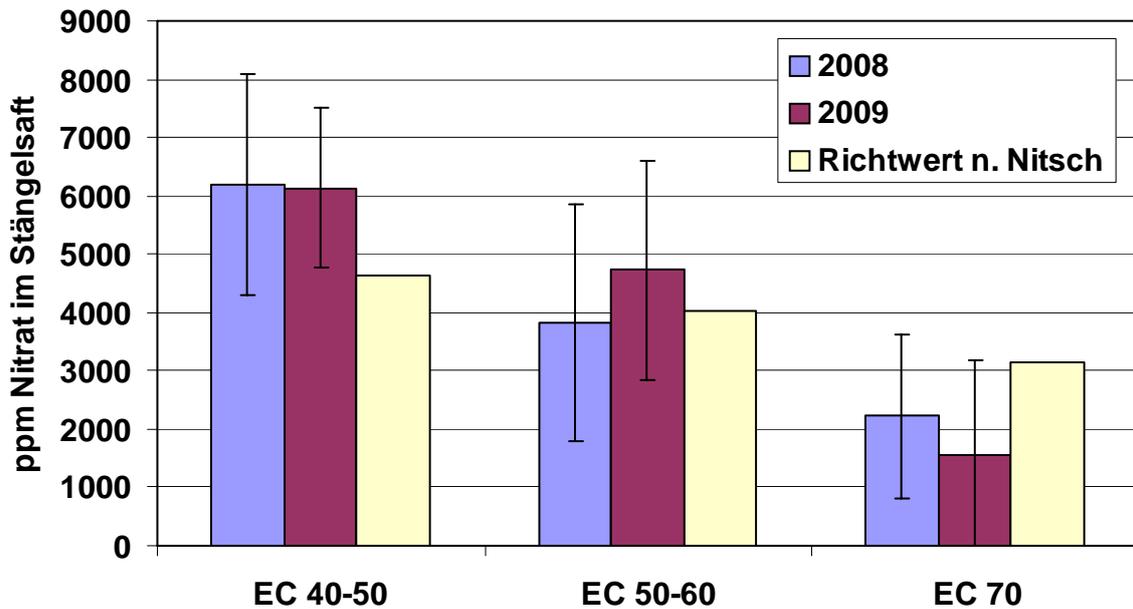


Abbildung 1: Nitratgehalte im Stängelsaft von Kartoffeln zu ausgewählten Wachstumsstadien im Durchschnitt von 27 bzw. 28 ökologisch bewirtschafteten Schlägen in den Jahren 2008 und 2009 im Vergleich zu konventionellen Richtwerten nach Nitsch (2003)

