

**Kartoffel nach
Silomais**

**Kartoffel nach
Winterweizen mit
Ölrettich**

KARTOFFELFRUCHTFOLGEVERSUCH GOCH-PFALZDORF 2002-2019

UNTERSUCHUNGEN ZUR VERBESSERUNG VON ERTRAG, QUALITÄT, PFLANZEN-
GESUNDHEIT, HUMUSBILANZ, BODENSTRUKTUR UND STICKSTOFFVERWERTUNG IN
EINER INTENSIVEN HACKFRUCHTFRUCHTFOLGE MIT KARTOFFELN

Dr. Clara Berendonk, Landwirtschaftskammer NRW, a. D.

Inhalt

Inhalt	2
1 Einleitung	3
2 Material und Methoden.....	3
2.1 Standort.....	3
2.2 Witterung 2000-2019	4
2.2.1 Niederschlag.....	4
2.2.2 Temperatur	4
2.3 Versuchsplan und Versuchsdurchführung.....	5
2.3.1 Versuchsplan	5
2.3.2 Lageplan	7
2.3.3 Versuchsdurchführung.....	7
2.3.3.1 Kulturartspezifische Anbauplanung	7
2.3.3.2 Düngungsmaßnahmen und Pflanzenschutz	9
2.3.3.3 Bodenchemische Untersuchungen.....	9
2.3.3.4 Bodenphysikalische Untersuchungen	9
3 Versuchsergebnisse.....	11
3.1 Bodenchemische Untersuchung.....	11
3.1.1 Grundnährstoffgehalte im Boden	11
3.1.2 Nitratgehalt im Boden	12
3.1.3 Humusgehalt	14
3.2 Bodenphysikalische Untersuchungen.....	15
3.3 Pflanzenertrag, Qualität und Pflanzengesundheit.....	16
3.3.1 Fruchtartspezifische Erträge 2002-2019	16
3.3.2 Kartoffeln	18
3.3.3 Silomais	24
3.3.4 Winterweizen	25
3.3.5 Wintergerste	27
3.3.6 Welsches Weidelgras	27
3.3.7 Zuckerrüben	29
3.3.8 Vergleich der Fruchtfolgeeffekte bei Kartoffeln, Silomais und Winterweizen.....	29
4 Zusammenfassung	32
5 Anhang: Anbauhinweise	33
5.1 Termine, Saatmengen, spezifische Anbauhinweise/Jahr	33
5.2 Applizierte Grunddüngergaben je Jahr (2002-2019) zu den Fruchtfolgen 1-11	40
6 Anhang: Bodenuntersuchungen	45
6.1 Grundnährstoffe 2002-2019.....	45
6.2 Nitratgehalt im Boden	47
6.3 Bodenphysikalische Kenngrößen nach Ermittlung der Fachhochschule Soest (Prof. Th. Weyer)	51

1 Einleitung

In intensiven Hackfruchtfruchtfolgen ist der Erhalt einer positiven Humusbilanz eine besondere Herausforderung. In Betrieben mit intensivem Mais-, Zuckerrüben- und Kartoffelanbau ist die Problematik besonders gravierend. Unbefriedigende Bodenstruktur mit der Folge von Verschlammung, Verkrustung, Verdichtung und nicht zuletzt nachlassende Erträge sind ein Zeichen, dass Gegenmaßnahmen unverzichtbar sind. Um die Einflussmöglichkeiten in typischen Fruchtfolgen zu eruieren wurde 2001 daher ein Fruchtfolgeversuch in Goch-Pfalzdorf angelegt, in dem elf unterschiedliche Fruchtfolgen mit Kartoffeln verglichen wurden.

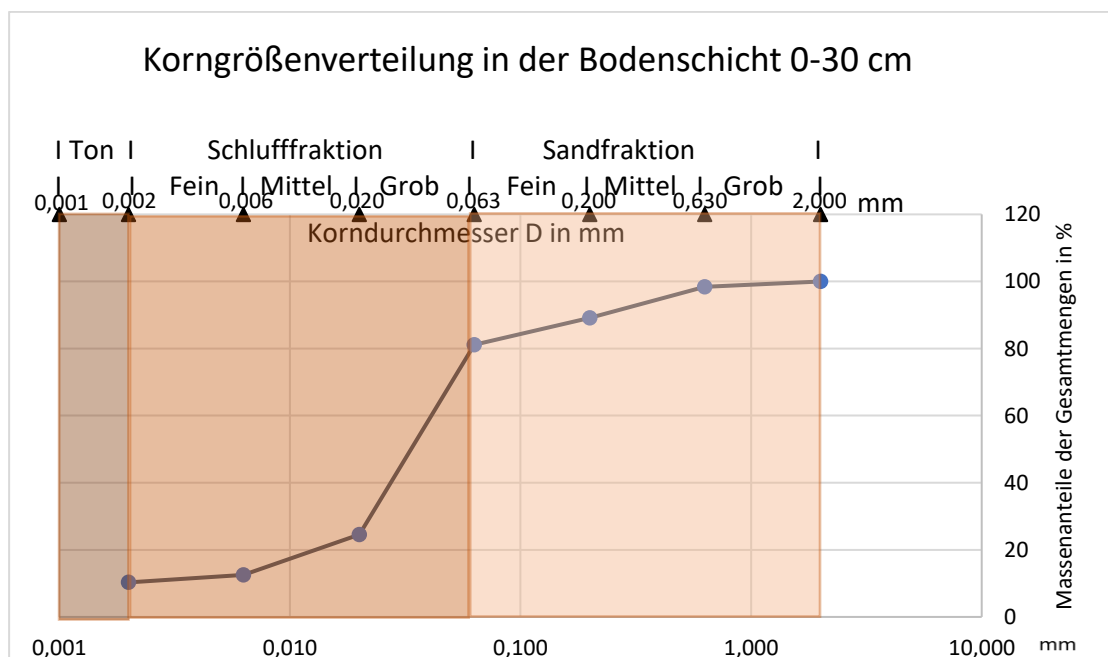
Die Untersuchungen sollten Hinweise geben auf den Effekt der Fruchtfolgegestaltung mit unterschiedlicher Rotationsdichte, die Einbindung von Zwischenfrüchten, organischer Düngung und Feldgrasanbau auf

- Bodenstruktur, Porenvolumen, Humusbilanz, C/N-Verhältnis, etc.
- Verlauf der N-Min-Freisetzung im Boden im Herbst, Winter und Frühjahr und N-Verwertung der Fruchtfolgen
- Auswirkung auf die Entwicklung von Ertrag und Qualität aller Fruchtfolgeglieder, insbesondere im Hinblick auf die Entwicklung der Kartoffel in den einzelnen Fruchtfolgen
- Auswirkungen auf Pflanzengesundheit, insb. *Rhizoctonia solani*, *Colletotrichum coccodes*, Schorf, etc

2 Material und Methoden

2.1 Standort

Der Versuch wurde am Standort Goch-Pfalzdorf (Krs. Kleve) in der Höhenlage 15 m über NN auf einer Pseudogley-Parabraunerde aus Löss über Sander angelegt. Die Pseudogley-Parabraunerde weist eine ausgeprägte Profildifferenzierung auf. Die Bodenart ist typisch für den Löss ein schwach toniger Schluff (Ut2) mit 9,2 % Ton, 72,3 % Schluff (Schluff, grob: 56,8 %, Schluff, mittel: 12,2 %, Schluff, fein: 3,3 %) und 18,5 % Sand (Sand, grob: 2 %, Sand, mittel: 9,3 %, Sand, fein: 7,2 %). Der Humusgehalt betrug zu Versuchsbeginn im Mittel 2,2 %, die Bodenzahl 70 und die Ackerzahl 77.



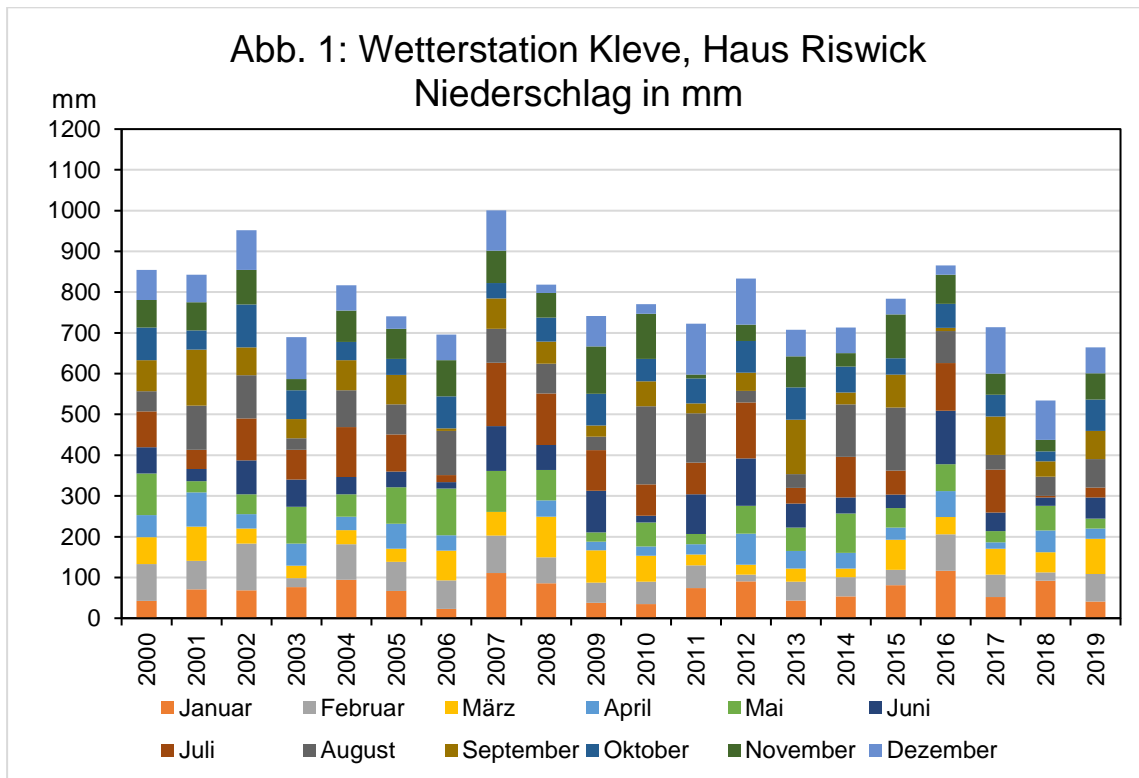
Der Standort wies zu Versuchsbeginn am 17.10.2001 in der Bodentiefe 0-30 cm folgende

Grundnährstoffversorgung auf: pH-Wert: 5,7
17 mg P₂O₅/100 g
18 mg K₂O/100 g
7 mg Mg/100 g

