

Fruchtfolgeversuch 2012 unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus

Einleitung / Fragestellung

Immer mehr Öko-Betriebe spezialisieren sich und wirtschaften viehlos oder vieh-schwach. Daher prüft die LWK NRW in einem Dauerversuch seit 1998 der Einfluss von differenzierter Fruchtfolgegestaltung und Nährstoffversorgung auf die Erträge und Qualitäten der angebauten Früchte, die Pflanzengesundheit, die Bodenstruktur sowie die Nährstoffbilanz und die Wirtschaftlichkeit in einem viehlosen ökologischen Anbausystem in Köln-Auweiler. Ergebnisse aus 2012 und erste Ergebnisse aus fünf-zehn Jahren werden im Folgenden dargestellt.

Material und Methoden

Der Versuch ist als zweifaktorielle Streifenanlage mit zwei echte und zwei unechte Wiederholungen angelegt. Es werden zwei Fruchtfolgen FF1 intensiver vs. FF2 extensiver gegenübergestellt. Die Faktoren Fruchtfolge und Düngung umfassen die folgenden Prüfglieder:

1. Faktor: Fruchtfolge

Fruchtfolge 1 (FF1):

Sommerweizen (1)

Möhren (2)

Ackerbohnen mit Zfr. Winterwicke (3)

Weißkohl (4)

Kartoffeln (5)

Fruchtfolge 2 (FF2):

Sommerweizen (6)

Kartoffeln (7)

Winterroggen + US Klee gras (8)

Klee gras (9)

Sellerie (10)

2. Faktor: Düngung

N0 oder D0 (ohne Düngung)

N1 oder D1 (mit Patentkali zu Möhren 180 kg K₂O/ha, Weißkohl 120 kg K₂O/ha und Sellerie 120 kg K₂O/ha sowie N-Düngung in Form von Haarmehlpellets zu Weißkohl 120 kg N/ha und Sellerie 80 kg N/ha)

VERSUCHE ZUM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU NORDRHEIN-WESTFALEN

Parameter

Folgende Parameter sollen erhoben werden: Ertrag, Qualität, Unkrautbesatz, Krankheiten, Schädlinge, N_{min}-Gehalt, Bodennährstoffe, Humusgehalt, C:N Verhältnis und Bewertung der Wirtschaftlichkeit.

Standort / Pflanzenbauliche Daten

Der Versuch wurde im Zentrum für Ökologischen Landbau in Köln-Auweiler durchgeführt. Die Daten zu den ackerbauliche Maßnahmen der einzelnen Früchte waren:

Fruchtfolge	1						2				
	Sommerweizen	Möhren	Ackerbohne	Winterwicke	Weißkohl	Kartoffeln	Sommerweizen	Karoffeln	Winterroggen	Klee gras	Sellerie
Sorte	Kadrijl	Noveno	Divine	Hungvillosa	Rivera	Belana	Kadrijl	Belana	Conduct		Brilliant
Mulchen											11.06.2012
Fräsen											11.06.2012
Pflug	26.01.2012	19.04.2012	26.01.2012		11.06.2012	26.01.2012	26.01.2012	26.01.2012	14.10.2011		11.06.2012
Schälplflug				27.10.2011							
Kreiselegge	28.03.2012	20.04.2012	28./30.03.2012	40843	27.06.2012	28.03.2012	28.03.2012	28.03.2012	15.10.2011		27.06.2012
Kreiselegge						20.04.2012		20.04.2012			
Stoppelgrubber				27.10.2011	11.06.2012						11.06.2012
Unkraut flämmen		18.06.2012									
Unkraut flämmen		28.06.2012									
Dämme häufeln		20.04.2012									
Düngung N1		28.06.2012			27.06.2012						27.06.2012
Saatstärke	400 K/m ²	1,8 Mio./ha	40 K/m ²	80 kg/ha			400 K/m ²		400 K/m ²		
Aussaat/Auspflanztermin	28.03.2012	28.06.2012	30.03.2012		27.06.2012	20.04.2012	28.03.2012	20.04.2012	16.10.2011	2010	27.06.2012
Reihenabstand	0,35 m		0,35 m	0,125	0,75 m	0,75 m	0,35 m		0,125 m		0,75 m
Abstand in der Reihe					0,37 m	0,37 m		0,37 m			0,37 m
Striegeln	17.04.2012						17.04.2012				
Hacken+ Striegeln	08.05.2012		30.04.2012				08.05.2012				
Hacken+ Striegeln			08.05.2012								
Hacken	23.05.2012	11.08.2011	23.05.2012		27.07.2012		23.05.2012				27.07.2012
					01.08.2012						01.08.2012
											20.09.2012
Untersaat säen									28.03.2012		
Saatstärke											
Untersaat									20 kg/ha		
Sternhacke+ Hackmaschine						14.05.2012		14.05.2012			
Sternhacke		21.09.2012				18.05.2012		18.05.2012			
Mulchen				05.06.2012							07.05.2012
Mulchen											30.05.2012
Mulchen											11.06.2012
Mulchen											25.07.2012
Handhacke					24.07.2012	25.06.2012		25.06.2012			24.07.2012
Handhacke		01.08.2012			02.08.2012						02.08.2012
Handhacke		13.08.2012			14.08.2012						13.08.2012
Handhacke					21.09.2012						21.09.2012
Beregnung 15 mm	30.05.2012	30.05.2012	30.05.2012		30.05.2012	30.05.2012	30.05.2012	30.05.2012	30.05.2012	30.05.2012	30.05.2012
Beregnung 10 mm	29.06.2012	29.06.2012	29.06.2012		29.06.2012	29.06.2012	29.06.2012	29.06.2012	29.06.2012	29.06.2012	29.06.2012
Beregnung 25 mm		20.08.2012			20.08.2012						20.08.2012
2,5 l Neemazal TS						08.06.2012		08.06.2012			
5 l Novodor						13.06.2012		13.06.2012			
5 l Novodor						18.06.2012		18.06.2012			
Krautschlegeln						08.08.2012		08.08.2012			
Krautflämmen						09.08.2012		09.08.2012			
Ernte	09.08.2012	15.10.2012	14.08.2012		07.11.2012	17.09.2012	09.08.2012	17.09.2012	26.07.2012		07.11.2012
Schälplflug	24.08.2012		24.08.2012				24.08.2012				
Stoppelgrubber	29.08.2012		29.08.2012				29.08.2012				

VERSUCHE ZUM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU NORDRHEIN-WESTFALEN**Ergebnisse****Standard-Bodenuntersuchungen**

Die Bodennährstoffgehalte zeigten in diesem Jahr in Fruchtfolge 1 eine etwas höhere Versorgung mit Phosphor, Kalium und Magnesium auf als in Fruchtfolge 2, v.a. zur Kartoffel nach Weißkohl waren höhere Phosphorwerte zu verzeichnen (Tab. 1). In der Fruchtfolge 2 waren kaum Unterschiede bezüglich dieser drei Nährstoffe zu erkennen. Der Humusgehalt lag im Mittel der Faktorstufe in Fruchtfolge 1 mit 1,87 % niedriger als in Fruchtfolge 2 mit 2,05 %. Im Mittel der Faktorstufe Düngung war ein höherer Humusgehalt bei N0 mit 2,00 % als bei N1 mit 1,92 % zu verzeichnen.

Tab. 1: Werte der Standard-Bodenuntersuchung und Werte zur Bodenfruchtbarkeit in den Varianten am 02.04.2012 in 0-30 cm Bodentiefe

Fruchtfolge	Düngung	Frucht	pH-Wert	Humus %	P2O5*	K2O*	MgO*
FF1	N0	Sommerweizen	6,5	1,6	9,0	7	9
		Möhre	6,6	2,2	11,0	10	11
		Ackerbohne	6,8	1,8	12,0	14	8
		Weißkohl	6,5	1,6	10,0	6	9
		Kartoffeln	6,7	2,1	24,0	14	6
	N1	Sommerweizen	6,5	2,0	9,0	9	10
		Möhre	6,7	1,9	12,0	11	11
		Ackerbohne	6,9	1,8	16,0	14	10
		Weißkohl	6,5	1,7	12,0	10	11
		Kartoffeln	6,7	2,0	14,0	18	9
FF2	N0	Sommerweizen	6,2	2,1	8,0	8	9
		Kartoffeln	6,2	2,5	10,0	9	9
		Winterroggen	6,3	1,9	9,0	7	9
		Kleegras	6,2	2,2	10,0	8	9
		Sellerie	6,3	2,0	9,0	9	9
	N1	Sommerweizen	6,3	2,0	10,0	9	9
		Kartoffeln	6,3	1,9	11,0	10	9
		Winterroggen	6,4	1,8	10,0	8	9
		Kleegras	6,4	2,1	12,0	8	9
		Sellerie	6,4	2,0	11,0	11	9

*mg/100 g Boden

VERSUCHE ZUM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU NORDRHEIN-WESTFALEN

Über 15 Jahre betrachtet können folgende Daten gezeigt werden: Der pH-Wert nimmt in Fruchtfolge 2 von 6,7 auf ca. 6,3 ab, in Fruchtfolge 1 bleibt er annähernd konstant bei 6,6 bis 6,7 (Abb. 1). In den Düngungsvarianten D1 ist er jeweils immer etwas über der nichtgedüngten Variante.