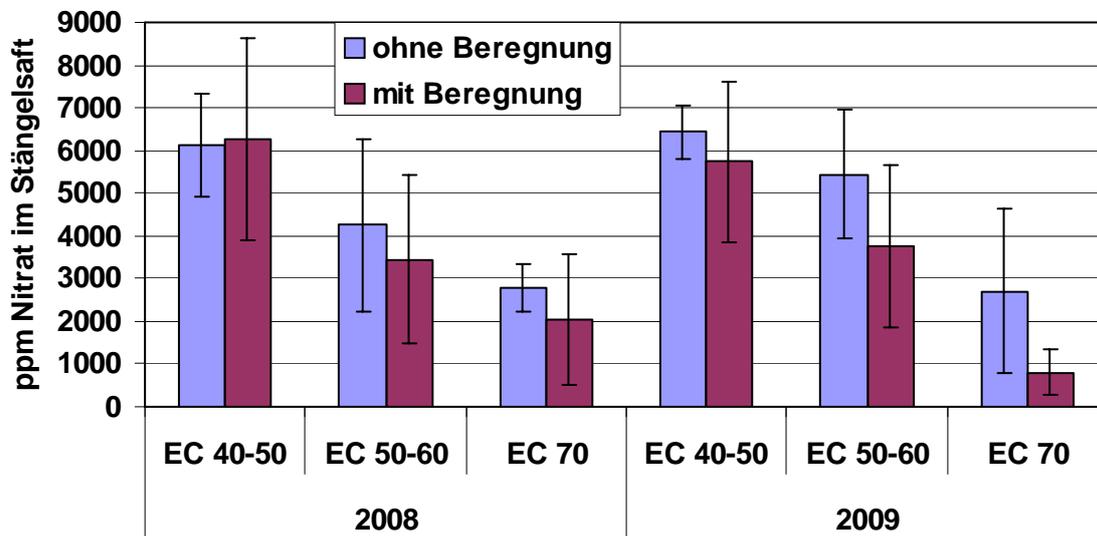


Abbildung 2: Vergleich der Nitratgehalte im Stängelsaft von Kartoffeln mit und ohne Beregnung zu ausgewählten Entwicklungsstadien in den Jahren 2008 und 2009

ventionellem Anbau vor, in denen gezeigt werden konnte, dass der N-Entzug durch die Kartoffelknollen auf beregneten Flächen deutlich höher ist und die  $N_{\min}$ -Gehalte nach

Kartoffeln zum Zeitpunkt der Grundwasserneubildung im Spätherbst durch die wesentlich bessere N-Ausnutzung beregneter Flächen deutlich geringer sind (Fricke 2007).

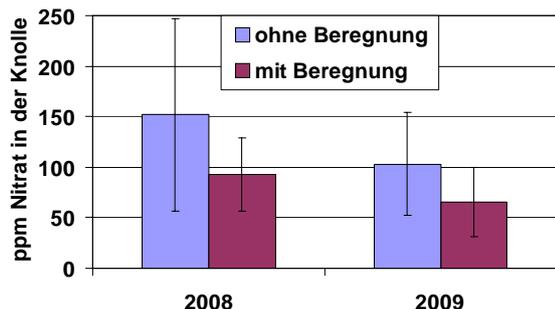


Abbildung 4: Vergleich der Nitratgehalte in den Knollen nach der Ernte in den Jahren 2008 und 2009 (Mittelwerte der Flächen mit Stängelnitratmessungen)

### Gesamtstickstoffgehalte in den Kartoffelblättern

Nach Angaben von Breuer et al. (2003) sollen die  $N_T$ -Gehalte in den gerade voll entwickelten Kartoffelblättern im Knospenstadium (EC 51) 5,1-6,8 %, zu Blühbeginn (EC 61) 4,5-6,0 %, zum Blühende (EC 69) 3,9-5,2 % und bei der Knollenbildung 3,2-4,6 % in der TM betragen.

Die Ergebnisse der Beprobungen in den Jahren 2008 und 2009 (Abb. 5 und 6) zeigen, dass sich die Werte in beiden Jahren in der

Regel im unteren Bereich der von Breuer et al. (2003) angegebenen Bereiche befinden. Somit kann die N-Versorgung dieser hier geprüften ökologisch angebaute Kartoffelbestände zumeist als ausreichend bezeichnet werden, wenngleich ein Teil der Bestände bereits als knapp versorgt angesprochen werden müssen. Dieser Effekt kann in einem System, bei dem sich die N-Nachlieferung ausschließlich aus einem organischen N-Pool rekrutiert, aufgrund der begrenzten Nachlieferung aus diesen N-Quellen relativ schnell einstellen. Dies bedeutet nicht, dass die Bestände zwangsläufig unterversorgt sind. Hierauf deuten auch die zu Beginn der Vegetationsperiode ausreichend hohen Nitratgehalte nach der Stängelsaftanalyse hin.