2.2 Witterung 2000-2019

2.2.1 Niederschlag

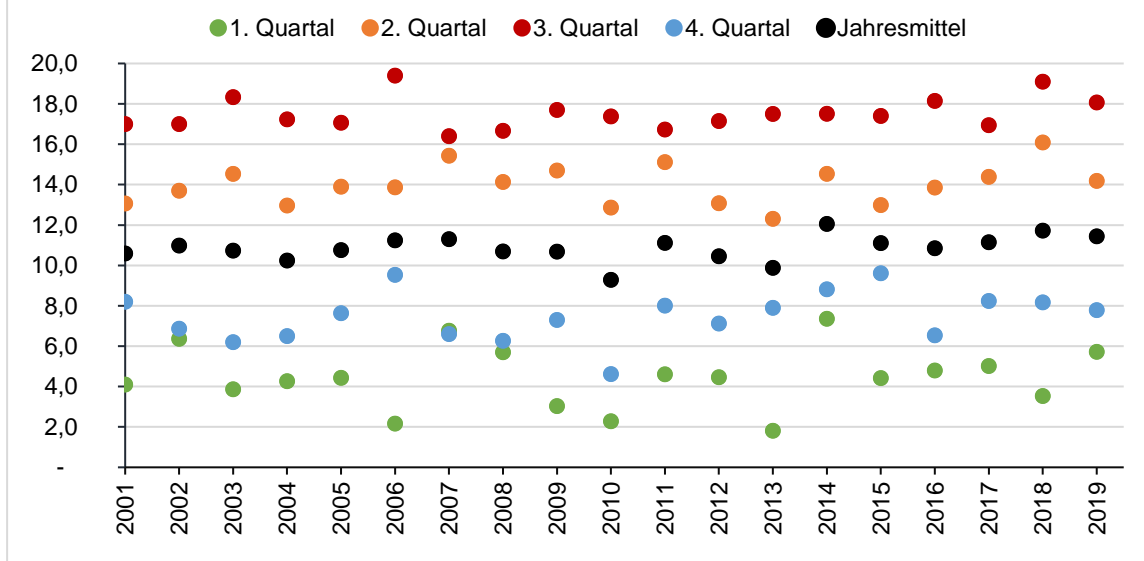
In Abb. 1 ist die Niederschlagsverteilung im Versuchsverlauf ausgewiesen. Die Abbildung verdeutlicht, dass insbesondere die Jahre 2007 mit insgesamt 1000 mm, aber auch die Jahre 2002 (952 mm), 2016 (865 mm), 2012 (834 mm) und 2008 (818 mm) durch überdurchschnittliche Niederschläge gekennzeichnet waren, während insbesondere das Jahr 2018 mit nur 534 mm ein extremes Jahresniederschlagsdefizit aufwies. Aber auch die Jahre 2003, 2006, 2011, 2013, 2014, 2017 und 2019 waren mit Jahresniederschlägen um die 700 mm zeitweise durch ausgeprägte Trockenperioden gekennzeichnet.



2.2.2 Temperatur

In Abb. 2 ist der Temperaturverlauf im Versuchsablauf quartalsweise zusammengefasst. Im 1. Quartal zeichnen sich die Jahre 2006, 2010 und 2013 durch sehr niedrige, das Jahr 2014 durch überdurchschnittlich hohe Temperaturen aus. Während des zweiten Quartals liegen die Temperaturen 2010 und 2013 ebenfalls unterdurchschnittlich. Die höchsten Werte werden im zweiten Quartal im Jahr 2018 erzielt, gefolgt von den Jahren 2007 und 2011. Ausgeprägte Hitzeperioden zeigte das 3. Quartal im Jahr 2006, aber ebenfalls auch 2018, 2003, 2016 und 2019. Die größte Spannweite in den Temperaturen brachte das vierte Quartal. Ein besonders milder Herbst und Frühwinter zeigte sich in den Jahren 2006 und 2015 mit Durchschnittstemperaturen von 9,6 und 9,5 °C im Vergleich zum Jahr 2010 mit nur 4, 6°C.

Abb. 2: Wetterstation Kleve, Haus Riswick
Tagesmitteltemperatur in °C in 2m Höhe



2.3 Versuchsplan und Versuchsdurchführung

2.3.1 Versuchsplan

Insgesamt wurden in diesem Versuch 11 Fruchtfolgen miteinander verglichen, acht dreigliedrige, zwei viergliedrige und eine fünfgliedrige Fruchtfolge. Die Abfolge der Fruchtarten in den einzelnen Fruchtfolgen ist in Übersicht 1 skizziert.

Übersicht 1: Fruchtfolgen im Fruchtfolgeversuch in Goch-Pfalzdorf

Nr.	Fruchtfolge				
	1. Jahr	2. Jahr	3. Jahr	4. Jahr	5. Jahr
1	SM	WW	FF/Kart.		
2	SM	WW+(Ölr.)	Kart.		
3	SM	WW+(Ölr.pfluglos)	Kart.		
4	SM	WW+(Ölr.pfluglos)+Stroh	FF/Kart.		
5	SM	WW+(Ölr.pfluglos)+Mist	FF/Kart.		
6	SM mit Gülle	WW+(Ölr.pfluglos)+Stroh+ Gülle	FF/Kart.+Gülle		
7	WW+(Ölr.)	SM	HF/Kart.		
8	WW+(Ölr.)	SM	FF/Kart.		
9	WW	WG+(Ölr.)	SM	Kart.	
10	WW	Welsch. W.	SM	Kart.	
11	Welsch. W.	SM	ZR	WW+(Ölr.)	Kart.

Abkürzungen: SM: Silomais, WW: Winterweizen, Kart.: Kartoffel, Ölr.: Ölerrettich, WG: Wintergerste, Welsch. W.: Welsches Weidelgras, ZR: Zuckerrübe, HF: Herbstfurche, FF: Frühjahrsfurche

In den Fruchtfolgen 1 bis 6 folgten jeweils hintereinander Silomais, Winterweizen und Kartoffeln in gleicher Folge, der Unterschied konzentrierte sich auf die Variation des Zwischenfruchtanbaus und der zusätzlichen organischen Düngung und Bodenbearbeitungsintensität vor dem Kartoffelanbau. Bei den beiden Prüfgliedern 7 und 8 wurde im Vergleich dazu die Reihenfolge der Hauptfrüchte getauscht und somit der Silomais direkt vor die Kartoffel gestellt. Der Vergleich der Variante 1, 2 und 3 zeigt den Effekt des Zwischenfruchtanbaus sowohl bei pflugloser Bestellung als auch nach Bestellung in gepflügten Boden, der Vergleich der Fruchtfolgen 3, 4, 5 und 6 den zusätzlichen Effekt der Anreicherung des Bodens mit organischer Substanz durch Stroh, Mist und Gölledüngung in Kombination mit dem Zwischenfruchtanbau. Der Vergleich der Fruchtfolge 3 mit Fruchtfolge 7 und 8 schließlich gibt einen Hinweis über den Vorfruchtwert von Silomais im Vergleich zu Winterweizen vor Kartoffeln, und zwar sowohl bei Bestellung der Kartoffel nach Herbst-, als auch nach Frühjahrsfurche. In den

beiden viergliedrigen Fruchtfolgen Nr. 9 und 10 ist im Vergleich zur dreigliedrigen Fruchtfolge Nr. 7 als viertes Fruchtfolgeglied bei Nr. 9 Wintergerste und bei Nr. 10 Welsches Weidelgras zur einjährigen Hauptfruchtnutzung verglichen. Mit der fünfgliedrigen Fruchtfolge 11 ist im Vergleich zur Fruchtfolge Nr. 10 als fünfte Art Zuckerrübe integriert. Zur Beantwortung der aufgezeigten Fragen sind somit folgende Vergleiche möglich:

Vergleich von Nr.	Versuchsfragen:
1 und 2	Einfluss der Zwischenfrucht
2 und 3	Einfluss reduzierter Bodenbearbeitung
2 und 8	Stellung der Fruchtfolgeglieder in der 3-gliedrigen Fruchtfolge
3 und 4	Einfluss der Strohdüngung
3 und 5	Einfluss der Stallmistdüngung
4 und 6	Einfluss der Gülledüngung
7 und 8	Vergleich von Frühjahrs- und Herbstfurche
9 und 10	Vergleich von Zwischenfruchtanbau und Feldgrasanbau
8 und 9, 10	Vergleich von drei- und viergliedriger Fruchtfolge
8 und 11	Vergleich von drei- und fünfgliedriger Fruchtfolge
(9, 10 und 11)	(Vergleich von vier- und fünfgliedriger Rotation: dieser Vergleich konnte wegen vorzeitiger Versuchsbeendung nicht mehr realisiert werden)

Die Übersicht 2 verdeutlicht, dass zu Versuchsende die dreigliedrige Fruchtfolge im Jahr 2019 sechs Rotationen durchlaufen hat und somit sechsjährige Ergebnisse für die Vergleiche der Fruchtfolgen 1-8 in ihren Auswirkungen auf das Wachstum der Kartoffel möglich sind. Für den Vergleich der beiden viergliedrigen Fruchtfolgen 9 und 10 liegen 2017 Ergebnisse aus vier Rotationen vor während, in der fünfgliedrige Fruchtfolge 2016 Ergebnisse aus drei Rotationen vorliegen. Ein unmittelbarer Vergleich der drei- mit den viergliedrigen Fruchtfolgen ist nur im Jahr 2013 möglich und ein Vergleich der drei- und fünfjährigen Fruchtfolgen im Jahr 2016. Ein Vergleich der vier- und fünfgliedrigen Fruchtfolgen wäre frühestens im Jahr 2021 möglich gewesen.