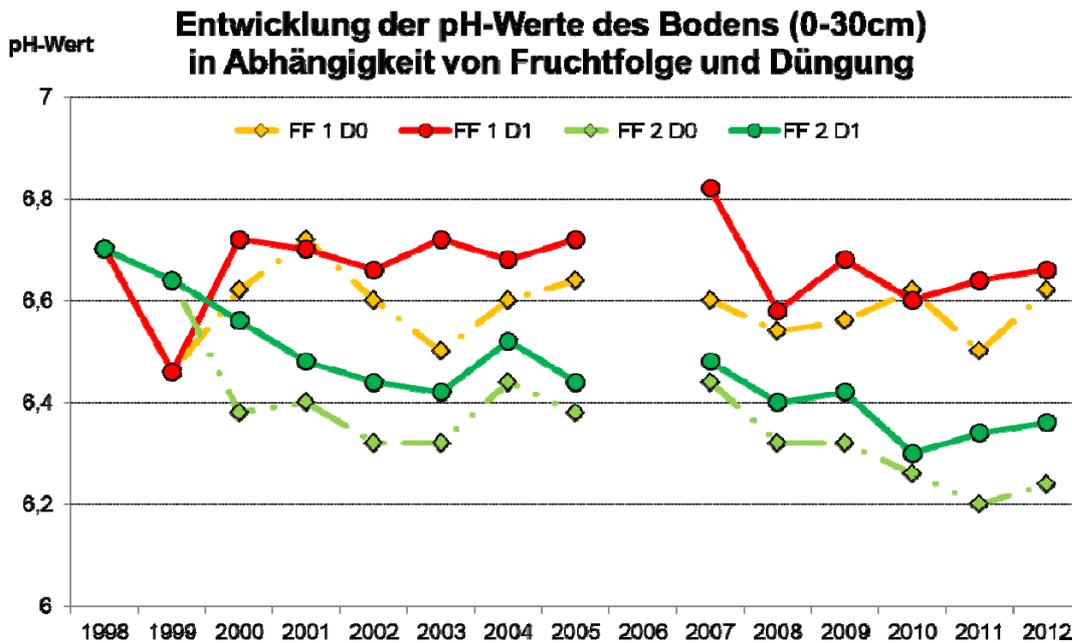


Abb. 1: Entwicklung der pH-Werte des Bodens (0-30 cm) in den Faktorstufen Fruchtfolge und Düngung über 15 Jahre

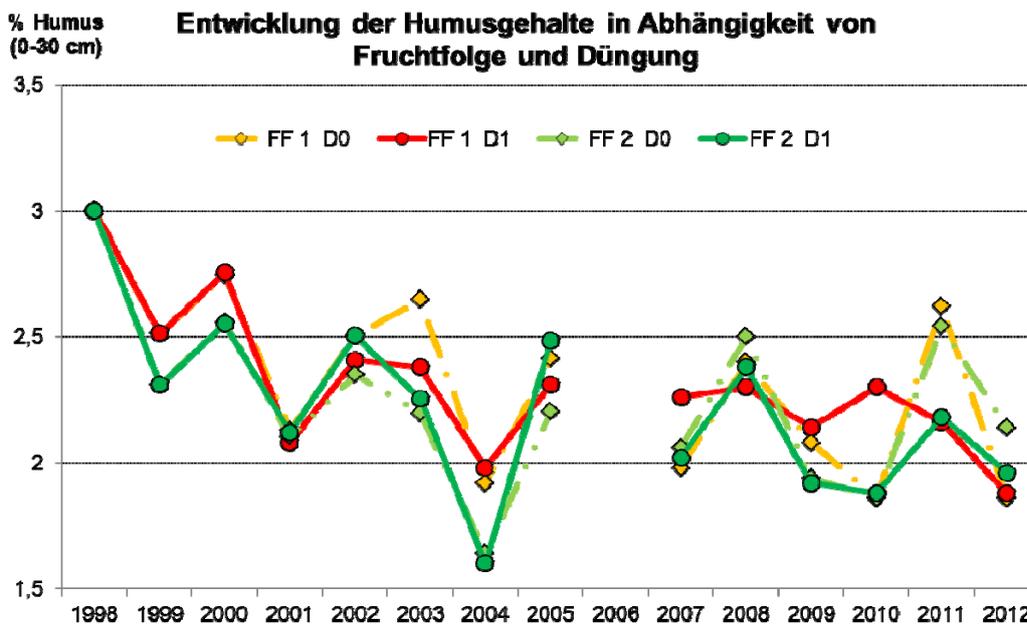


Abb. 2: Entwicklung der Humusgehalte des Bodens (0-30 cm) in den Faktorstufen Fruchtfolge und Düngung über 15 Jahre

VERSUCHE ZUM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU NORDRHEIN-WESTFALEN

Die Humusgehalte nehmen in allen Varianten tendenziell ab über die Zeit von 15 Jahren (Abb. 2). Allerdings scheinen sie sich auf einem neuen Niveau zu stabilisieren und zeigen keine Unterschiede in den Varianten auf. Interessant ist, dass bei der intensiveren Fruchtfolge 1 der Humusabbau nicht stärker von statten geht. Nach Berechnung der Humusbilanz nach Leithold (1997) käme man in Fruchtfolge 1 auf einen Versorgungsgrad von 7,6 % in Fruchtfolge 2 auf 32,9 %. Die Humusbilanz nach Cross Compliance beträgt in Fruchtfolge 1: -110 kg C/ha*a und in Fruchtfolge 2: -43 kg C/ha*a.

Die P- und K-Gehalte des Bodens nehmen über die Zeit ab, wobei die Variante FF1 mit Düngung noch die höchsten Werte behält (Abb. 3 und 4). Fruchtfolge 2 unge düngt rutscht langsam in Versorgungsstufe B. Die Magnesiumgehalte halten sich über die 15 Jahre auf einem Niveau im oberen Versorgungsbereich von D, Fruchtfolge 2 ist etwas niedriger (Abb. 5).

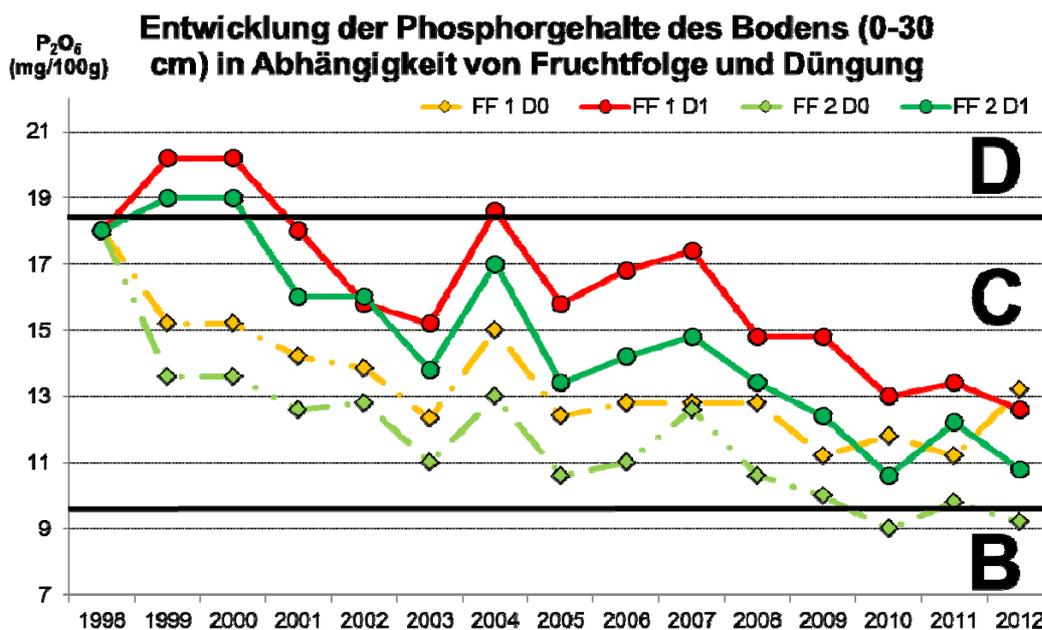


Abb. 3: Entwicklung der Phosphorgehalte des Bodens (0-30 cm) in den Faktorstufen Fruchtfolge und Düngung über 15 Jahre

VERSUCHE ZUM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU NORDRHEIN-WESTFALEN