### Methodenvergleich

In einem weiteren Schritt wurde geprüft, inwieweit sich beide Methoden für eine Beschreibung des N-Versorgungszustandes in der Vegetationsperiode eignen. Die Daten zeigen einen linearen Zusammenhang zwischen den  $NO_3$ -Gehalten im Stängelsaft und den  $N_T$ -Gehalten im Kartoffelblatt, d.h. mit steigendem  $N_T$ -Gehalt im Blatt ist auch ein

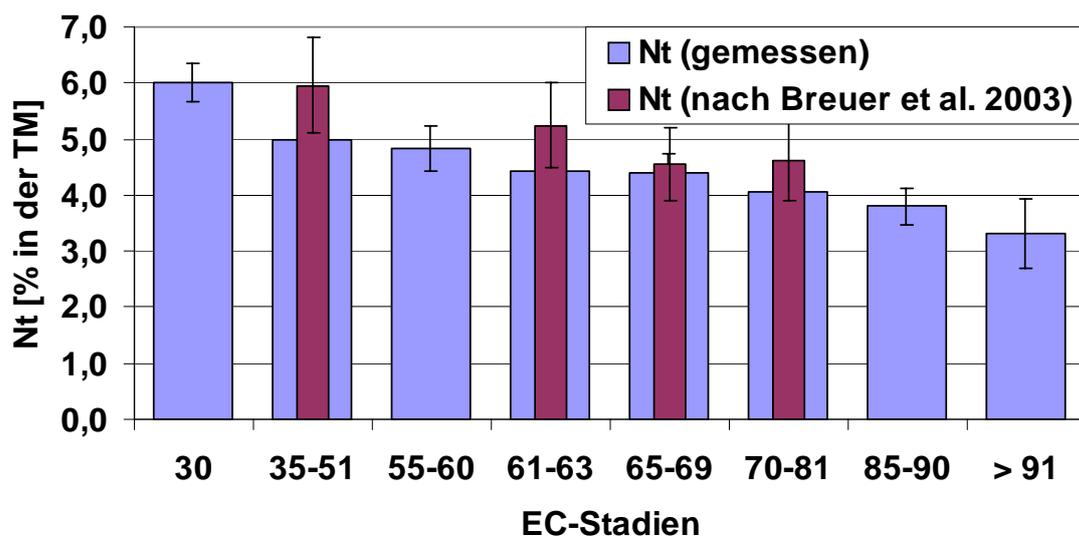


Abbildung 5: Gesamtstickstoffgehalte in den Kartoffelblättern im Durchschnitt von 4 Kartoffelbeständen in Abhängigkeit der EC-Stadien im Jahr 2008 im Vergleich zu den Angaben von Breuer et al. (2003)