Übersicht 2: Fruchtarten in den 11 Fruchtfolgen in den einzelnen Jahren

Nr.	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	Kart.	SM	WW	Kart.	SM	WW	Kart.	SM	WW	Kart.
2	Kart.	SM	WW+(Ölr.)	Kart.	SM	WW+(Ölr.)	Kart.	SM	WW+(Ölr.)	Kart.
3	Kart.	SM	WW+(Ölr.)	Kart.	SM	WW+(Ölr.)	Kart.	SM	WW+(Ölr.)	Kart.
4	Kart.	SM	WW+(Ölr.)+Stroh	Kart.	SM	WW+(Ölr.)+Stroh	Kart.	SM	WW+(Ölr.)+Stroh	Kart.
5	Kart.	SM	WW+(Ölr.)+Mist	Kart.	SM	WW+(Ölr.)+Mist	Kart.	SM	WW+(Ölr.)+Mist	Kart.
6	Kart.	SM+Gü	WW+(Ölr.)+Str+Gü	Kart+Gü	SM+Gü	WW+(Ölr.)+Str+Gü	Kart+Gü	SM+Gü	WW+(Ölr.)+Str+Gü	Kart+Gü
7	Kart.	WW+(Ölr.)	SM	Hf+Kart.	WW+(Ölr.)	SM	Hf+Kart.	WW+(Ölr.)	SM	Hf+Kart.
8	Kart.	WW+(Ölr.)	SM	Ff+Kart.	WW+(Ölr.)	SM	Ff+Kart.	WW+(Ölr.)	SM	Ff+Kart.
9	Kart.	WW	WG+(Ölr.)	SM	Ff+Kart.	WW	WG+(Ölr.)	SM	Kart.	WW
10	Kart.	WW	Welsch. W.	SM	Ff+Kart.	WW	Welsch. W.	SM	Kart.	WW
11	Kart.	Welsch. W.	SM	ZR	WW+(Ölr.)	Kart.	Welsch. W.	SM	ZR	WW+(Ölr.)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	SM	WW	Kart.	SM	WW	Kart.	SM	WW	Kart.	SM
2	SM	WW+(Ölr.)	Kart.	SM	WW+(Ölr.)	Kart.	SM	WW+(Ölr.)	Kart.	SM
3	SM	WW+(Ölr.)	Kart.	SM	WW+(Ölr.)	Kart.	SM	WW+(Ölr.)	Kart.	SM
4	SM	WW+(Ölr.)+Stroh	Kart.	SM	WW+(Ölr.)+Stroh	Kart.	SM	WW+(Ölr.)+Stroh	Kart.	SM
5	SM	WW+(Ölr.)+Mist	Kart.	SM	WW+(Ölr.)+Mist	Kart.	SM	WW+(Ölr.)+Mist	Kart.	SM
6	SM+Gü	WW+(Ölr.)+Str+Gü	Kart+Gü	SM+Gü	WW+(Ölr.)+Str+Gü	Kart+Gü	SM+Gü	WW+(Ölr.)+Str+Gü	Kart+Gü	SM+Gü
7	WW+(Ölr.)	SM	Hf+Kart.	WW+(Ölr.)	SM	Hf+Kart.	WW+(Ölr.)	SM	Hf+Kart.	WW+(Ölr.)
8	WW+(Ölr.)	SM	Ff+Kart.	WW+(Ölr.)	SM	Ff+Kart.	WW+(Ölr.)	SM	Ff+Kart.	WW+(Ölr.)
9	WG+(Ölr.)	SM	Kart.	WW	WG+(Ölr.)	SM	Kart.	WW	WG+(Ölr.)	SM
10	Welsch. W.	SM	Kart.	WW	Welsch. W.	SM	Kart.	WW	Welsch. W.	SM
11	Kart.	Welsch. W.	SM	ZR	WW+(Ölr.)	Kart.	Welsch. W.	SM	ZR	WW+(Ölr.)

Abkürzungen: SM: Silomais, WW: Winterweizen, WG: Wintergerste, ZR: Zuckerrüben, Ölr.: Örettich, Welsch.W.: Welsches Weidelgras, Kart.: Kartoffel, Hf: Herbstfurche, Ff: Frühjahrsfurche

2.3.2 Lageplan

Der Versuch wurde als vollrandomisierte Blockanlage mit 11 Versuchsgliedern in 4-facher Wiederholung in den Blöcken a, b, c, und d angelegt (siehe Übersicht 3).

Übersicht 3: Lageplan der Blockanlage mit 4 Wiederholungen

												Wiederholung	
R	6	11	5	2	9	1	10	3	8	4	7	R	d
A	8	4	10	7	3	2	6	11	1	9	5	A	c
N	9	7	11	8	10	4	1	5	2	6	3	N	b
D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	D	a

Parzellengröße: 9m x 9m

2.3.3 Versuchsdurchführung

2.3.3.1 Kulturartspezifische Anbauplanung

Die Durchführung des Versuches basierte auf nachfolgender Anbauplanung. In Abhängigkeit von der Jahreswitterung variierten die Termine. Exakte Angaben zur Saat und zu den Saat- und Aufgangsterminen in den einzelnen Fruchtfolgen sind für die einzelnen Jahre im Anhang 5.1 aufgelistet.

Kartoffel

Sorte:	Marabel
Pflanzgut:	Frühjahrsbezug, Keimstimulierung
Aussaatzstärke:	44300 Pflanzen/ha = 30 cm Ablageweite, 75 cm Reihenabstand
Auspflanztermin:	Betriebsüblich, ca. Mitte April, Beizung mit Monceren
N-Düngung:	N-Soll 140 (abzüglich Korrekturen)
Erntermittlungen:	Ertrag Sortierung Qualitätsanalyse: UWG, Grüne, Missbildungen, Schorf, Innenmängel, Beschädigungen, Faule Rhizoctonia, Silberschorf, et al. bei Auftreten

Silomais

Sorte:	Oldham (Ronaldino, Figaro)
Sollpflanzenzahl:	9 Pfl./m ²
N-Düngung:	nach N-min, Sollwert (0-90 cm Tiefe) im April: 190 kg N
Gülledüngung:	In Nr. 6 soll die Gülledüngung nach der Saat mit Schleppschuh ausgebracht werden, zeitgleich mit der mineralischen Variante
Aussaattermin:	ortsüblich
Erntetermin:	Siloreife (ca. 32 % TS in der Gesamtpflanze, ca. 55 % TS im Kolben)
Erntermittlungen:	Grünmasseertrag / Teilstücke % TS je Teilstück NIRS-Analyse je Teilstück

Winterweizen

Sorte: Ornica (Herrmann, Anapolis, RGT Reform)
Aussaatzstärke: ca. 350 Körner/m² je nach Aussaattermin
Aussaattermin: ortsüblich
N-Düngung: nach N-min,
zu Vegetationsbeginn 120 kg/ha - N-min
EC-Stadium 32-37 30 kg/ha
ab EC-Stadium 39 60 kg/ha

Erntermittlungen:
je Wiederholung: Kornertrag in dt/ha
Trockensubstanzgehalt
Siebsortierung
Tausendkorngewicht

Wintergerste

Sorte: Condesa (Loreley, KWS Cosmos)
Aussaatzstärke: ca. 300 Körner/m² je nach Aussaattermin
Aussaattermin: ortsüblich
N-Düngung: nach N-min
zu Vegetationsbeginn: 90 kg N/ha - N-min
EC-Stadium 29-32 30 kg N/ha
ab EC-Stadium 39 50 kg N/ha

Erntermittlungen:
je Wiederholung: Kornertrag in dt/ha
Trockensubstanzgehalt
Hektolitergewicht und Tausendkorngewicht

Welsches Weidelgras

Mischung: Standardmischung A 1 (nur 2001: statt im Herbst 2001 im Frühjahr 2002
Standardmischung A 2 aussäen)
Aussaatzstärke: 40 kg/ha (bei Einmischung von tetraploiden Sorten je nach Anteil um bis zu 30 %
erhöhen)
Aussaattermin: ca. 15. September
Nutzungstermine: 5 Nutzungen:
ca. 01. Mai
ca. 01. Juni
ca. 10. Juli
ca. 25. August
ca. 20. Oktober
N-Düngung: 100 + 80 + 80 + 60 + 60 kg N/ha
Erntermittlungen je Schnitt: Grünmasseertrag / Teilstück
% TS je Teilstück
% N aus einer Mischprobe aus Wiederholung a-d
Umbruch des Welschen Weidelgrases im Januar anstreben.

Zuckerrübe

Sorte: Mars (Marley, Hannibal, Prestige)
Aussaatzstärke: betriebsüblich (117000 Pflanzen/ha, Reihenweite 45 cm, Ab-
lageweite 19 cm, Saatgutbedarf: 1,17 U/ha)
Aussaattermin: ortsüblich
N-Düngung: nach N-min, Sollwert 200 kg N/ha
Zeitpunkt der N-Gabe: Zur Saat (max. 120 kg N/ha),
bei notwendiger Teilung der N-Gabe die 2. Gabe bei
Erscheinen des 2. Laubblattpaares
Erntermittlungen: Rübengewicht und Trockensubstanzgehalt
Rübenblattgewicht und Trockensubstanzgehalt
Zuckergehalt und Zuckerertrag
Inhaltsstoffe (Untersuchung in Abstimmung mit der Zuckerfabrik)

Ölrettich

Sorte:	Adios
Aussaatstärke:	20 kg/ha
Aussaattermin:	ca. 10. - 15. August
N-Düngung:	40 kg N/ha als Kalkammonsalpeter (Nr.2, 3, 4, 7, 8, 9, 11) bzw. 80 kg Ges.-N/ha aus Gülle (Nr. 6) bzw. 80 kg Ges.-N/ha aus Stallmist (Nr. 5)
Abschlegeln:	bei Bedarf, 1. um ggf. ein Aussamen zu verhindern 2. im Frühjahr ggf., um die Einarbeitung des Aufwuchses zu optimieren
Stroh / Gülle:	In Variante 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 11 soll das Stroh abgefahren werden. In Variante 4 soll das Stroh gehäckselt eingearbeitet werden (mit Kreiselegge oder Zinkenrotor). In Variante 6 soll das Stroh gehäckselt werden, anschließend eine Güllegabe von 80 kg Ges.-N/ha ausgebracht und mit Kreiselegge oder Zinkenrotor flach eingearbeitet werden.
Mist:	In Variante 5 ist eine Stallmistgabe von 80 kg Ges.-N/ha auszubringen und mit Kreiselegge oder Zinkenrotor flach einzuarbeiten.
Herbizidbehandlung mit Round up:	In den Versuchsgliedern Nr. 7, 8 und 9 ist bei Bedarf der Ölrettichaufwuchs ca. 3 Wochen vor der Maissaat (Anfang April) mit 2 l/ha Round up totzuspritzen, um eine störungsfreie Mulchsaat sicherzustellen bzw. in Nr. 2, 3 und 11 entsprechend vor der Kartoffelpflanzung.

2.3.3.2 Düngungsmaßnahmen und Pflanzenschutz

Die Düngung erfolgte auf nach Empfehlung der Landwirtschaftskammer NRW, d. h für Stickstoff unter Berücksichtigung der N-min-Sollwerte. Die Grunddüngung erfolgte nach jährlicher Bodennährstoffanalyse mit handelsüblichem Dünger zur Einhaltung der Versorgungsstufe C. Die jährlich applizierten Düngermengen sind für die einzelnen Prüfglieder in Anhang 5.2 zusammengefasst.

Die Maßnahmen zum Pflanzenschutz und Unkrautbekämpfung wurden ortsüblich nach den Empfehlungen des Pflanzenschutzdienstes durchgeführt.