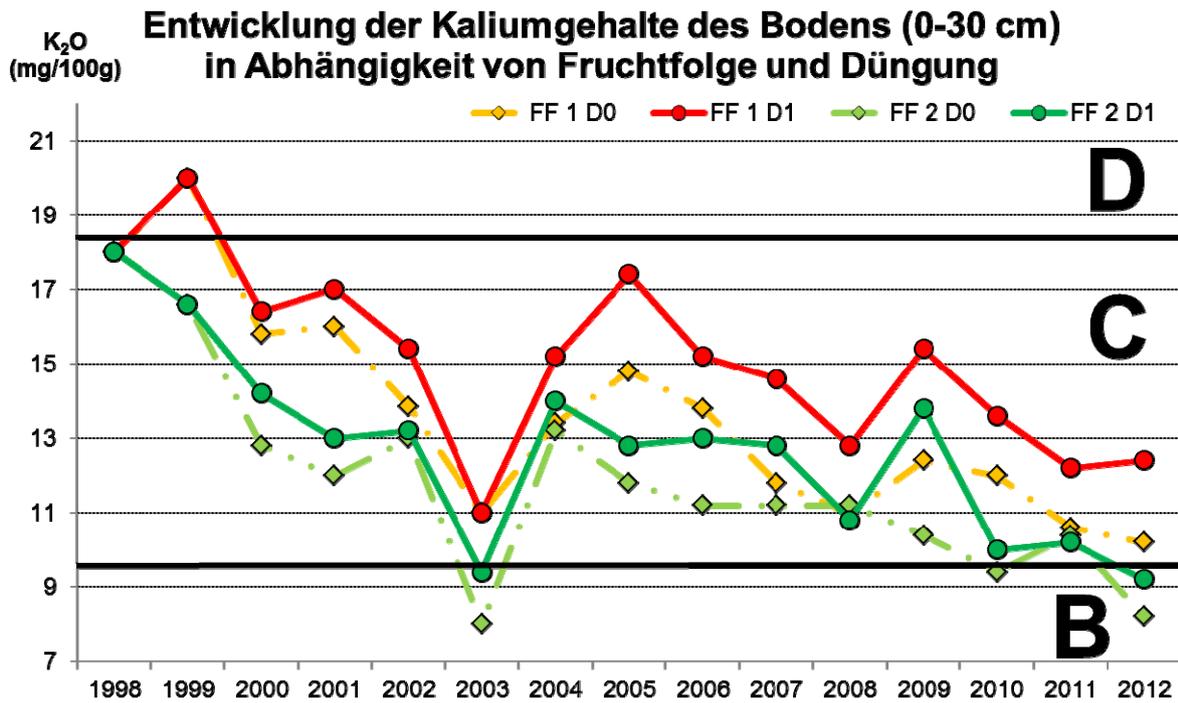


Abb. 4: Entwicklung der Kaliumgehalte des Bodens (0-30 cm) in den Faktorstufen Fruchtfolge und Düngung über 15 Jahre

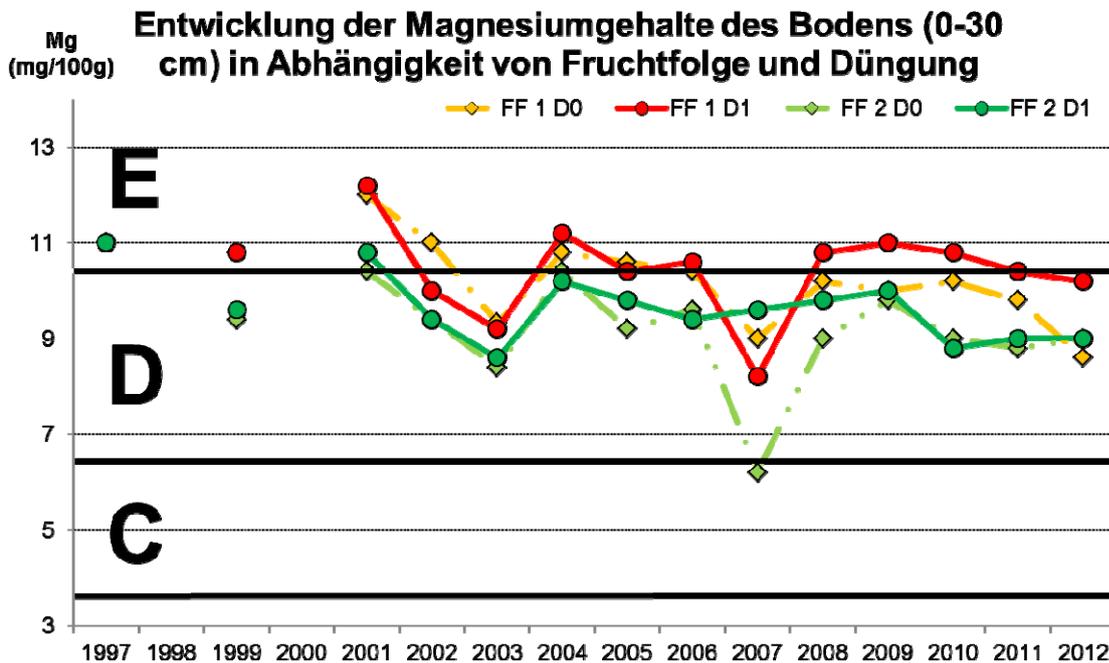


Abb. 5: Entwicklung der Magnesiumgehalte des Bodens (0-30 cm) in den Faktorstufen Fruchtfolge und Düngung über 15 Jahre

N_{min}-Werte

Höchste N_{min}-Werte im Frühjahr 2012 lagen mit ca. 145 kg N_{min}-N/ha in Fruchtfolge 1 mit Düngung vor der Kartoffel nach gedüngtem Weißkohl vor (Abb. 6), wobei der überwiegende Teil in den oberen Bodenschichten zu finden war. Nach Ackerbohne zum Weißkohl lag in Fruchtfolge 1 bei N0 in der untersten Bodenschicht etwas mehr N_{min} vor als bei N1. In der Fruchtfolge 2 waren die höchsten N_{min}-Werte im Frühjahr zum Sommerweizen nach Sellerie zu verzeichnen v.a. bei N1, wo der Sellerie gedüngt wurde. Davor stand Klee gras, welches möglicherweise noch Stickstoff nachliefert.

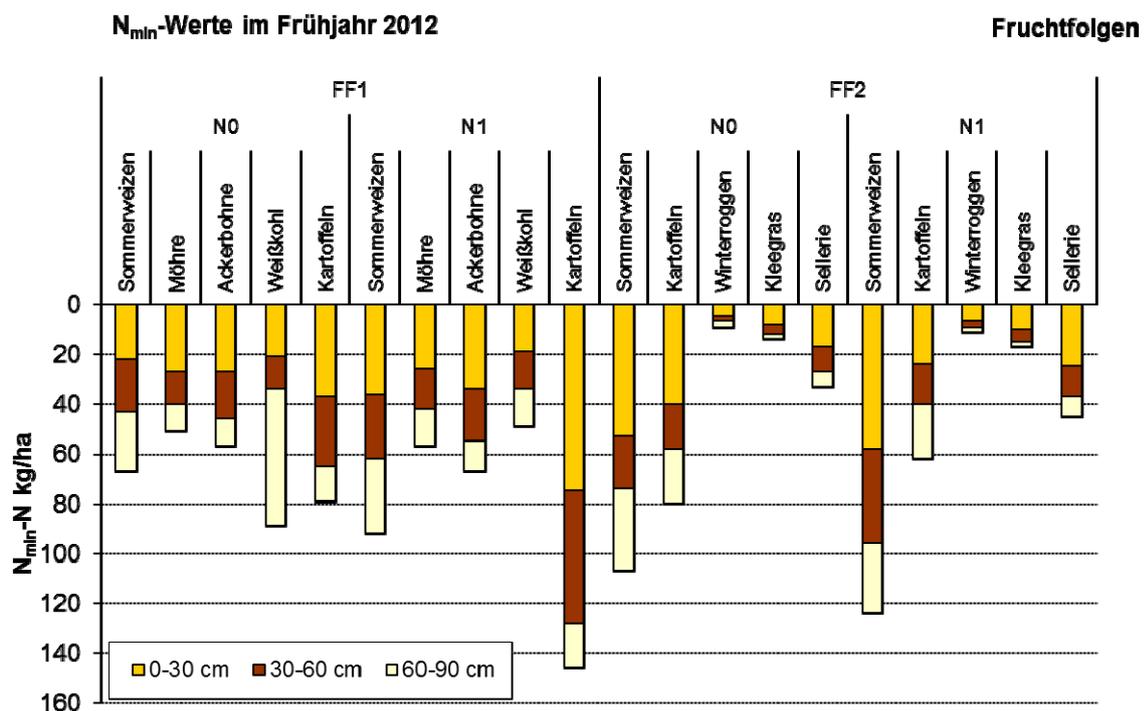


Abb. 6: N_{min}-Gehalt im Boden am 12.04.2012 in den Fruchtfolgen 1 und 2 (FF 1, FF 2) bei zwei Düngungsstufen (N0, N1)

Im Herbst/Winter 2012 waren in der intensiveren Fruchtfolge 1 die höchsten N_{min}-Werte nach der Ackerbohne mit ca. 92 kg N_{min}-N/ha zu (Abb. 7) finden. Die Kartoffel hinterließ im Mittel 53 kg N_{min}-N/ha mit höheren Werten in Fruchtfolge 2 mit Düngung. In Fruchtfolge 2 liegen nach Sellerie und Sommerweizen mehr N_{min}-Mengen vor, während nach Roggen und Klee gras geringste Werte zu sehen sind. Erst der Roggen räumt den Vorrat an N_{min} aus. In beiden Fruchtfolgen sind kaum bzw. keine Unterschiede zwischen gedüngter und ungedüngter Variante zu erkennen.