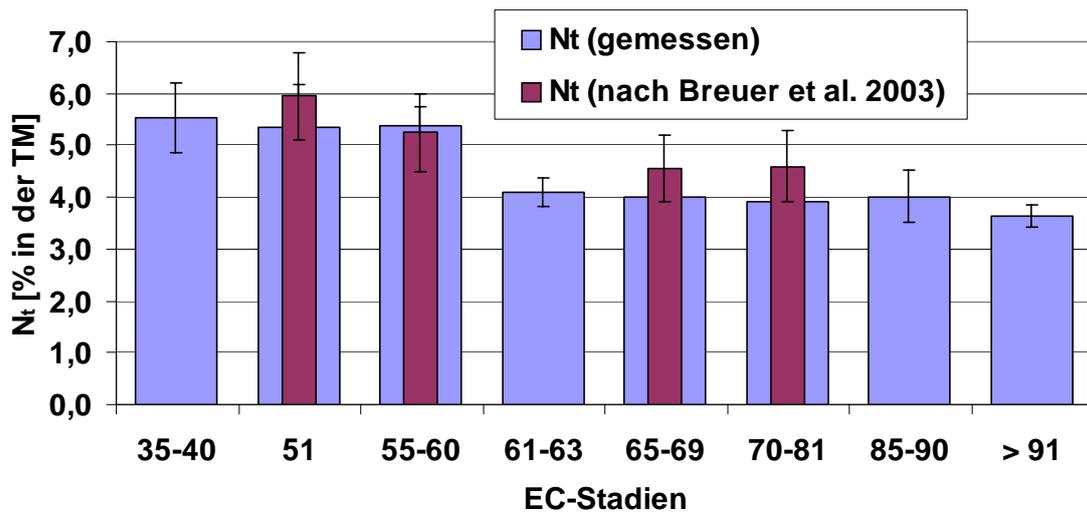


Abbildung 6: Gesamtstickstoffgehalte in den Kartoffelblättern im Durchschnitt von 5 Kartoffelbeständen im Jahr 2009 im Vergleich zu den Angaben von Breuer et al. (2003)

höherer  $\text{NO}_3$ -Gehalt im Stängelsaft zu verzeichnen. Über beide Versuchsjahre betrachtet, wurden sortenspezifische Bestimmtheitsmaße von 0,749 (Ditta), 0,629 (Nicola) und 0,546 (Princess) sowie über alle Daten ein Bestimmtheitsmaß von 0,585 ermittelt (Abb. 7).

Ein deutlicher Sorteneffekt ist aus diesen Daten nicht abzuleiten. Die Unterschiede im Bestimmtheitsmaß ( $R^2$ ) einer Sorte in den

beiden Jahren sind ausgeprägter als das Bestimmtheitsmaß der drei Sorten über zwei Jahre gemittelt. Vielmehr muss ein Einfluss von unterschiedlichen Witterungsverhältnissen als auch unterschiedlichen ackerbaulichen Maßnahmen auf die Korrelationswerte in Betracht gezogen werden. Bei der Bewertung des  $R^2$  ist darüber hinaus zu beachten, dass es sich bei den  $\text{N}_t$ -Gehalten im Blatt im Vergleich zu den  $\text{NO}_3$ -Gehalten im Stängel-

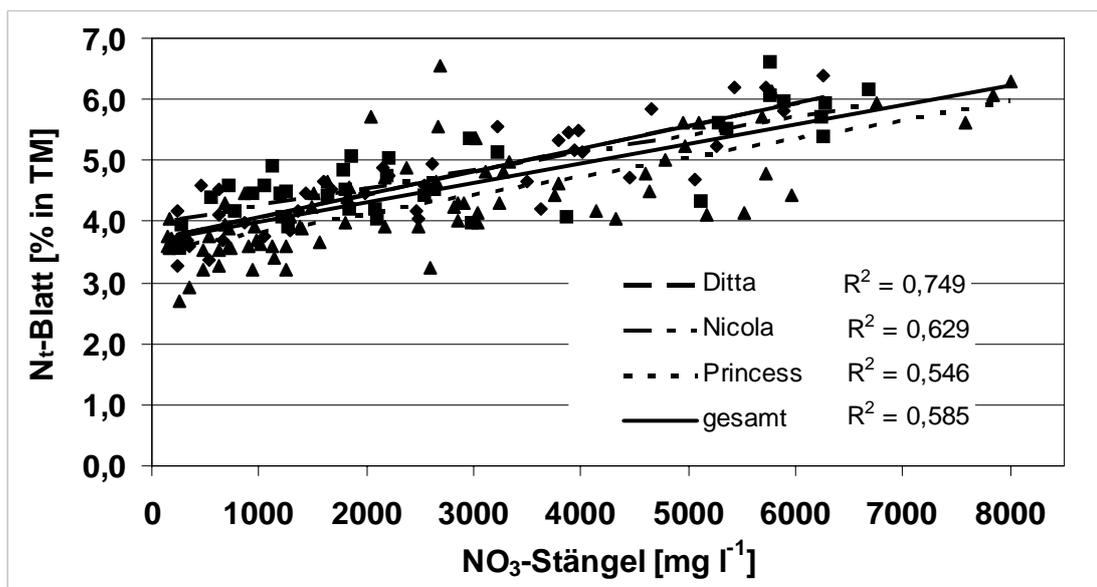


Abbildung 7: Zusammenhang zwischen  $\text{NO}_3$ -Gehalt im Stängelsaft und  $\text{N}_t$ -Gehalt im Blatt der drei Sorten Ditta, Nicola und Princess für die untersuchten Schläge in den Jahren 2008 und 2009