2.3.3.3 Bodenchemische Untersuchungen

Die Entnahme der Bodenproben erfolgte als Mischproben aus allen vier Wiederholungen je Versuchsglied:

Probenahmetermine:

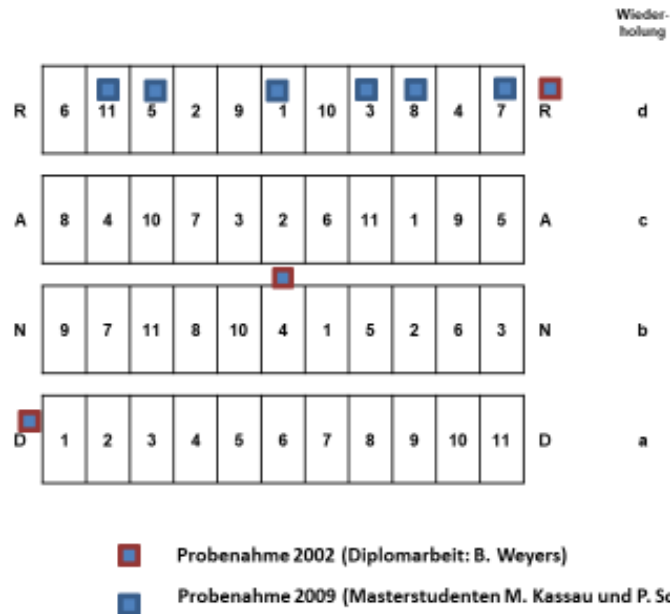
1. Termin: Mitte Februar (Getreide)
Mitte März (Zuckerrüben, Welsch. Weidelgras)
Mitte April (Silomais)
Ende März (Kartoffel)
2. Termin: Vegetationsende (unmittelbar nach der Kartoffelernte)
3. Termin: Mitte Dezember

Untersuchungsparameter:

1. Termin: - N-min (0-30, 30-60, 60-90 cm Tiefe)
2. Termin: - N-min (0-30, 30-60, 60-90 cm Tiefe)
- pH-Wert, P₂O₅, K₂O, MgO (0-30 cm Tiefe)
- Humusgehalt, Gesamt-N (0-30 cm Tiefe)
3. Termin: - N-min (0-30, 30-60, 60-90 cm Tiefe)

2.3.3.4 Bodenphysikalische Untersuchungen

Die bodenphysikalischen Untersuchungen wurden in Zusammenarbeit mit Herrn Prof. Weyer von der Fachhochschule in Soest durchgeführt, und zwar 2002 im Rahmen einer Diplomarbeit von B. Weyers und 2009 im Rahmen einer Projektarbeit der Masterstudenten M. Kassau und P. Schattschneider. Die Proben wurden den nachfolgenden in den Lageplan eingezeichneten Beprobungsstellen entnommen:



Die Probenahme erfasste unter Berücksichtigung der Profilbeschreibung Ap - Al - SwBt folgenden Tiefen:

Krume: 10 – 15 cm
 Krumbasis: 30 – 35 cm
 Unterboden: 60 – 65 cm

Profilbeschreibung (nach Kassau, M. und Schattschneider, P. (2010)):

Ap:	0 - 30 cm	humoser, schwach toniger Schluff, dunkelbraun, Krümelgefüge in den ersten zehn Zentimetern, fortlaufend Bröckelgefüge, locker, stark durchwurzelt, deutlich gerade Untergrenze
Sw	30 – 45 cm	schwach toniger Schluff, graubraun gebleicht, Subpolyedergefüge mit leichten Eisen- und Manganflecken versetzt, mäßig durchwurzelt, sichtbare Unterbegrenzung
Sd	>45 cm	mittel toniger Schluff, kräftig braun, rotbraun und fahlgrau gefleckt, viele Regenwurmröhren, Subpolyedergefüge mit 20 %-igem Anteil an Eisen- und Manganflecken

Folgende Kenngrößen wurden gemessen:

- Spezifisches Gewicht, g
- Trockengewicht, g
- Lagerungsdichte, g/cm³
- Luftkapazität 2,5, Vol.-%
- Feldkapazität, FK Vol.-%
- Nutzbare Feldkapazität nFK 1,8, Vol.-%
- Gesättigte Wasserleitfähigkeit, kf, cm/d
- Gesamtporenvolumen: GPV, Vol.-%
 - weite Grobporen: PV weite GP, Vol.-%
 - enge Grobporen: PV enge GP, Vol.-%
 - Mittelporen: PV mittlP, Vol.-%
 - Feinporen: PV feinP, Vol.-%

3 Versuchsergebnisse

3.1 Bodenchemische Untersuchung

3.1.1 Grundnährstoffgehalte im Boden

Die alljährlich ermittelten Werte der Grundnährstoffgehalte für die einzelnen Fruchtfolgen sind in den Tabellen in Anhang 6.1 für jedes Jahr ausgewiesen. In der Abbildung 3 sind diese Werte für die einzelnen Fruchtfolgen gemittelt über die Jahre zusammengefasst. Der pH-Wert erreicht im Mittel der Jahre in allen Fruchtfolgen den Wert von 6,2 und liegt somit in der Versorgungsstufe C (pH: 6,2-6,6). Die Bodennährstoffgehalte sind einerseits abhängig von den Standortbedingungen, andererseits werden sie jedoch maßgeblich durch den Entzug der Kulturpflanzen und durch die Höhe der Ergänzungsdüngung verändert. Abbildung 3 verdeutlicht, dass der Fruchtfolgeeffekt den pH-Wert nur marginal verändert, während trotz angepasster Grunddüngung deutliche Unterschiede zwischen den Fruchtfolgen bei den Bodennährstoffgehalten resultierten. Vergleichsweise höhere Gehalte in den Fruchtfolgen 5 und 6 sind eine Folge der Gülle- bzw. Stallmistdüngung in diesen Fruchtfolgen, während die vergleichsweise geringeren Kaliumgehalte in den Fruchtfolgen 10 und 11 durch die hohen Entzüge des Welschem Weidelgrases in diesen Fruchtfolgen verursacht sind.

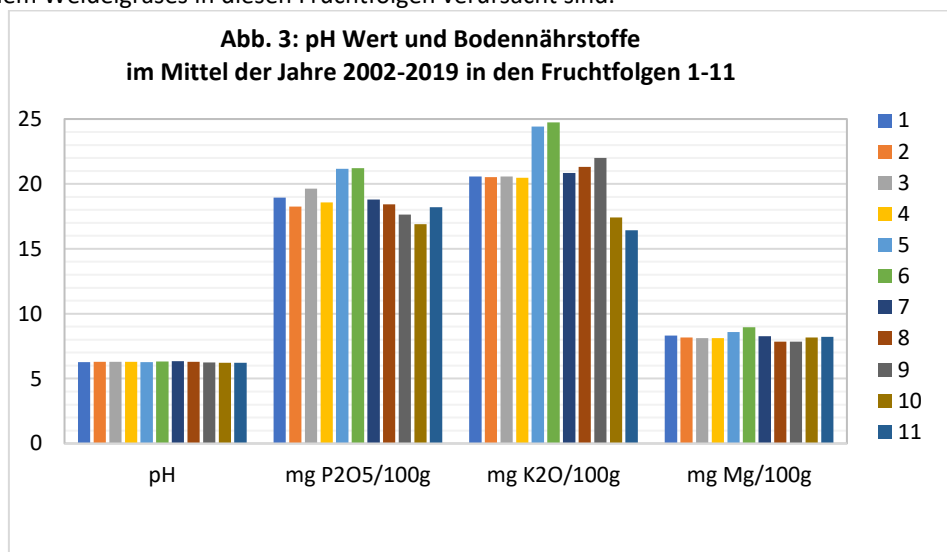
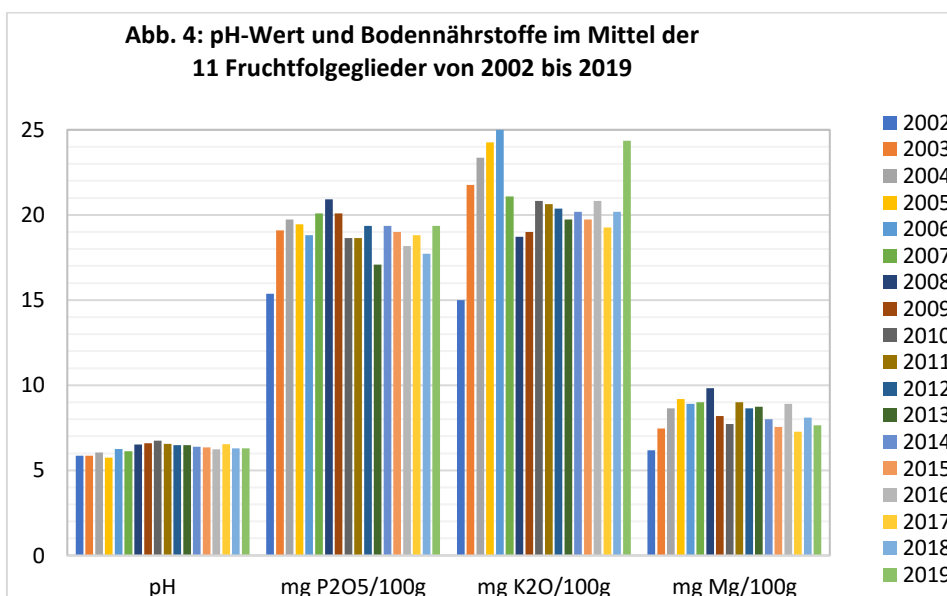
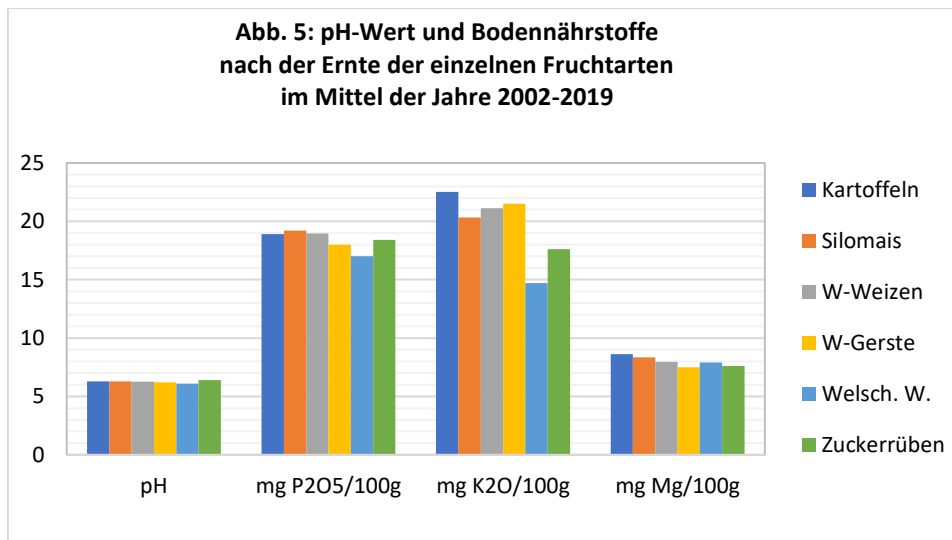


Abbildung 4 zeigt, inwieweit sich die Bodennährstoffgehalte gemittelt über alle Fruchtfolgen im Laufe der Jahre veränderten. Ausgehend von dem pH-Wert von 5,8 (Versorgungsstufe B) wurde ab 2006 der für den Standort angestrebte pH-Wert von 6,2 (Versorgungsstufe C) erreicht. Der P₂O₅-Gehalt und K₂O-Gehalt unterlagen zwar deutlichen Änderungen, erreichten aber stets die Versorgungsstufe C (10-18 mg/100g Boden), während sich die Magnesiumgehalte überwiegend in der Versorgungsstufe D (7-10-mg/100g Boden) bewegten.