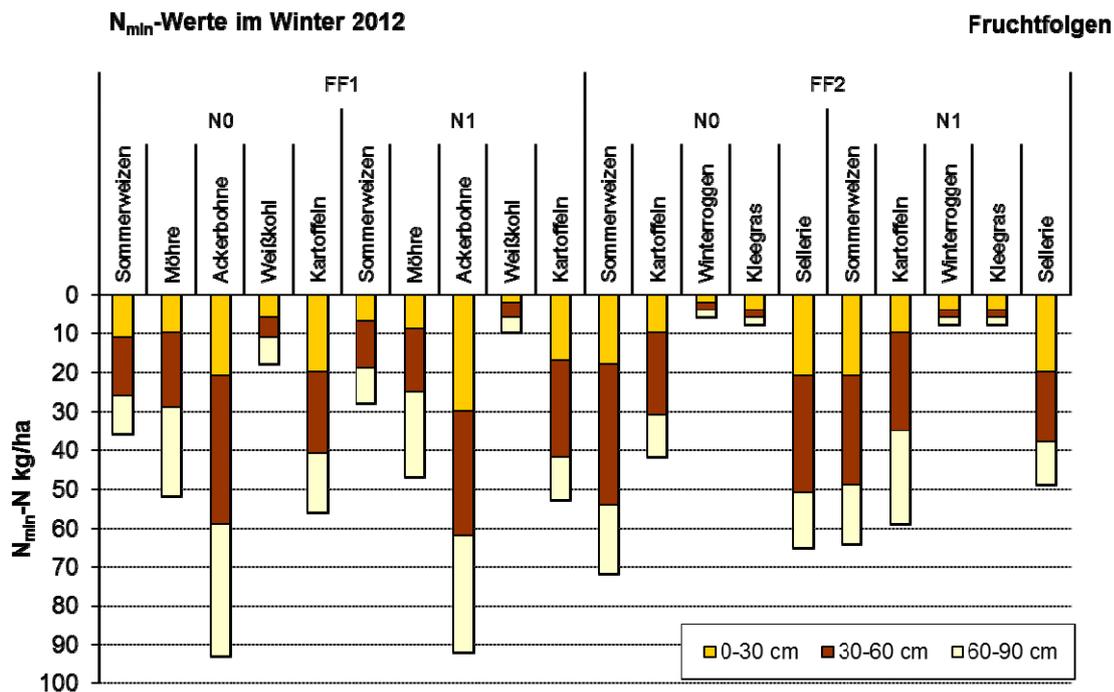


Abb. 7: N_{min}-Gehalt im Boden am 05.12.2012 in den Fruchtfolgen 1 und 2 (FF 1, FF 2) bei zwei Düngungsstufen (N0, N1)

Im Mittel über alle 15 Jahre liegen im Frühjahr in Fruchtfolge 1 vor Sommerweizen, Ackerbohne und Kartoffeln etwas höhere N_{min}-Werte vor als vor Möhre und Weißkohl (Abb. 8). Mit Düngung (N1) scheint die Kartoffel nach gedüngtem Weißkohl etwas besser versorgt als ohne Düngung (N0). In Fruchtfolge 2 sind höchste N_{min}-Werte unter Sommerweizen (2. Jahr nach Klee gras, gehackt in Weite Reihe), gefolgt von Kartoffeln (3. Jahr nach Klee gras) und Sellerie (1. Jahr nach Klee gras) vorhanden. Der Winterroggen (4. Jahr nach Klee gras) räumt den leicht verfügbaren Stickstoffvorrat offenbar gut aus. In der gedüngten Variante (N1) hat der Sommerweizen etwas mehr N_{min} als ungedüngt (N0). Insgesamt sind aber in beiden Fruchtfolgen kaum bzw. keine Unterschiede zwischen gedüngter und ungedüngter Variante zu erkennen.

Im Herbst/Winter sind im Mittel über 15 Jahre in Fruchtfolge 1 nach Ackerbohne und Kartoffeln höhere N_{min}-Werte vorhanden (Abb. 9). In Fruchtfolge 2 liegen zu diesem Zeitpunkt höchste N_{min}-Mengen nach Sellerie vor. Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten sind in beiden Fruchtfolgen nicht zu erkennen.

VERSUCHE ZUM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU NORDRHEIN-WESTFALEN

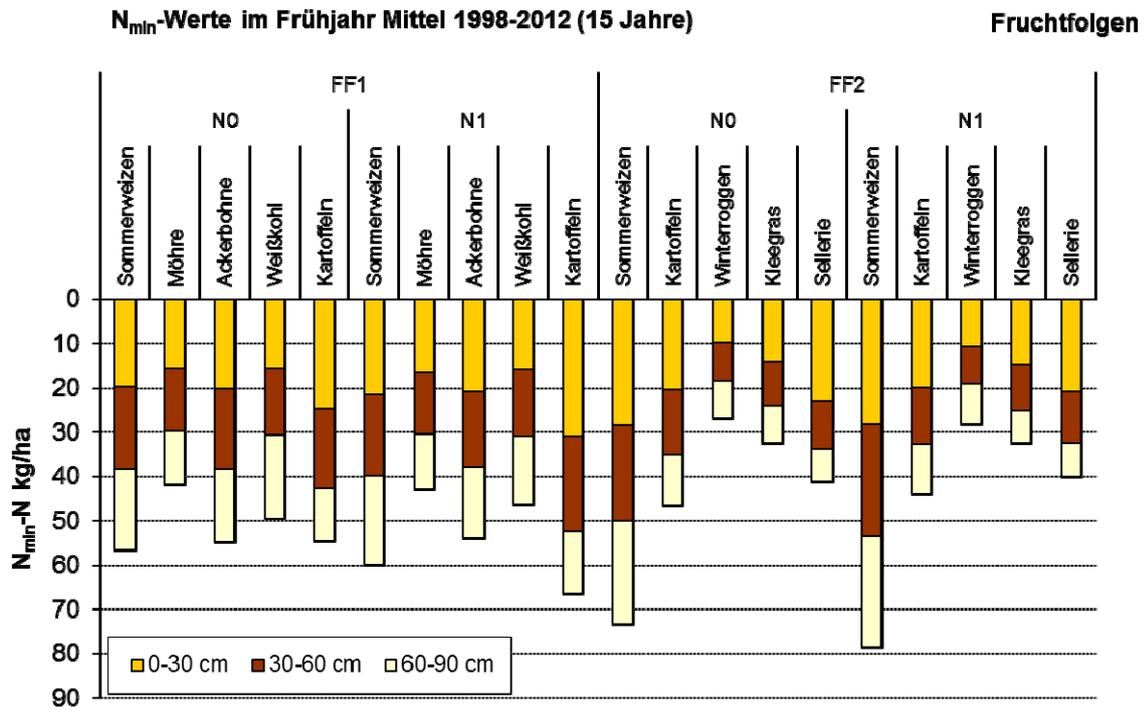


Abb. 8: N_{min}-Gehalt im Boden im Frühjahr in den Fruchtfolgen 1 und 2 (FF 1, FF 2) bei zwei Düngungsstufen (N0, N1) im Mittel über 15 Jahre

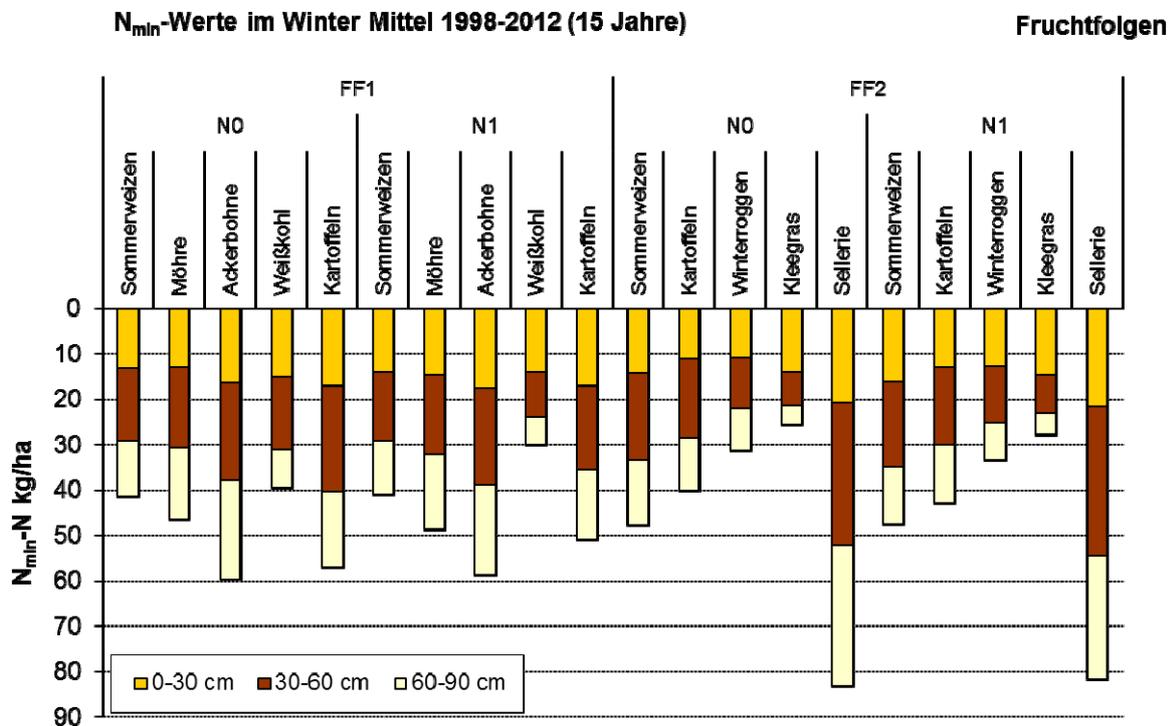


Abb. 9: N_{min}-Gehalt im Boden im Herbst/Winter in den Fruchtfolgen 1 und 2 (FF 1, FF 2) bei zwei Düngungsstufen (N0, N1) im Mittel über 15 Jahre