saft um die physiologisch gesehen ältere Komponente handelt. Das heißt, der  $\text{NO}_3$ -Gehalt im Stängelsaft ist der zeitnahe Indikator für die N-Versorgung der Pflanze.

### Beziehung des $N_{\min}$ -Gehaltes zu Stängelnitratgehalten, Gesamtertrag und Bodenpunkten

Der  $N_{\min}$ -Gehalt (0-60 cm) bestimmt maßgeblich die Höhe des Nitratgehaltes in den Kartoffelstängeln.

Ertrag zunimmt. Dieser Wert bezieht sich auf die Wertepaare von 2008 und 2009. Werden die beiden Jahre einzeln betrachtet, ergibt sich, dass in 2008 mit einem  $R^2 = 0,40$  eine enge Beziehung zwischen  $N_{\min}$ -Gehalt beim Aufgang und Gesamtertrag besteht. In 2009 ist mit einem  $R^2 = 0,03$  überhaupt kein Zusammenhang zu erkennen. Die Witterungsverläufe der beiden Jahre unterscheiden sich in diesen beiden Jahren deutlich (siehe Böhm et al 2011, in diesem Heft). So sind in 2009 die Monate Mai bis Juli deutlich niederschlagsreicher als in 2008. Möglicherweise

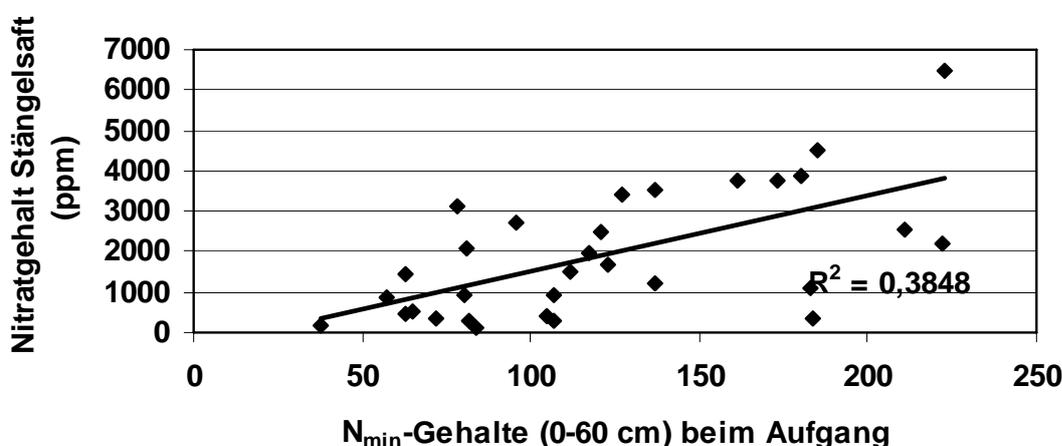


Abbildung 7: Beziehung zwischen dem Gehalt an Nitrat im Stängelsaft zu EC 70 und dem  $N_{\min}$ -Gehalt zum Zeitpunkt des Aufganges der Kartoffeln

Mit einem Bestimmtheitsmaß von  $R^2 = 0,38$  beim Termin der Stängelsaftprobe im EC 70 besteht ein recht guter Zusammenhang zwischen der Höhe des  $N_{\min}$ -Wertes beim Aufgang der Kartoffeln und der Höhe des Stängelsaftnitratgehaltes zum Zeitpunkt EC 70 (Abb. 8). Die Bestimmtheitsmaße zu den früheren Entnahmetermen bei den Stängelsaftproben waren bei EC 40-50 mit  $R^2 = 0,32$  und beim mittleren Termin (EC 50-60) mit  $R^2 = 0,24$  nicht so stark ausgeprägt.