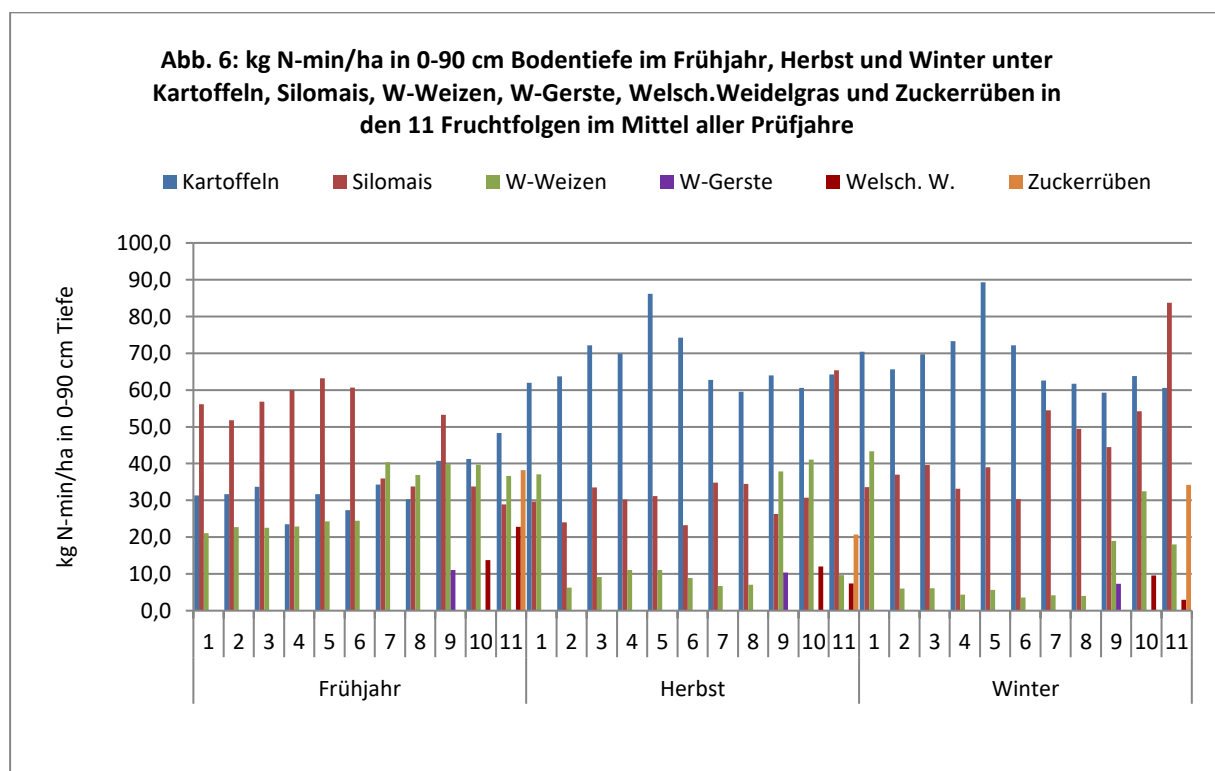




In der Abbildung 5 sind die Werte für die einzelnen Kulturpflanzen gemittelt über die vorhandenen Fruchtfolgen und jeweiligen Anbaujahre dargestellt. Bei diesem Vergleich ist zu berücksichtigen, dass nicht alle Arten in allen Fruchtfolgen und Jahren geprüft wurden. Gleichwohl sind einerseits die niedrigen P₂O₅ und K₂O-Gehalte nach Welschem Weidelgras auffallend, während nach Kartoffeln, Silomais, Winterweizen und Wintergerste im Kaliumgehalt sogar die Versorgungsstufe D (19-32 mg K₂O/100 g Boden) erreicht wurden.

3.1.2 Nitratgehalt im Boden

In Abbildung 6 werden die N-min-Gehalte für die gesamte Bodenschicht 0-90 cm Tiefe aufsummiert und für die einzelnen Kulturarten fruchtfolgespezifisch im Mittel über alle Prüfhjahre für die einzelnen Probenahmeterminen Frühjahr, Herbst und Winter verglichen. Die Einzelwerte der Nitratanalysen im Boden sind in den Tabellen im Anhang 6.2 für die einzelnen Bodenschichten in 0-30, 30-60 und 60-90cm Bodentiefe ausgewiesen.



Beim Vergleich der N-min-Werte unter den verschiedenen Arten fallen zunächst die Kartoffeln mit ihren typisch für die Hackfrucht vergleichsweise hohen Werten im Sommer und Herbst auf. Die hier besonders hohen Werte in der Fruchtfolge 5 sind als Nachwirkung der Stallmistgabe zur Vorfrucht Ölrettich erklärbar.

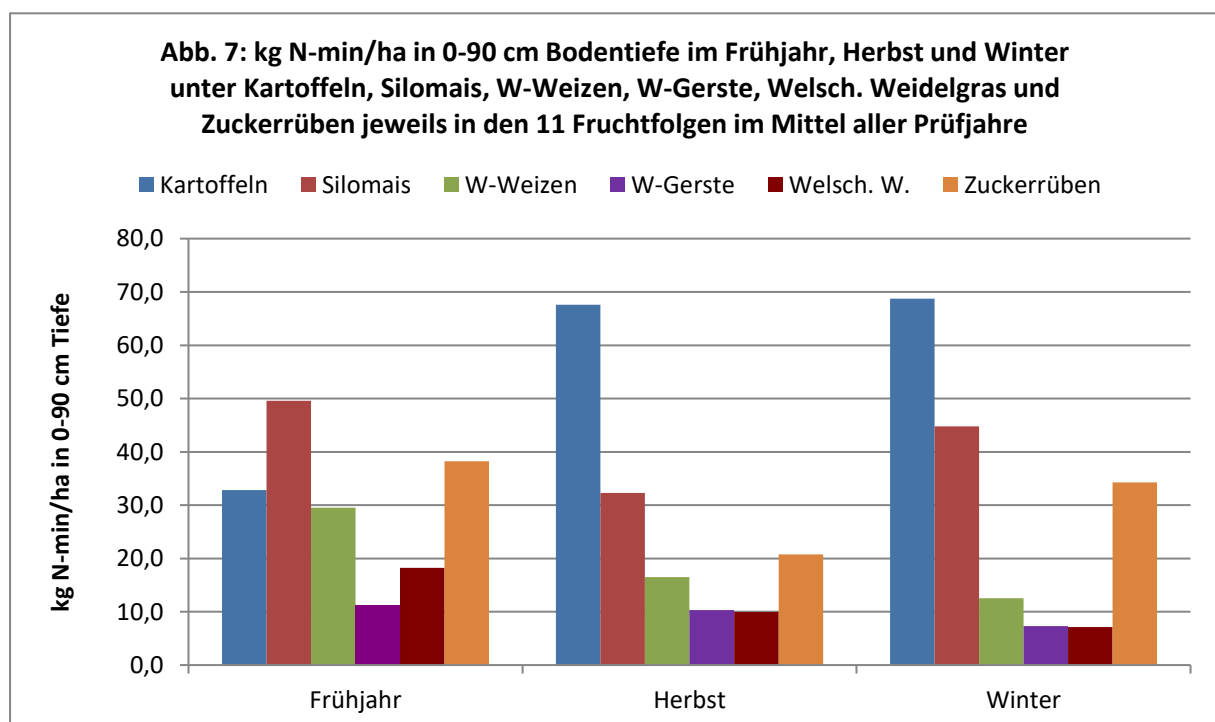
Beim Silomais ragen besonders die Frühjahrswerte in den Fruchtfolgen 1-6 hervor. In diesen Fruchtfolgen steht der Silomais hinter Kartoffeln. Deutlich niedrigere Werte zeigt Silomais bei der Frühjahrsbeprobung in den Fruchtfolgen 7 und 8, wo er hinter der Zwischenfrucht Ölrettich angebaut wurde. Genau umgekehrt sind die Ergebnisse bei der Probenahme im Winter. In den Fruchtfolgen 1-6 folgte dort nach der Maisernte bereits Winterweizen, der dem Boden offensichtlich Reststickstoff entzogen hat, während in den Fruchtfolgen 7-11 als Folgefrucht erst im Frühjahr die Sommerung Kartoffeln oder Zuckerrüben folgte.

Auch beim Winterweizen zeigen sich deutliche Effekte der Fruchtfolge auf die N-min-Werte besonders bei der Probenahme im Frühjahr. In der Fruchtfolge 1 bis 6 folgt der Winterweizen auf Silomais und in den Fruchtfolgen 7-10 auf Kartoffeln und in Fruchtfolge 11 auf Zuckerrüben. Nach Silomais war im Frühjahr weniger Reststickstoff vorhanden als nach Kartoffeln und Zuckerrüben. Ein weiterer deutlicher Abfall der Nitratmengen ist bei der Herbst- und Winterprobenahme in den Fruchtfolgen 2 bis 8 und 11 erkennbar, also in den Fruchtfolgen in denen nach der Winterweizenernte Ölrettich als Zwischenfrucht gesät wurde.

Unter Wintergerste wurden in diesem Versuch zu allen Terminen die niedrigsten N-min-Gehalte gemessen. Wintergerste stand in diesem Versuch allerdings nur einmal in der viergliedrigen Fruchtfolge Nr. 9, dort nach Winterweizen kombiniert mit nachfolgender Ölrettichzwischenfrucht. Durch diese ganzjährige Begrünung wird der Stickstoff im Boden weitgehend festgehalten.

Einen ähnlichen Effekt zeigt der Anbau von Welschem Weidelgras in den Fruchtfolgen 10 und 11. Durch die ganzjährige Begrünung wird der mineralische Stickstoff ganzjährig dem Boden entzogen.

Die Zuckerrübe stand im Versuch in Fruchtfolge Nr. 11 nach Silomais und vor Winterweizen. Die Reststickstoffmengen der Vorfrucht Silomais sind bei der Frühjahrsbeprobung noch kaum, bis zur Herbstprobenahme jedoch weitgehend entzogen. Ähnlich wie bei der Kartoffel steigen die N-min-Gehalte bis zur Winterprobenahme wieder an, jedoch nicht so stark wie bei der Kartoffel, wo durch etwas frühere Ernte und stärkere Bodenlockerung bei der Ernte die Nitratmineralisation im Boden noch stärker forciert wird.



Zusammengefasst soll mit Abbildung 7 der Effekt der einzelnen Kulturarten auf die Nitratmobilisation im Boden verdeutlicht werden. Unter dem Wasserschutzaspekt sind besonders Pflanzenarten mit hohen Reststickstoffmengen im Herbst und Winter also zu Zeiten der Grundwasserneubildung relevant. Ein besondere Gefahrenpotential geht hiernach aus von der Kartoffel, gefolgt von Silomais und Zuckerrüben, während Winterweizen und Wintergerste kombiniert mit Zwischenfrüchten und der Anbau von Welschem Weidelgras sehr deutlich die Nitratfreisetzung im Herbst und Winter reduzieren.