Abbildung 10 zeigt in der Entwicklung der N_{\min} -Werte über die 15 Jahre, dass diese im Frühjahr in der intensiveren Fruchtfolge 1 höher als in Fruchtfolge 2 waren. In Fruchtfolge 1 werden jährlich zum Weißkohl 40 kg N mehr gedüngt als in Fruchtfolge 2 zum Sellerie. Zudem scheint die Fruchtfolge Ackerbohne plus Zwischenfrucht Winterwicke, dann Weißkohl, dann Kartoffeln (FF1) besser für die Kartoffel hinsichtlich der Stickstoffversorgung zu sein als einjähriges Klee gras vor Sellerie, dann Sommerweizen und erst dann Kartoffeln (FF2).

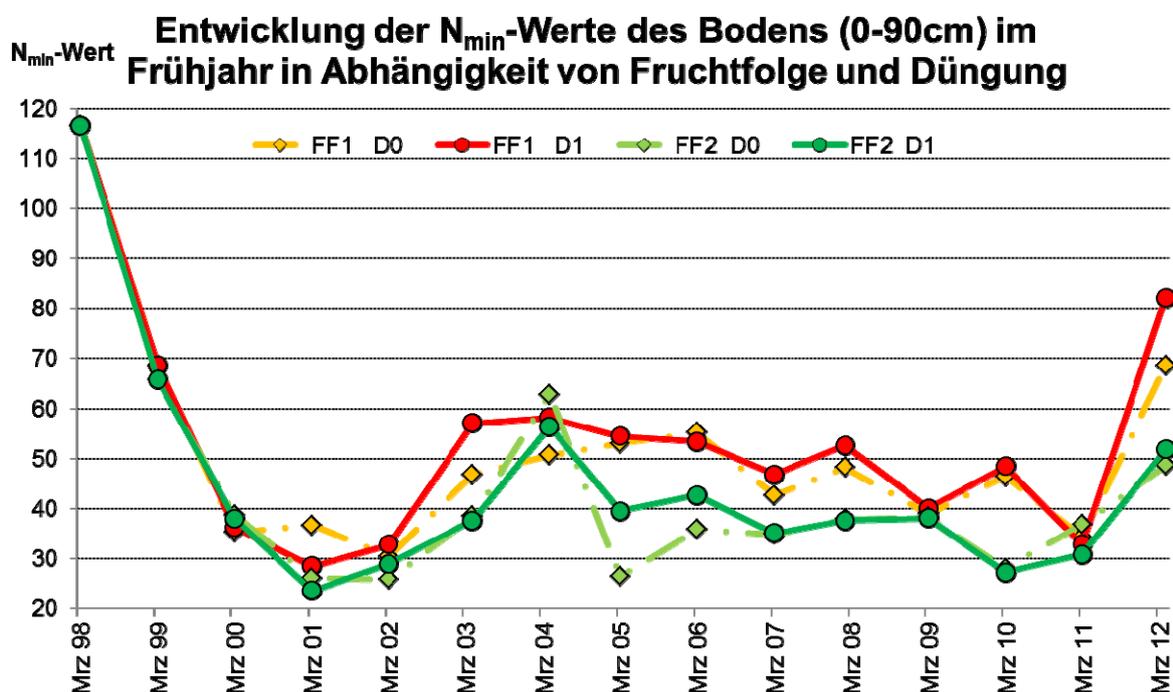


Abb. 10: Entwicklung der N_{\min} -Gehalt im Boden im Frühjahr in den Fruchtfolgen 1 und 2 (FF 1, FF 2) bei zwei Düngungsstufen (N0, N1) über 15 Jahre

Erträge

Bei den Druschfrüchten waren die Erträge der Kulturen Sommerweizen, Ackerbohne und Winterroggen aufgrund des guten Ertragsjahres 2012 nicht sehr unterschiedlich zwischen den Varianten (Abb. 11). Der Sommerweizen war ertraglich in Fruchtfolge 1 etwas besser, auch was das TKG angeht. Höchste Proteingehalte brachte er dann jeweils in der Düngungsvariante (D1) v.a. in Fruchtfolge 2 mit bis zu 14,0 %.

VERSUCHE ZUM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU NORDRHEIN-WESTFALEN

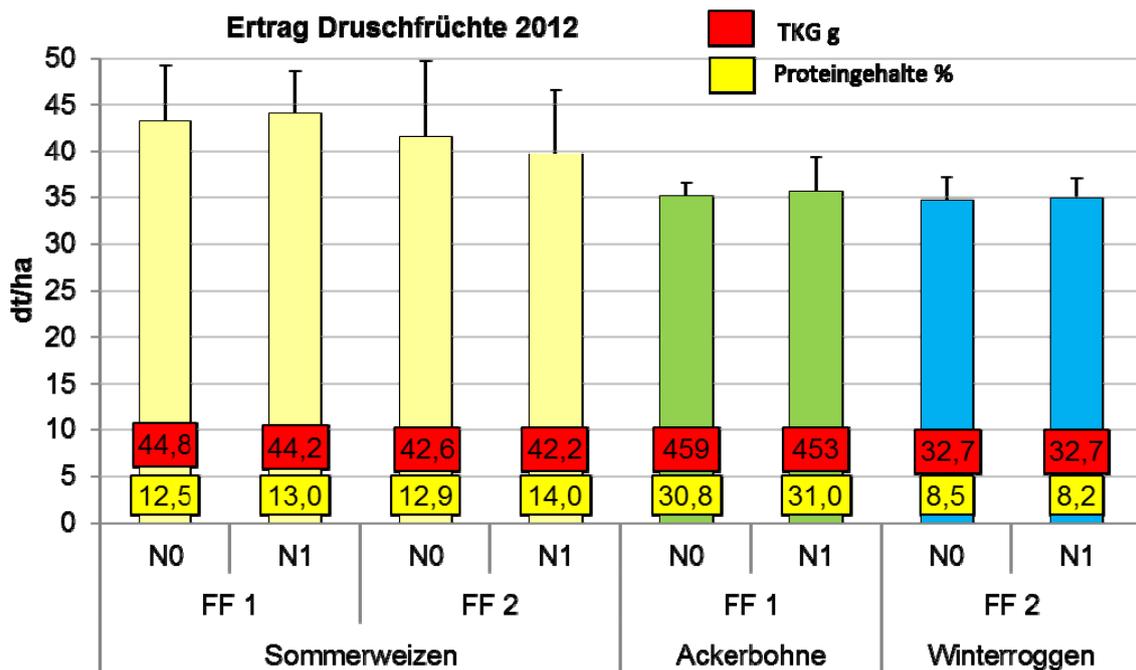


Abb. 11: Ertrag, Proteingehalte und Tausendkornmasse der Druschfrüchte in den Fruchtfolgen 1 und 2 (FF 1, FF 2) bei zwei Düngungsstufen (N0, N1) in 2012 (Fehlerbalken geben die Standardabweichung in % wieder)