Daraus leitet sich die Frage ab, ob der  $N_{\min}$ -Gehalt auch in einem engen Zusammenhang zu dem Gesamtertrag steht. Mit einem  $R^2 = 0,14$  besteht jedoch nur eine schwache Tendenz, dass mit steigenden  $N_{\min}$ -Gehalten zum Zeitpunkt des Knollenaufganges auch der

führen die geringen Niederschläge in der Hauptvegetationszeit in 2008 dazu, dass die  $N_{\min}$ -Werte im Mai viel stärker die Grundlage für die Ertragsbildung sind als in dem feuchteren Jahr 2009, wo eine stärkere N-Dynamik in der Vegetationsperiode erfolgen konnte.

Erfahrungswerte zeigen, dass bei einem sehr niedrigen  $N_{\min}$ -Gehalt zum Zeitpunkt des Knollenaufganges von weniger als 60-80 kg  $N_{\min}$ /ha mit hoher Wahrscheinlichkeit von einem niedrigen Gesamtertrag ausgegangen werden kann (Möller et al. 2003). Da bei den vorliegenden Untersuchungen im Rahmen des Projektes nur ein  $N_{\min}$ -Wert in dem Projekt deutlich niedriger als 60 kg  $N_{\min}$  war, lässt sich zu dieser These keine Aussage machen.

## Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse zur Nährstoffversorgung zeigen im Hinblick auf Vorfruchtwirkung bzw. unterschiedliche Vorfruchtkombinationen zu Kartoffeln sowie auf die durchgeführten Düngungsmaßnahmen keinen direkt, nur auf einen Parameter zurückzuführende Wirkung. Die Untersuchungen zu den Stängelsaftuntersuchungen als auch der Blattanalysen weisen jedoch auf eine recht gute Stickstoffversorgung hin, wenngleich das Niveau während der Vegetationsperiode unter die Richtwerte aus der Literatur fällt. Damit zeigt sich, dass Maßnahmen notwendig sind, die eine ausreichende Versorgung der Kartoffelbestände sicherstellen. Die  $N_{\min}$ -Analysen zum Zeitpunkt des Auflaufens können ebenfalls Hinweise auf die Versorgungssituation geben. Besser geeignet scheint jedoch der Einsatz der Nitratmessung im Stängelsaft, da diese Messung eine Einschätzung der aktuellen Versorgungssituation ermöglicht und sehr kostengünstig ist. Die Blattanalyse ist teuer, eröffnet aber die Möglichkeit auch weitere Nährstoffgehalte (Kalium, Phosphor, Schwefel, Mikronährstoffe etc.) aus der Probe zu analysieren.

## Danksagung

Die Untersuchungen wurden im Rahmen des Projektes "Optimierung der ökologischen Kartoffelproduktion" durchgeführt, das durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (BÖLN) gefördert wurde (FKZ 06OE125, FKZ 06OE149 und FKZ 06OE295).

## Literatur

Alva A (2004) Potato Nitrogen Management. *Journal of Vegetable Crop Production* 10(1):97-130