3.1.3 Humusgehalt

Die Humusbilanzierung gilt als wichtiges Hilfsmittel zur Beurteilung der Humuswirtschaft eines Betriebes. Das Prinzip der Humusbilanzierung beruht darauf, dass der fruchtartspezifische Humusbedarf mit der Humuslieferung organischer Materialien verglichen wird. Bedarf und Lieferung werden hierbei in Humusäquivalenten je Hektar (Häq/ha) angegeben. Aktuell werden von der Landwirtschaftskammer die folgenden Humusäquivalente für die im Versuch angebaute Kulturarten verwendet. (siehe auch: Ratgeber Pflanzenbau der Landwirtschaftskammer NRW, 2018, S. 173-177)

Humusäquivalent/ha der Hauptfrüchte

Kartoffel	-760
Silomais	-560
Winterweizen	-280
Welsches Weidelgras	+600
Wintergerste	-280
Zuckerrübe	-760
Ölrettich	+100
Strohdüngung: Korntrug x 0,8 x10	

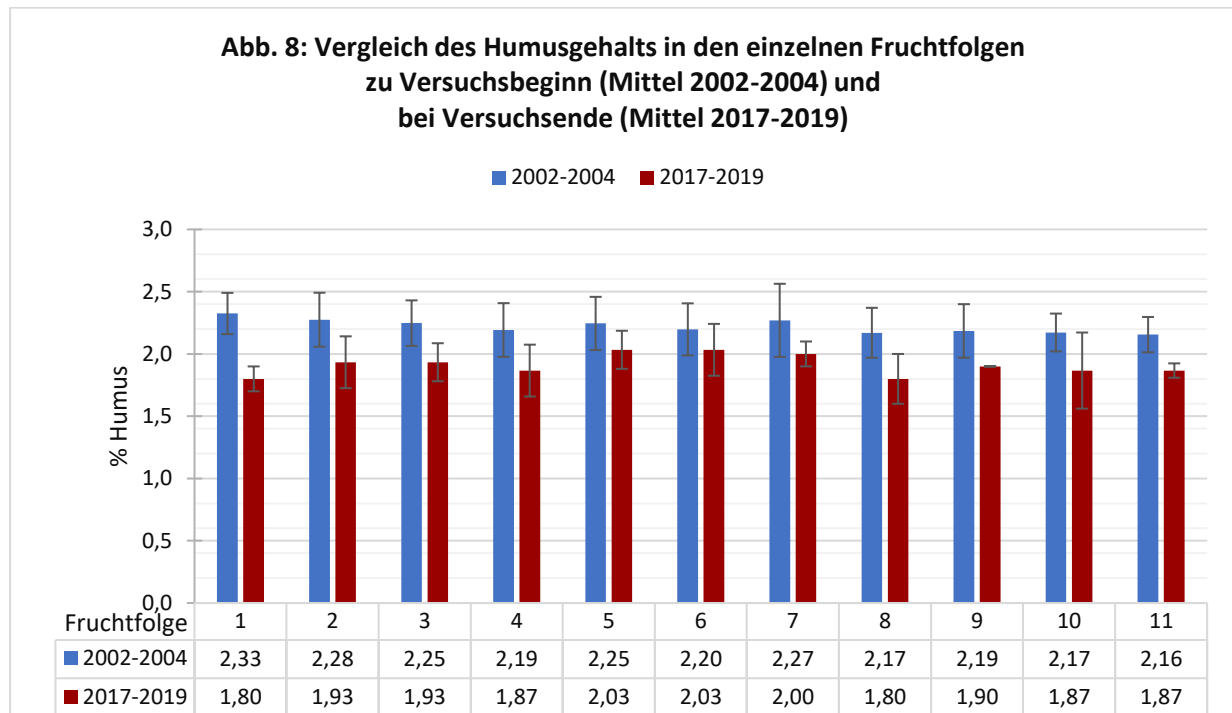
Übersicht 4 zeigt die Berechnung der Humusäquivalente für die 11 Fruchtfolgen des Versuches auf der Basis dieser Zahlen. In der letzten Spalte der Tabelle sind die Humusäquivalente für die einzelnen Fruchtfolgen im Mittel der Jahre 2002-2019 ausgewiesen. Im Mittel der Jahre resultierten in allen Fruchtfolgen negative Humusäquivalente. Die Fruchtfolge Nr. 1 (3-gliedrig ohne Zwischenfrucht) wies mit dem Humusäquivalent von -533 Häq/ha das größte Humusdefizit auf. Mit Werten von -500 Häq/ha folgten die Fruchtfolgen 2, 3, 7 und 8 (alle 3-gliedrig mit Zwischenfrucht, aber ohne organische Düngung). Neben der Einbindung des Zwischenfruchtanbaus wird das Defizit maßgeblich reduziert durch Gülledüngung in Fruchtfolge 4 auf -255 Häq/ha, durch Stallmistdüngung in Fruchtfolge 5 auf -190 Häq/ha und durch Kombination von Stroh und Gülledüngung in Fruchtfolge 6 auf -172 Häq/ha. Auch der Übergang von der drei- zur viergliedrigen Fruchtfolge und Integration einer weniger humuszehrenden Art wie Wintergerste in Fruchtfolge 9 oder einer humusmehrenden Art wie Welsches Weidelgras führt ebenfalls zur Reduktion des Humusdefizits. In der fünfgliedrigen Fruchtfolge 11 ist das Defizit gegenüber Fruchtfolge 10 durch Hinzunahme der Zuckerrübe als stark humuszehrenden Hackfrucht gegenüber der Fruchtfolge 10 nicht weiter reduziert, sondern erneut erhöht.

Übersicht 4: Humusäquivalent, Häq/ha der 11 Fruchtfolgen

Nr.	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Mittel 2002-2019
1	-760	-560	-280	-760	-560	-280	-760	-560	-280	-760	-560	-280	-760	-560	-280	-760	-560	-280	-760	-533
2	-760	-560	-180	-760	-560	-180	-760	-560	-180	-760	-560	-180	-760	-560	-180	-760	-560	-180	-760	-500
3	-760	-560	-180	-760	-560	-180	-760	-560	-180	-760	-560	-180	-760	-560	-180	-760	-560	-180	-760	-500
4	-760	-560	527	-760	-560	522	-760	-560	539	-760	-560	577	-760	-560	581	-760	-560	578	-760	-255
5	-760	-560	460	-760	-560	980	-760	-560	720	-760	-560	820	-760	-560	760	-760	-560	756	-760	-190
6	-760	-426	619	-760	-503	579	-711	-474	608	-614	-519	670	-693	-458	613	-684	-423	695	-620	-172
7	-760	-180	-560	-760	-180	-560	-760	-180	-560	-760	-180	-560	-760	-180	-560	-760	-180	-560	-760	-500
8	-760	-180	-560	-760	-180	-560	-760	-180	-560	-760	-180	-560	-760	-180	-560	-760	-180	-560	-760	-500
9	-760	-280	-180	-560	-760	-280	-180	-560	-760	-280	-180	-560	-760	-280	-180	-560	-760	-280	-180	-421
10	-760	-280	600	-560	-760	-280	600	-560	-760	-280	600	-560	-760	-280	600	-560	-760	-280	600	-204
11	-760	600	-560	-760	-180	-760	600	-560	-760	-180	-760	600	-560	-760	-180	-760	600	-560	-760	-317

Das Ergebnis der Humusbilanzierung lässt erwarten, dass die Humusgehalte im Boden im Versuchsverlauf abnehmen. In der Abbildung 8 ist die Veränderung des Humusgehaltes für die 11 Fruchtfolgen dargestellt. Die alljährlich durchgeführten Messungen unterlagen allerdings recht großer Schwankung. Der Humusgehalt startete im Mittel der Fruchtfolgen mit 2,2 % Humus (Mittel der Jahre 2002-2004) und sank bis Versuchsende auf 1,9 % (Mittel der Jahre 2017-2019). Dieser Abfall war als Folge der negativen Humusbilanz zu erwarten. Trotz großer Streuung war ein gewisser Trend erkennbar. Fruchtfolge Nr. 1, also die dreigliedrige Fruchtfolge ohne Zwischenfruchtanbau zeigt zu Versuchsende mit 1,8 % Humus den niedrigsten Wert, unterschied sich bei

Versuchsende aber nicht klar von allen übrigen Fruchtfolgen. Lediglich die etwas höheren Humusgehalte der Fruchtfolgen Nr. 5 (Fruchtfolge mit Ölerrettich und Stallmist) und Fruchtfolge Nr. 6 (Fruchtfolge mit Ölerrettich Stroheinarbeitung und Gülle) sind signifikant gegenüber Fruchtfolge Nr. 1, ein Effekt, der auch nach der Humusbilanzierung zu erwarten war. Nach Humusbilanzierung hätte auch in der Fruchtfolge 10 bei einem Defizit von -204 HÄq/ha ein höherer Humusgehalt erreicht werden müssen. Dies war nicht der Fall. Die hohe Standardabweichung bei Nr. 10 zeigt jedoch, dass die Auswirkung der Fruchtfolgen auf den Humusgehalt hier nicht abschließend bewertet werden kann.



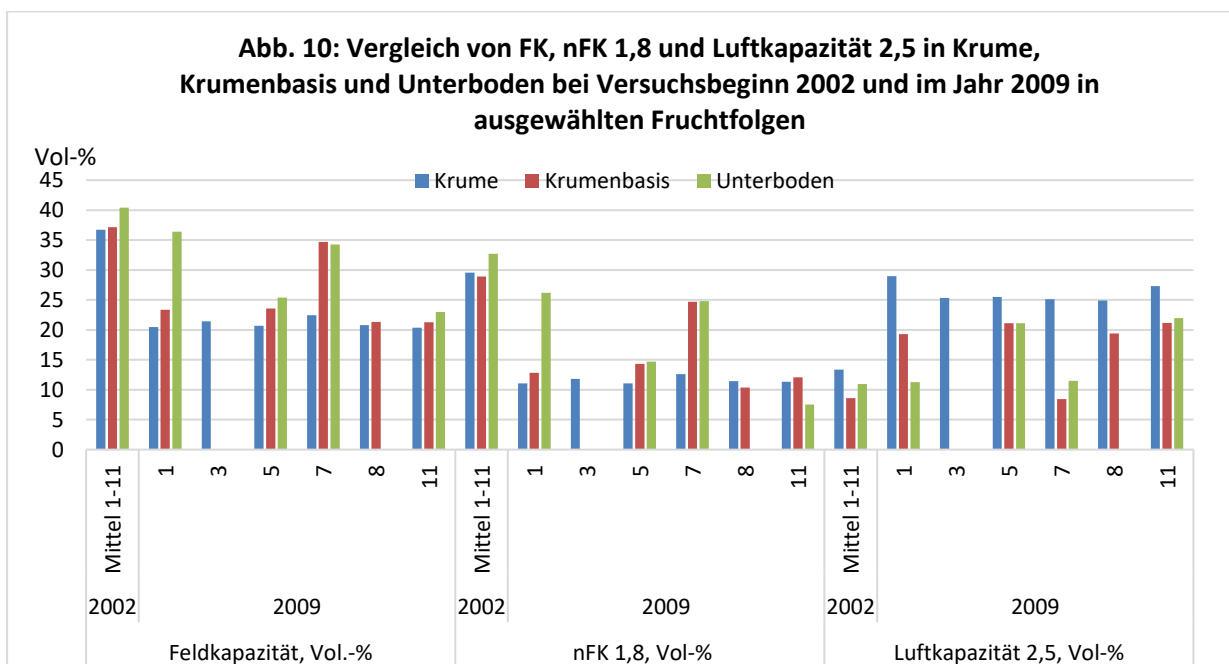
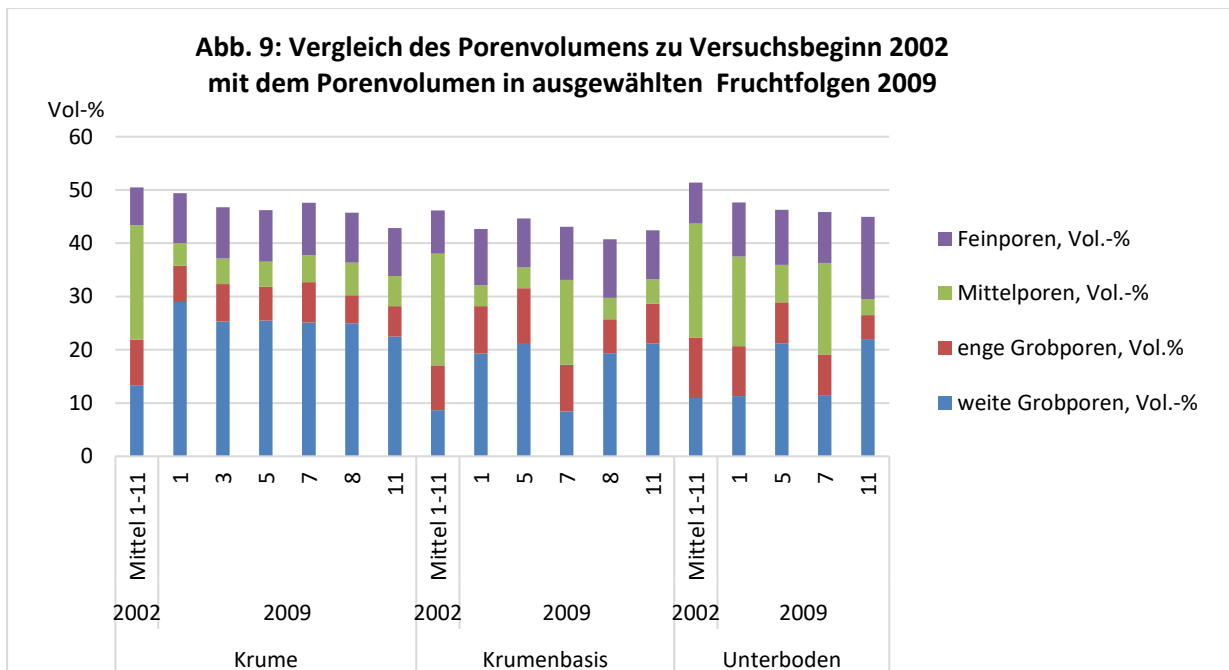
3.2 Bodenphysikalische Untersuchungen