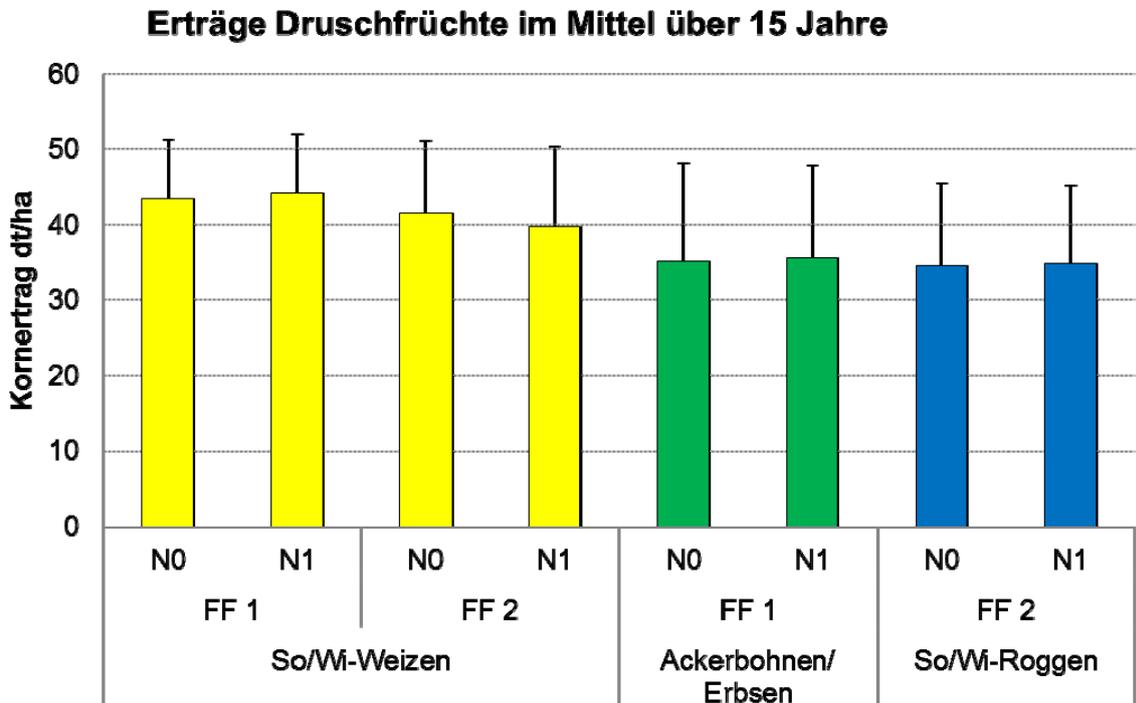


Abb. 12: Ertrag, Proteingehalte und Tausendkornmasse der Druschfrüchte in den Fruchtfolgen 1 und 2 (FF 1, FF 2) bei zwei Düngungsstufen (N0, N1) im Mittel von 15 Jahren (Fehlerbalken geben die Standardabweichung in % wieder)

VERSUCHE ZUM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU NORDRHEIN-WESTFALEN

Im Mittel der 15 Jahre sind keine Unterschiede in den Erträgen bei den Druschfrüchten zwischen den Fruchtfolge- und Düngungsstufen festzustellen (Abb. 12). In einigen Jahren war der Sommerweizen in der FF 2 besser gestellt (Tab. 2).

Die Kartoffeln erzielten in 2012 Erträge zwischen ca. 200 bis 250 dt/ha, wobei sich die Mittelwerte der Faktorstufen kaum voneinander unterschieden (Abb. 13). In der Tendenz war in der gedüngten Variante die Kartoffeln in Fruchtfolge 1 etwas höher im Ertrag. Das Gemüse Möhre, Weißkohl und Sellerie erzielt zumeist höhere Erträge bei direkter bzw. in der Fruchtfolge gedüngter Variante, nur beim Weißkohl unterschied sich der Mittelwert zwischen gedüngt und ungedüngt in 2012 nicht.

Im Mittel über 15 Jahre zeigt sich ein ähnliches Bild (Abb. 14). Die Gemüse reagieren schon auf die direkte Düngung mit Stickstoff. Die Ertragsmittelwerte der Kartoffeln waren in allen Varianten ähnlich hoch. In einigen Jahren war die Kartoffel jedoch in FF 1 besser gestellt (Tab. 2).

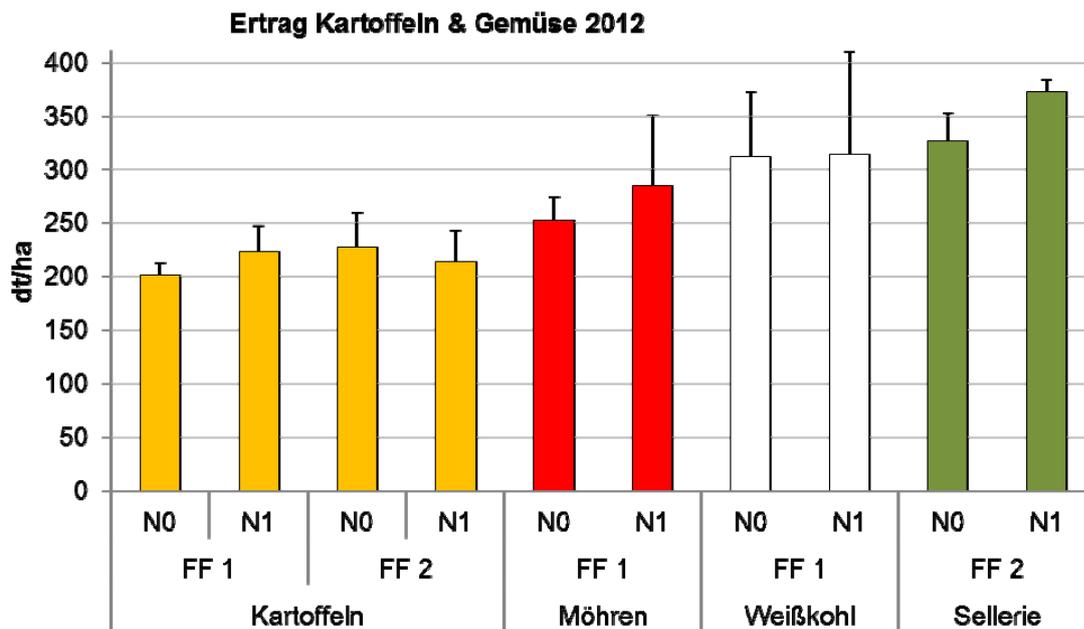


Abb. 13: Ertrag der Kartoffeln und des Gemüses in den Fruchtfolgen 1 und 2 (FF 1, FF 2) bei zwei Düngungsstufen (N0, N1) in 2012 (Fehlerbalken geben die Standardabweichung in % wieder)

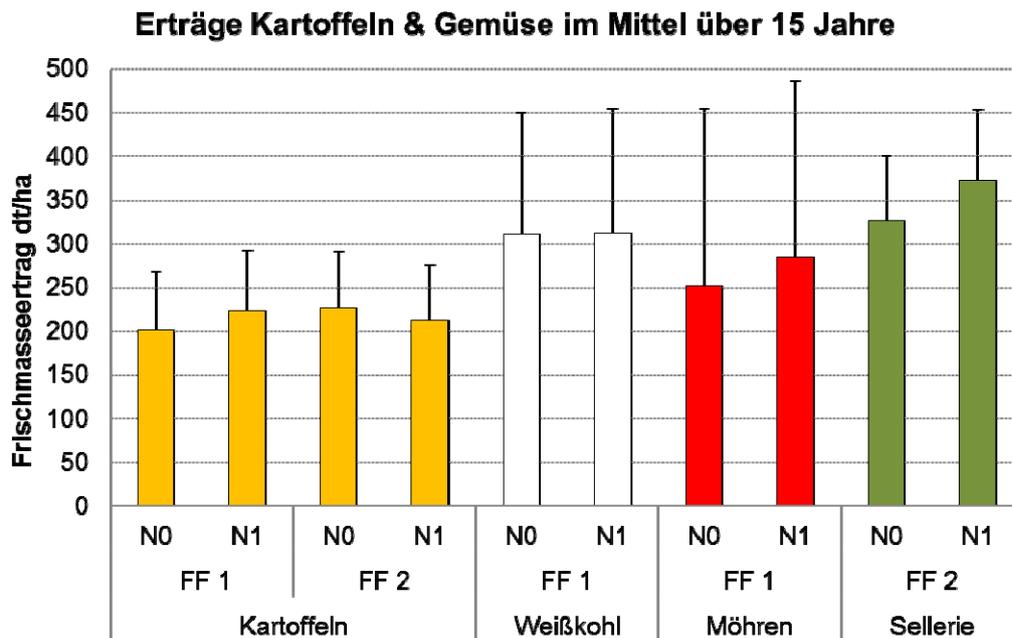


Abb. 14: Ertrag der Kartoffeln und des Gemüses in den Fruchtfolgen 1 und 2 (FF 1, FF 2) bei zwei Düngungsstufen (N0, N1) im Mittel von 15 Jahren (Fehlerbalken geben die Standardabweichung in % wieder)

Nährstoffentzüge

Die N-Entzüge mit dem Erntegut sind im Mittel von 15 Jahren in Fruchtfolge 1 mit in der Summe der Erntefrüchte 399 kg N/ha (N0) und 428 kg N/ha (N1) deutlich höher als in Fruchtfolge 2 mit 236 kg N/ha (N0) und 245 kg N/ha (N1, Tab. 3). Das Klee gras in Fruchtfolge 2 lieferte keine Entzugsfrüchte und wurde daher nicht einbezogen. Insbesondere durch die Körnerleguminose (meist Ackerbohne) wird sehr viel N von der Fläche abgefahren. Das waren im Mittel 121 und 122 kg N/ha bei N0 und N1. Durch eine Düngung des Weißkohls wurde bei N1 im Mittel zwischen 7 und 16 kg N/ha mehr Stickstoff über Weißkohl und auch Kartoffeln abgefahren als bei N0. In Fruchtfolge 2 waren die höchsten N-Entzüge bei Weizen mit im Mittel 73 kg N/ha (N0) und 78 kg N/ha (N1), gefolgt von Sellerie (62 kg N/ha N0 bzw. 68 kg N/ha N1) und Kartoffeln (64 kg N/ha N0 bzw. 63 kg N/ha N1) gegeben. Der Roggen entzog demgegenüber nur 37 kg N/ha (N0) bzw. 36 kg N/ha (N1). Die Kartoffeln konnten in Fruchtfolge 1 mehr Stickstoff entziehen.