- Amberger VA (1978) Use of Mineral Fertilizers and Quality of Food-Stuffs. *Bodenkultur* 29(2):132-139
- Böhm H, Dreyer, Dresow JF, Landzettel C, Buchecker K, Mahnke-Plesker S, Westhues F (2011): Forschungsprojekt zur Optimierung der ökologischen Kartoffelproduktion – Hintergrund und Projektbeschreibung. *Landbauforschung SH* 348:1-13
- Böhm H (2002) Möglichkeiten und Grenzen des ökologischen Anbaus von Speisekartoffeln. *Kartoffeltrends: Qualität von Speisekartoffeln*, 23-29
- Breuer J, König V, Merkel D, Olf H.-W, Steingrobe B, Stimpfl E, Wissemeier AH, Zorn W (2003): Die Pflanzenanalyse zur Diagnose des Ernährungszustandes von Kulturpflanzen. *AgriMedia*, Bergen/Dumme
- Casa R, Pieruccetti F, Sgueglia G, Lo Cascio B (2005) Potato Tuber Improvement through Nitrogen Management Optimisation: Review of Methodologies. *Acta horticulture: technical communications of ISHS* 684:65-71
- Fischer J (1991) Untersuchungen über flüchtige Aromastoffe der Kartoffel. II. Der Einfluss differenzierter Nährstoffgaben auf das Spektrum der Aromastoffe in Kartoffeln. *Potato Res* 34:169-178
- Fricke E (2007): Beregnung senkt Stickstoffverluste. *Kartoffelbau* 58(3): 88-90
- Haase T, Schuler C, Piepho HP, Thoni H, Hess J (2007) The effect of preceding crop and pre-sprouting on crop growth, N use and tuber yield of maincrop potatoes for processing under conditions of N stress. *Journal of Agronomy and Crop Science* 193(4):270-291
- Hunnius W (1972) Welche Faktoren beeinflussen Stärkebildung und Stärkegehalt der Kartoffel. *Stärkekartoffel* 17(1):1-4
- Jamaati-e-Somarin S, Tobeh A, Hassanzadeh M, Hokmalipour S, Zabihi-e-Mohmoodabad R (2009) Effects of plant density and nitrogen fertilizer on nitrogen uptake from soil and nitrate pollution in potato tuber. *Research Journal of Environmental Sciences* 3(1):122-126
- Kolbe H (1990) Kartoffeldüngung unter differenzierten ökologischen Bedingungen - Einfluss von Blatt- und Bodendüngung sowie Sorte und Klima auf Erträge und Inhaltsstoffe der Knollen zur Erntezeit und nach kontrollierter Lagerung. Dissertation am Fachbereich Agrarwissenschaften der Georg-August-Universität zu Göttingen, 294 pp
- Meinck S, Kolbe H (1998) Kartoffelanbau im Ökologischen Landbau. Material für Praxis und Beratung. In:

- Anon. Dresden : Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
- Möller K (2001) Einfluss und Wechselwirkung von Krautfäulebefall (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) und Stickstoffernährung auf Knollenwachstum und Ertrag von Kartoffeln (*Solanum tuberosum* L.) im ökologischen Landbau. Shaker-Verlag. Techn. Universität München, Dissertation
- Möller K, Kolbe H, Böhm H (2003) Handbuch Ökologischer Kartoffelbau. 1. Aufl., Leopoldsdorf: Österreichischer Agrarverlag, 183 pp
- Müller K (1983) Zur Diskussion um den Nitratgehalt in der Kartoffel. Der Kartoffelbau 34(6):202-204
- Nitsch A (2003) Kartoffelbau. 1. Aufl., Bergen/Dumme: AgriMedia
- Paffrath A, Leisen E, Peine A, Vorländer C, Berg M, Neuhoff D (2003) Kartoffelanbau. Bericht zu 10 Jahren „Ökologische Leitbetriebe in NRW“, 76-104
- Randall GW, Mulla DJ (2001) Nitrate nitrogen in surface waters as influenced by climatic conditions and agricultural practices. Journal of Environmental Quality 30(2):337-344
- Storey RMJ, Davies HV (1992) Tuber quality. The potato crop: the scientific basis for improvement (2):507-569
- Wadas W, Jablonska-Ceglarek R, Kosterna E (2005) The nitrates content in early potato tubers depending on growing conditions. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities 8(1)
- VDLUFA (1997): VDLUFA-Methodenbuch, Band 1: Untersuchung von Böden. 4. Aufl.