Die bodenphysikalischen Untersuchungen wurden in Zusammenarbeit mit Herrn Prof. Thomas Weyer von der Fachhochschule in Soest durchgeführt. Die dargestellten Ergebnisse sind der Diplomarbeit von B. Weyers (Datenerhebung 2002) und der Projektarbeit der Masterstudenten M. Kassau und P. Schattschneider (Datenerhebung 2009) entnommen, siehe:

Weyers, B.: Validierung von Modellen zur mechanischen Belastbarkeit lössbürtiger Böden Nordrhein-Westfalens. Diplomarbeit Fachhochschule Südwestfalen, Soest

Kassau, M. und Schattschneider, P.: Prüfung der Bedeutung verschiedener Einflussfaktoren zur Optimierung der Bodenstruktur in einer intensiven Hackfruchtfolge am Standort Kleve. Projektarbeit im Masterstudiengang des Fachbereichs Agrarwirtschaft der Fachhochschule Südwestfalen, Soest

Die wesentlichen Ergebnisse sind in der Tabelle im Anhang 6.3 zusammengefasst. Der Vergleich des Porenvolumens zu Versuchsbeginn 2002 mit dem Porenvolumen 2009 in Abbildung 9 zeigt im Trend eine Abnahme des Gesamtporenvolumens und vor allem in der Krume eine Verschiebung mit deutlicher Zunahme der weiten Grobporen auf Kosten der Mittelporen. Diese Verschiebung dürfte im Versuch eine Folge der regelmäßigen Bodenlockerung bei häufigem Pflugeinsatz sein. Analog den Verschiebungen im Porenvolumen zeigen sich in Abbildung 10 auch Verschiebungen in der Feldkapazität und nutzbarer Feldkapazität von 2002 bis 2009. Ein deutlicher Rückgang von Feld- und nutzbarer Feldkapazität bei Anstieg der Luftkapazität ist sowohl in der Krume, aber auch an der Krumbasis erkennbar. Unterschiede zwischen den 2009 beprobten Fruchtfolgen waren zwar erkennbar, aber die Unterschiede sind kaum den fruchtfolgespezifischen Maßnahmen der Bodenbearbeitung oder organischen Düngung zuzuordnen. Der Wirkungszeitraum zur Feststellung der Auswirkungen auf die Bodenphysik war offensichtlich noch zu kurz, um gesicherte Aussagen treffen zu können.



3.3 Pflanzenertrag, Qualität und Pflanzengesundheit

3.3.1 Fruchtartenspezifische Erträge 2002-2019

In Übersicht 5 sind für die einzelnen Jahre die kulturartenspezifischen Erträge in den einzelnen Fruchtfolgen dargestellt und für jedes Jahr die kulturartenspezifische Grenzdifferenz 5 % (GD 5%) auf Basis der einfaktorieller Blockanlage berechnet. In der letzten Spalte ist jeweils der Mittelwert für die einzelnen Fruchtfolgen ausgewiesen und für die Fruchtfolgen, bei denen die Fruchtarten im gleichen Anbaujahr standen, die Grenzdifferenz 5 % berechnet, indem der Faktor Jahre als Wiederholung gewertet wurde. Dadurch unterscheiden sich diese Grenzdifferenzen abhängig von der Zahl der Jahre und Zahl der Prüfglieder.

Übersicht 5: Fruchtartsspezifische Erträge der geprüften Kulturarten in den Jahren 2002-2019

Kartoffeln		Erntejahr																			GD
	Nr.	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Mittel	5%
Frischmasse, dt FM/ha	1			621			609			265		442			479		360	463	24		
	2			669			714			354		505			523		402	528			
	3			678			659			347		513			560		382	523			
	4			680			686			334		478			520		389	514			
	5			715			696			378		523			517		396	538			
	6			678			661			369		510			519		428	528			
	7			543			615			238		391			406		348	424			
	8			585			617			276		424			469		365	456			
	9				482				611				445			474			503	20	
	10				490				599				454			492			509		
	11					484					616				587				562		
	Mittel			646	486	484	657		605	320	616		468		509	483		384	501		
	GD																				
	5%			47	63		51		87	35		40			42	64		44			
Silomais		Erntejahr																			GD
	Nr.	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Mittel	5%
Trockenmasse, dt TM/ha	1	175		198			219			190		188			188			193	6		
	2	186		199			217			196		192			190			197			
	3	188		196			236			194		187			192			199			
	4	176		204			215			190		185			186			193			
	5	188		202			226			200		199			194			202			
	6	179		186			220			192		176			197			192			
	7		186		147			201			206		172			155			178	3	
	8		179		140			197			195		168			146			171		
	9			180			218			212		202							203	22	
	10			175			231			208		182							199		
	11			179			237			182		155							188		
	Mittel	182	181	178	198	150	224	199	194	205	182	188	170	192	191	152		192			
	GD																				
	5%	18	10	29	15	25	20	9	13	21	16	17	35	11	38						
Winterweizen		Erntejahr																			GD
	Nr.	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Mittel	5%
Korntrag, dt/ha (86% TS)	1		87			88			92		86			100			94	91	4		
	2		87			91			95		90			103			95	94			
	3		86			92			99		97			102			96	95			
	4		88			88			90		95			95			95	92			
	5		90			90			95		94			94			97	93			
	6		87			91			85		96			91			92	90			
	7	88			87			109			82			73			73	86	2		
	8	86			89			107			82			75			72	85			
	9	87				83				71				72				87	80	6	
	10	91				78				75				66				81	78		
	11				96					75				89					87		
	Mittel	88	88		91	88	108	92	74	82	93		72	96		72	92	89			
	GD																				
	5%	6	5		9	5	8	6	8	10	11		10	12		18	6				
Wintergerste		Erntejahr																			GD
	Nr.	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Mittel	5%
Wintergerste, Korntrag, dt/ha (86% TS)	9		64				59			70				87				55	67		
Weisches Weidelgras, Trockenmasse, dt TM/ha	10		144				193			159				173				100	154		
	11	145					216					191				164			179		
Zuckerrüben, Rübenertrag, dt FM/ha	11			758				630					866					590	711		

Mit mittleren Erträgen von 501 dt/ha Kartoffeln, 192 dt/ha Silomais, 89 dt/ha Winterweizen, 67 dt/ha Wintergerste, 167 dt/ha Welsches Weidelgras und 711 dt/ha Zuckerrüben wurden keine sehr hohen, aber durchschnittliche Erträge erzielt. Allerdings wichen die Erträge in einzelnen Jahren deutlich von diesen Mittelwerten ab. Bei den Kartoffeln führten insbesondere die Jahre 2010 und 2019 trockenheitsbedingt zu schwachen Erträgen, beim Silomais 2006, aber auch 2018, beim Winterweizen die Jahre 2010, 2014 und 2017 und bei Wintergerste, Welschen Weidelgras und Zuckerrüben vor allem das Jahr 2019.

3.3.2 Kartoffeln

Das Ertragsniveau divergierte in den Anbaujahren besonders deutlich bei der Kartoffel (siehe Übersicht 6) und zeigt wie stark die Kartoffel auf unterschiedliche Wachstumsbedingungen reagiert. Die Erträge der Kartoffeln lagen in der Kontrollfruchtfolge Nr.1 nur in den ersten beiden Jahren 2004 und 2007 mit 620 dt/ha bzw. 609 dt/ha 2007 auf recht hohem Niveau, während die Bestände 2010 durch fehlende Niederschläge in den Monaten Juni und Juli sehr stark unter Wassermangel litten und nur minimale Erträge von 265 dt/ha lieferten. Auch 2013 bremste anhaltende Sommertrockenheit das Wachstum ähnlich wie auch 2016, wo trotz extremer Niederschlagsereignisse im Juni danach bis in den September hinein warm-trockene Wachstumsbedingungen vorherrschten. 2019 war besonders das Anfangswachstum durch ein anhaltendes Niederschlagsdefizit von April bis Juli beeinträchtigt. Interessant war jedoch, dass trotz dieses sehr unterschiedlichen Ertragsniveaus der Kartoffel in den verschiedenen Anbaujahren, die unterschiedlichen Maßnahmen in allen Jahren ähnlich wirkten, sodass die Ergebnisse auch im Mittel der Jahre signifikante Effekte zeigen.