Der Phosphorentzug mit den Erntefrüchten war ebenfalls im Mittel der 15 Jahre in Fruchtfolge 1 mit in der Summe 72 kg P/ha (D0) und 89 kg P/ha (D1) höher als in Fruchtfolge 2 mit 58 kg P/ha (D0) und 62 kg P/ha (D1, Tab. 3). Höchste Entzüge hatten dabei die Ackerbohne und das Gemüse.

VERSUCHE ZUM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU NORDRHEIN-WESTFALEN

Die Kaliumentzüge sind insgesamt erwartungsgemäß sehr hoch (Tab. 4). In Fruchtfolge 1 lagen die Werte im Mittel der Jahre in der Summe der Früchte mit 473 kg K/ha (D0) und 518 kg K/ha (D1) deutlich über der Fruchtfolge 2 mit 293 kg K/ha (D0) und 313 kg K/ha (D1). Durch die Düngung mit Kalium wurde also mehr aufgenommen und abgefahren. Höchste Kaliumentzüge wiesen die Kartoffeln und alle Gemüsearten Möhre, Weißkohl und Sellerie auf. Die Kartoffel profitierte mehr von der Stellung in der Fruchtfolge (im Mittel über alle Varianten +26 kg K/ha Mehrentzug in FF1 als in FF2) als von der Düngung (im Mittel über alle Varianten +10 kg K/ha Mehrentzug in D1 als in D0).

Die Magnesiumentzüge waren sehr gering (Tab. 4). In Fruchtfolge 1 lagen sie im Mittel der Jahre in der Summe der Früchte mit 27 kg Mg/ha (D0) und 28 kg Mg/ha (D1) höher als in Fruchtfolge 2 mit 19 kg Mg/ha (D0) und 19 kg Mg/ha (D1).

N-Bilanzen

In der N-Bilanz liegen alle Fruchtfolgen im negativen Bereich (Tab. 5). Die gedüngten Varianten sind mit -12 und -16 kg N/ha deutlich besser als die ungedüngten mit -63 und -86 kg N/ha (je FF1 und FF2). Die Entzüge sind in der intensiveren FF1 höher als in FF2 v.a. bei Stickstoff und Kalium. Mit Düngung steigen die Entzüge noch etwas.

Fazit

Über die Jahre sind kaum Unterschiede in den Erträgen der Früchte festzustellen, in einzelnen Jahren ist Weizen nach Sellerie und Kartoffel nach Weißkohl besser gestellt, da diese Gemüse direkt gedüngt werden. Der Humusabbau erfolgt nicht so stark wie erwartet und scheint sich auf einem neuen Gleichgewicht einzupendeln. Die gedüngten Varianten weisen bessere Grundnährstoff-Gehalte im Boden v.a. in Fruchtfolge 1 auf. Die N-Bilanzen sind negativ. Stickstoff- und Kaliumentzüge mit dem Erntegut sind hoch v.a. in der intensiveren Fruchtfolge 1 und mit Düngung.

Literatur

Leithold, G. & K.-J. Hülsbergen (1998): Humusbilanzierung im ökologischen Landbau. *Ökologie & Landbau* 26, 32-35.

VERSUCHE ZUM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU NORDRHEIN-WESTFALEN

Tab. 2: Ertrag Erntefrüchte über 15 Jahre im Fruchtfolgeversuch

Hauptfrucht	FF	Var.	Ertrag dt/ha (bei Getr./KöLeg 86 % TS)														M*	s %	
			1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011			2012
So/Wi-Weizen*	1	NO	49	46	27	44	39	45	48	42	41	27	37	28	39	28	43	39	8
Möhren	1	NO	510	645	-	684	356	606	293	707	423	681	534	586	570	690	252	538	202
Ackerbohnen/ Erbsen**	1	NO	25	37	-	32	34	37	48	38	31	14	13	26	46	21	35	31	13
Weißkohl	1	NO	667	297	369	473	409	267	318	639	528	655	480	323	368	303	311	427	139
Kartoffeln	1	NO	279	394	285	383	143	257	217	346	250	264	203	238	257	263	201	265	68
Summe	1	NO																	
So/Wi-Weizen*	1	N1	50	47	28	50	44	47	45	45	43	26	38	33	41	29	44	41	8
Möhren	1	N1	489	776	-	738	368	582	362	697	348	625	514	601	560	562	284	536	201
Ackerbohnen/ Erbsen**	1	N1	24	37	-	33	33	37	46	35	32	14	15	28	45	23	36	31	12
Weißkohl	1	N1	643	424	452	560	428	315	410	728	629	755	653	403	574	484	313	518	142
Kartoffeln	1	N1	299	430	339	398	155	285	256	349	273	298	227	259	299	350	223	296	70
Summe	1	N1																	
So/Wi-Weizen*	2	NO	46	53	51	55	58	51	49	47	47	28	37	31	43	29	42	44	9
Kartoffeln	2	NO	305	348	277	234	123	213	184	358	170	217	200	255	269	278	227	244	64
So/Wi-Roggen***	2	NO	21	31	30	30	19	31	49	50	20	12	34	34	35	20	35	30	11
Klee gras	2	NO																	
Sellerie	2	NO	354	344	305	308	335	123	377	314	174	372	388	278	329	372	326	313	74
2 NO																			
So/Wi-Weizen*	2	N1	49	54	59	57	66	50	51	51	50	30	37	36	47	29	40	47	11
Kartoffeln	2	N1	278	369	305	255	119	233	179	328	189	232	205	249	258	294	213	247	63
So/Wi-Roggen***	2	N1	20	32	30	30	21	28	45	51	19	14	36	30	36	19	35	30	10
Klee gras	2	N1																	
Sellerie	2	N1	343	366	285	328	316	125	362	375	233	446	430	274	335	415	373	334	82
2 N1																			

*FF1 2002 Winterweizen sonst Sommerweizen

*FF2 1999, 00, 02 Winterweizen, sonst Sommerweizen

**FF1 1998 u. 2001 Erbsen, sonst Ackerbohnen

*** FF2 1998,1999 Sommerroggen sonst Winterroggen

FF1 2000 Ackerbohnen/Möhren Missernte nicht gedroschen bzw. beerntet

M* Mittelwert 1999-2004

VERSUCHE ZUM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU NORDRHEIN-WESTFALEN

Tab. 3: N- und P-Entzüge Erntefrüchte über 15 Jahre im Fruchtfolgeversuch

Hauptfrucht	FF	Var.	N - Entzug kg/ha																	P - Entzug kg/ha														
			1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	M	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	M
So/Wi-Weizen*	1	N0	91	71	56	69	53	67	80	62	69	48	64	41	57	44	75	63	16	13	12	17	14	15	18	12	13	7	13	5	9	-	16	13
Möhren	1	N0	59	90	-	58	29	74	82	77	42	75	48	76	46	93	25	63	14	21	-	17	9	19	1	22	13	21	13	15	12	26	6	15
Ackerbohnen/ Erbsen**	1	N0	85	165	-	103	158	161	192	171	139	64	50	110	72	77	151	121	12	18	-	17	26	22	29	22	19	9	7	15	9	-	19	17
Weißkohl	1	N0	117	53	70	79	87	58	48	128	106	98	82	74	61	52	76	79	18	11	10	14	11	8	9	19	13	17	13	12	10	10	11	12
Kartoffeln	1	N0	74	101	66	74	33	73	50	-	90	79	55	-	111	-	-	73	20	21	15	23	9	14	12	-	14	16	11	-	12	-	-	15
Summe	1	N0	425	480	192	383	359	433	451	438	446	365	298	300	347	266	327	399	80	84	37	87	69	78	70	74	72	70	57	47	51	36	52	72
So/Wi-Weizen*	1	N1	95	74	58	85	59	76	77	71	74	48	67	50	68	45	79	68	17	16	12	17	17	15	16	12	14	6	13	7	8	-	15	13
Möhren	1	N1	57	110	-	62	60	67	54	70	35	75	46	84	41	91	28	63	14	24	-	19	12	16	2	19	11	20	14	17	11	24	7	15
Ackerbohnen/ Erbsen**	1	N1	80	167	-	106	156	160	191	161	140	65	63	113	70	82	154	122	11	18	-	18	27	22	27	19	20	9	9	15	9	-	20	17
Weißkohl	1	N1	112	78	85	87	77	74	60	109	132	121	137	81	100	107	71	95	17	19	13	15	12	10	10	199	17	21	19	12	14	18	10	27
Kartoffeln	1	N1	79	108	71	75	32	81	84	-	121	90	50	-	85	-	-	80	21	23	19	23	10	14	-	-	16	18	12	-	11	-	-	17
Summe	1	N1	423	536	215	415	384	457	467	412	502	399	363	327	365	326	332	428	80	100	43	92	78	77	55	249	78	74	66	51	53	42	52	89
So/Wi-Weizen*	2	N0	87	69	79	92	90	84	85	69	82	54	66	47	63	47	74	73	17	15	19	24	19	17	18	14	15	7	13	7	8	-	14	15
Kartoffeln	2	N0	93	80	63	43	25	60	57	-	59	63	50	-	111	-	-	64	23	24	14	17	8	13	10	-	12	14	12	-	13	-	-	15
So/Wi-Roggen***	2	N0	45	52	44	34	26	37	53	59	5	15	40	42	40	26	41	37	9	12	10	9	7	9	15	11	4	3	10	5	5	-	11	9
Kleegras	2	N0																																
Sellerie	2	N0	57	71	51	69	76	31	68	-	37	74	74	67	65	69	61	62	25	21	22	21	23	7	28	-	14	23	21	8	25	23	20	20
Summe	2	N0	282	272	236	238	217	212	263	128	183	206	230	156	280	142	176	236	74	72	65	71	57	47	72	24	44	47	56	19	52	23	45	58
So/Wi-Weizen*	2	N1	92	68	94	94	96	84	83	74	97	59	67	54	86	51	77	78	18	14	21	23	23	18	18	13	18	8	13	8	11	-	13	16
Kartoffeln	2	N1	85	80	81	49	25	62	45	-	72	65	55	-	72	-	-	63	21	26	18	17	9	16	10	-	12	16	12	-	15	-	-	16
So/Wi-Roggen***	2	N1	43	47	42	34	27	31	46	62	5	16	41	38	43	23	40	36	9	12	10	13	7	10	14	10	3	3	10	5	6	-	11	9
Kleegras	2	N1																																
Sellerie	2	N1	55	82	48	63	72	31	66	-	-	76	86	71	70	97	66	68	24	23	20	23	20	8	26	-	-	29	22	9	29	28	24	22
Summe	2	N1	275	278	265	241	220	208	240	136	175	216	249	162	271	171	183	245	72	75	68	76	60	52	68	24	33	55	58	21	61	28	47	62

*FF1 2002 Winterweizen sonst Sommerweizen

*FF2 1999, 00, 02 Winterweizen, sonst Sommerweizen

**FF1 1998 u. 2001 Erbsen, sonst Ackerbohnen

*** FF2 1998,1999 Sommerroggen sonst Winterroggen

FF1 2000 Ackerbohnen/Möhren Missernte nicht gedroschen bzw. beerntet

M* Mittelwert 1999-2004

VERSUCHE ZUM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU NORDRHEIN-WESTFALEN

Tab. 4: K- und Mg-Entzüge Erntefrüchte über 15 Jahre im Fruchtfolgeversuch

Hauptfrucht	FF	Var.	K - Entzug kg/ha															Mg - Entzug kg/ha																
			1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	M	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	M
So/Wi-Weizen*	1	D0	20	18	15	21	18	19	24	19	20	9	17	10	14	-	17	17	5	4	4	5	4	5	5	3	4	2	5	1	2	-	6	4
Möhren	1	D0	164	229	-	186	107	177	13	228	117	239	156	212	150	280	61	166	5	10	-	7	4	10	0	7	6	9	6	12	4	12	4	7
Ackerbohnen/ Erbsen**	1	D0	30	46	-	45	50	47	59	45	42	21	15	29	23	-	44	38	3	4	-	5	5	5	6	5	4	2	2	3	2	-	5	4
Weißkohl	1	D0	172	97	108	126	105	79	96	169	127	160	120	100	76	84	81	113	8	4	5	5	6	4	4	8	6	7	5	4	5	4	5	5
Kartoffeln	1	D0	151	221	143	196	78	126	106	-	120	133	99	-	159	-	-	139	8	12	7	9	4	7	5	0	7	7	5	-	8	-	-	7
Summe	1	D0	537	611	266	574	357	449	298	460	427	561	406	352	422	363	203	473	30	35	16	31	24	30	21	23	27	27	23	21	21	16	19	27
So/Wi-Weizen*	1	D1	20	18	16	22	20	18	22	17	21	9	18	13	13	-	17	17	5	5	3	5	5	5	5	3	4	2	5	2	2	-	5	4
Möhren	1	D1	157	277	-	219	123	174	21	208	101	231	175	219	165	265	82	173	5	12	-	8	7	9	1	7	4	9	6	12	4	9	4	7
Ackerbohnen/ Erbsen**	1	D1	28	45	-	47	50	46	56	41	44	21	19	32	22	-	46	38	3	4	-	5	5	5	6	4	5	2	2	4	2	-	5	4
Weißkohl	1	D1	166	158	131	149	106	92	119	-	170	198	161	108	113	149	78	136	8	7	6	6	6	4	5	0	8	8	7	5	7	8	4	6
Kartoffeln	1	D1	162	238	174	200	82	145	-	-	139	164	113	-	123	-	-	154	9	13	9	9	4	8	-	0	8	8	6	-	7	-	-	7
Summe	1	D1	533	736	321	637	381	476	217	267	474	622	485	372	436	414	223	518	30	41	18	34	27	30	16	15	30	29	26	22	22	17	19	28
So/Wi-Weizen*	2	D0	20	22	22	30	23	22	24	21	22	9	17	13	14	-	15	20	5	5	6	8	6	6	6	4	4	2	5	2	3	-	5	5
Kartoffeln	2	D0	172	194	121	128	59	115	80	-	82	111	96	-	126	-	-	117	10	10	9	2	2	6	4	0	5	5	5	-	7	-	-	5
So/Wi-Roggen***	2	D0	10	17	12	12	9	14	23	28	20	6	14	11	13	-	15	15	3	3	3	3	2	3	4	2	1	1	3	1	1	-	3	2
Klee gras	2	D0																																
Sellerie	2	D0	176	148	155	153	170	56	202	-	73	160	168	85	166	164	113	142	9	8	8	7	8	3	8	0	4	8	8	3	9	10	9	7
Summe	2	D0	378	381	310	323	262	206	330	49	198	286	295	109	319	164	143	293	26	27	26	21	18	17	23	6	14	16	20	6	20	10	17	19
So/Wi-Weizen*	2	D1	21	21	25	28	27	23	24	21	27	11	18	14	19	-	15	21	6	4	7	8	7	6	6	3	5	2	4	2	3	-	5	5
Kartoffeln	2	D1	157	193	151	133	66	124	80	-	97	125	100	-	126	-	-	123	9	10	9	3	2	6	4	0	6	6	5	-	7	-	-	6
So/Wi-Roggen***	2	D1	10	15	12	15	10	15	20	26	20	6	15	10	13	-	14	14	3	3	3	4	2	3	4	2	1	1	3	1	1	-	3	2
Klee gras	2	D1																																
Sellerie	2	D1	170	178	134	160	151	53	189	-	-	201	180	87	178	189	138	154	8	8	8	8	8	3	6	0	0	7	8	3	9	13	9	7
Summe	2	D1	358	407	322	336	254	214	313	47	144	343	312	112	335	189	167	313	25	26	27	22	18	18	20	5	11	16	21	6	20	13	17	19

*FF1 2002 Winterweizen sonst Sommerweizen

*FF2 1999, 00, 02 Winterweizen, sonst Sommerweizen

**FF1 1998 u. 2001 Erbsen, sonst Ackerbohnen

*** FF2 1998,1999 Sommerroggen sonst Winterroggen

FF1 2000 Ackerbohnen/Möhren Missernte nicht gedroschen bzw. beerntet

M* Mittelwert 1999-2004

VERSUCHE ZUM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU NORDRHEIN-WESTFALEN

Tab. 5: N-Bilanz der Fruchtfolgen und Düngungsvarianten über 15 Jahre im Fruchtfolgeversuch

Fruchtfolge	Düngen- variante	N-Zufuhr über	Früchte	N-Zufuhr	Ertrag	N-Abfuhr	N-Bilanz
					bei Getr./Kö-Leg. 86% TS) dt/ha	mit Erntegut kg/ha	
1	D0	Knöllchen Wi-Wicke	So/Wi- Weizen*	156	39	63	-63
			Möhren		538	63	-63
			Ackerbohnen/Erbsen**		31	121	35
			Weißkohl		427	79	101
			Kartoffeln		265	73	-73
		Summe	336		399	-63	
1	D1	Knöllchen Wi-Wicke + Düngung	So/Wi- Weizen*	156	41	68	-68
			Möhren		536	63	-63
			Ackerbohnen/Erbsen**		31	122	34
			Weißkohl		260	95	165
			Kartoffeln		296	80	-80
		Summe	416		428	-12	
2	D0	Knöllchen, Aufwuchs	So/Wi-Weizen*	150	45	73	-73
			Kartoffeln		244	64	-64
			So/Wi-Roggen***		30	37	-37
			Klee gras				150
			Sellerie		313	62	-62
		Summe	150		236	-86	
2	D1	Knöllchen, Aufwuchs Düngung	So/Wi-Weizen*	150	47	79	-79
			Kartoffeln		247	63	-63
			So/Wi-Roggen***		30	36	-36
			Klee gras				150
			Sellerie		80	68	12
		Summe	230		245	-15	

*FF1 2002 Winterweizen, sonst Sommerweizen

**FF1 1998 u. 2001 Erbsen, sonst Ackerbohnen

*FF2 1999, 00, 02 Winterweizen, sonst Sommerweizen

*** FF2 1998,1999 Sommerroggen sonst Winterroggen

FF1 2000 Ackerbohnen/Möhren Missernte nicht gedroschen bzw. beerntet