Übersicht 6: Einfluss der Fruchtfolge auf den Kartoffelertrag in dt/ha

Fruchtfolge			Erntejahr						
Nr.	Rotation	Vorfrucht vor Kartoffel	2004	2007	2010	2013	2016	2019	Mittel
1	3 Jahre	Winterweizen ohne Zwischenfrucht	621	609	265	442	479	360	463
2	3 Jahre	Winterweizen+Ölrettich	669	714	354	505	523	402	528
3	3 Jahre	Winterweizen+Ölr.pfluglos	678	659	347	513	560	382	523
4	3 Jahre	Winterweizen+Ölrettich+Stroh	680	686	334	478	520	389	514
5	3 Jahre	Winterweizen+Ölrettich+Mist	715	696	378	523	517	396	538
6	3 Jahre	Winterweizen+Ölrettich+Stroh+ Gülle	678	661	369	510	519	428	528
7	3 Jahre	Silomais-Herbstfurche	543	615	238	391	406	348	424
8	3 Jahre	Silomais-Frühjahrsf.	585	617	276	424	469	365	456
9	4 Jahre	Silomais-Frühjahrsf. nach Ölrettich				445			
10	4 Jahre	Silomais-Frühjahrsf. nach Ackergras				454			
11	5 Jahre	Winterweizen+Ölrettich					587		
Mittel			646	657	320	468	509	384	497
GD 5%			47	51	35	36	43	44	24

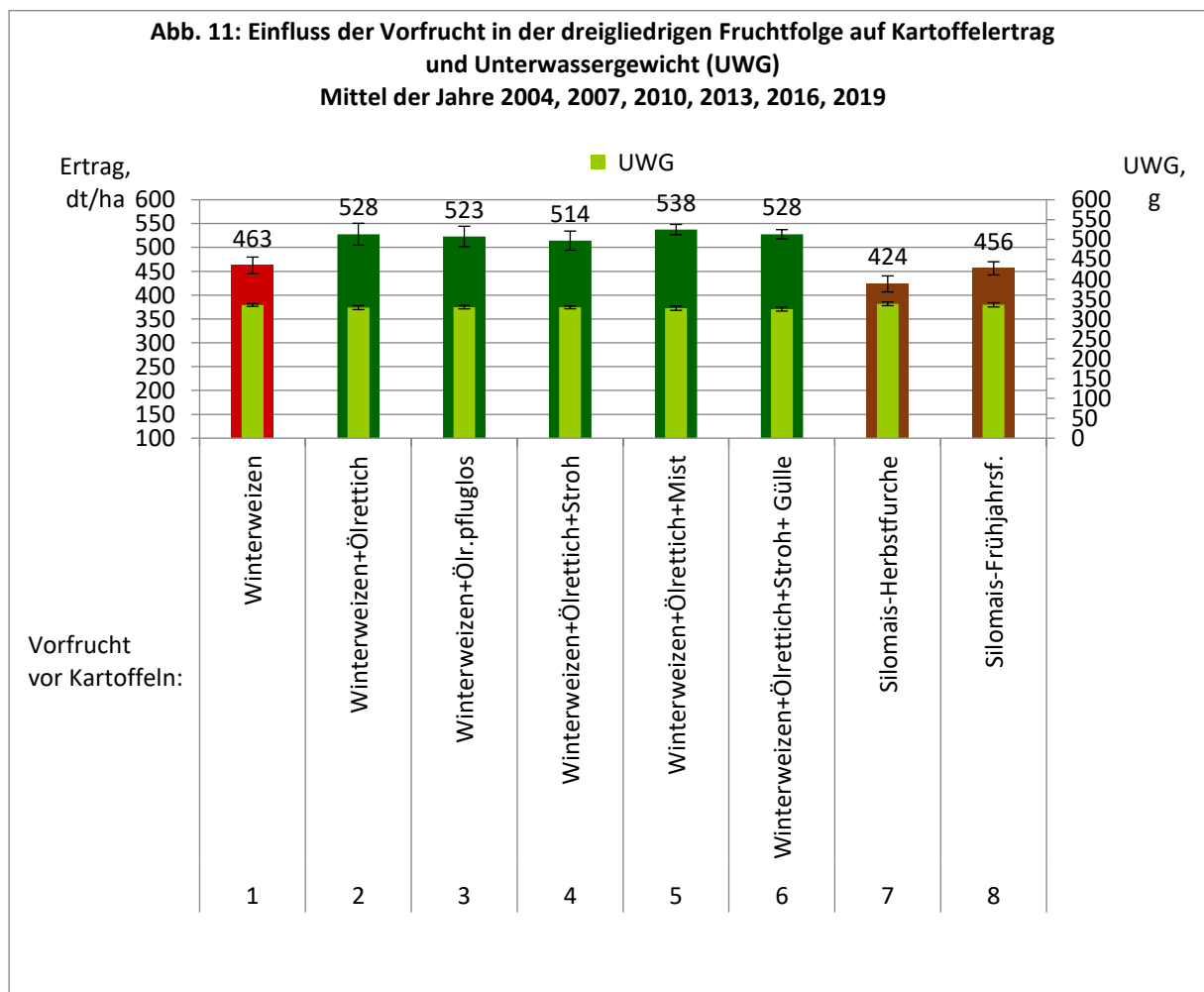
Im Jahr 2019 hatte die Kartoffel in den dreijährigen Fruchtfolgen Nr. 1-8 insgesamt sechs Rotationen durchlaufen, sodass für diese Rotation sechs Jahresergebnisse aus 2004, 2007, 2010, 2013, 2016 und 2019 vorliegen. Diese Ergebnisse sind im Mittel dieser sechs Jahre in der Abbildung 11 veranschaulicht. Darüber hinaus war 2013 nach 12 Versuchsjahren auch ein Vergleich der Ergebnisse der dreijährigen Fruchtfolgen Nr. 1-8 mit den vierjährigen Fruchtfolgen Nr. 9 und 10 möglich. Diesen Vergleich zeigt die Abbildung 12. Schließlich war 2016 nach 15 Versuchsjahren noch ein Vergleich der dreigliedrigen Fruchtfolgen Nr. 1-8 mit der fünfgliedrigen Fruchtfolge Nr. 11 möglich. Diesen Vergleich zeigt die Abbildung 13.

Die Abbildung 11 verdeutlicht den Einfluss der Vorfrucht in der dreigliedrigen Fruchtfolge auf den Kartoffelertrag und das Unterwassergewicht im Mittel der Versuchsjahre für die Fruchtfolgen 1-8. Der Vergleich der Fruchtfolgen 1 und 2 zeigt einen deutlich positiven Effekt des Zwischenfruchtanbaus (+ 65 dt/ha). Der Vergleich der Varianten 3, 4, 5 und 6 gibt zusätzlich einen Hinweis über den Einfluss der Stroh- (- 9 dt/ha), Stallmist- (+15 dt/ha) und Gülledüngung (+14 dt/ha) zur Zwischenfrucht vor dem Kartoffelanbau. Die Strohdüngung ohne zusätzliche Stickstoffergänzung führt offensichtlich im Vergleich zur Variante mit Gülle zu verminderter Stickstoffverfügbarkeit. Der besonders positive Effekt der Stallmistvariante dürfte insbesondere mit der verzögerten länger anhaltenden Stickstoffwirkung des Stallmistes zusammenhängen.

Die Bedeutung reduzierter Bodenbearbeitung sollte durch den Vergleich der Fruchtfolgen 2 und 3 analysiert werden. Der Unterschied von im Mittel 5 dt/ha ist gering. Die Ergebnisse divergieren zudem in den vier Jahren und lassen bislang keine eindeutige Antwort auf die Frage der pfluglosen Kartoffelbestellung in Kombination mit dem Zwischenfruchtanbau zu.

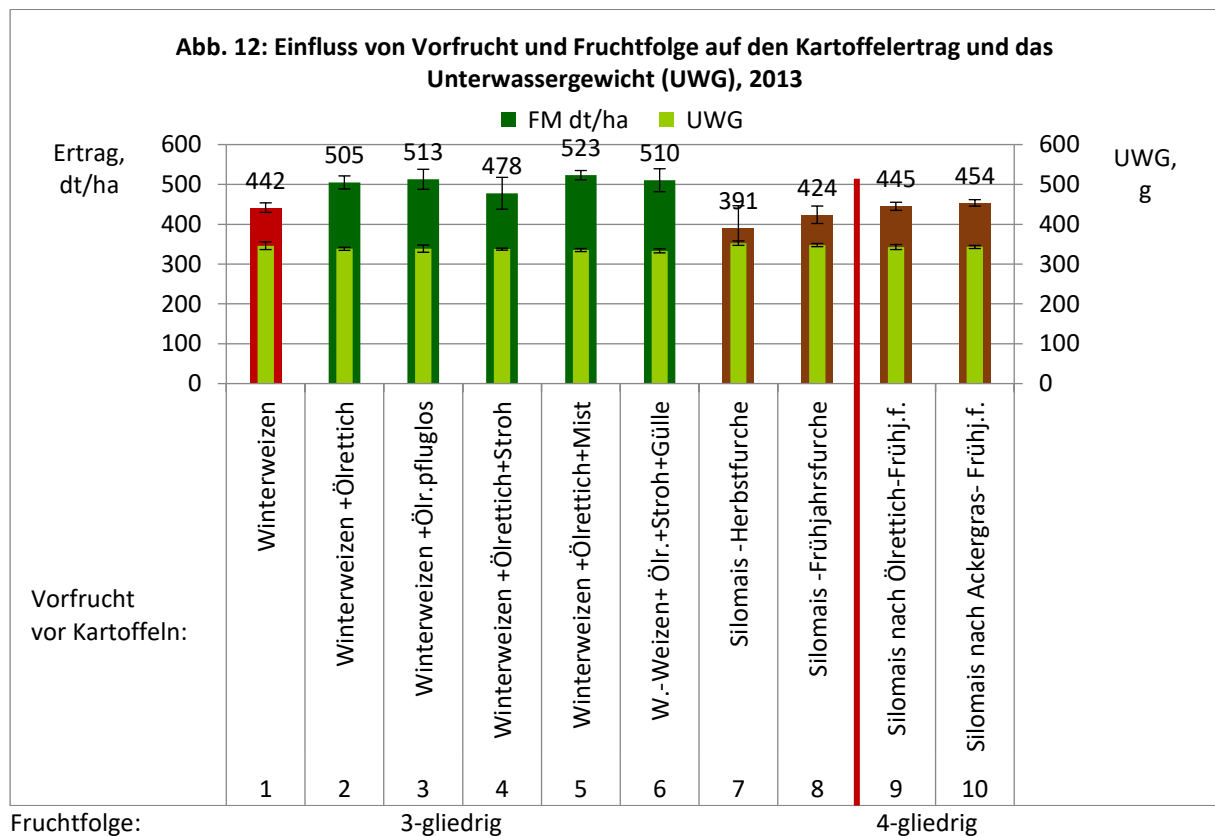
Der Vergleich der Fruchtfolgen 2 und 8 zeigt die Bedeutung der Stellung der Kartoffel in der Fruchtfolge, d. h. Kartoffel nach Weizen oder Kartoffel nach Mais. Mit einem Minderertrag von im Mittel 72 dt/ha in der Fruchtfolge 8 entwickelte sich die Kartoffel bei Frühjahrsfurche nach Silomais deutlich schlechter als nach Winterweizen, noch größer ist der Ertragsabfall in der Variante 7 mit 104 dt/ha Minderertrag, wenn nach Mais bereits im Herbst umgebrochen wird.

Die Ergebnisse der acht verschiedenen dreigliedrigen Fruchtfolgen zeigen somit bilderbuchgleich, welches Potential selbst in einer intensiven dreigliedrigen Fruchtfolge durch gezielten Zwischenfruchtanbau mobilisiert werden kann.



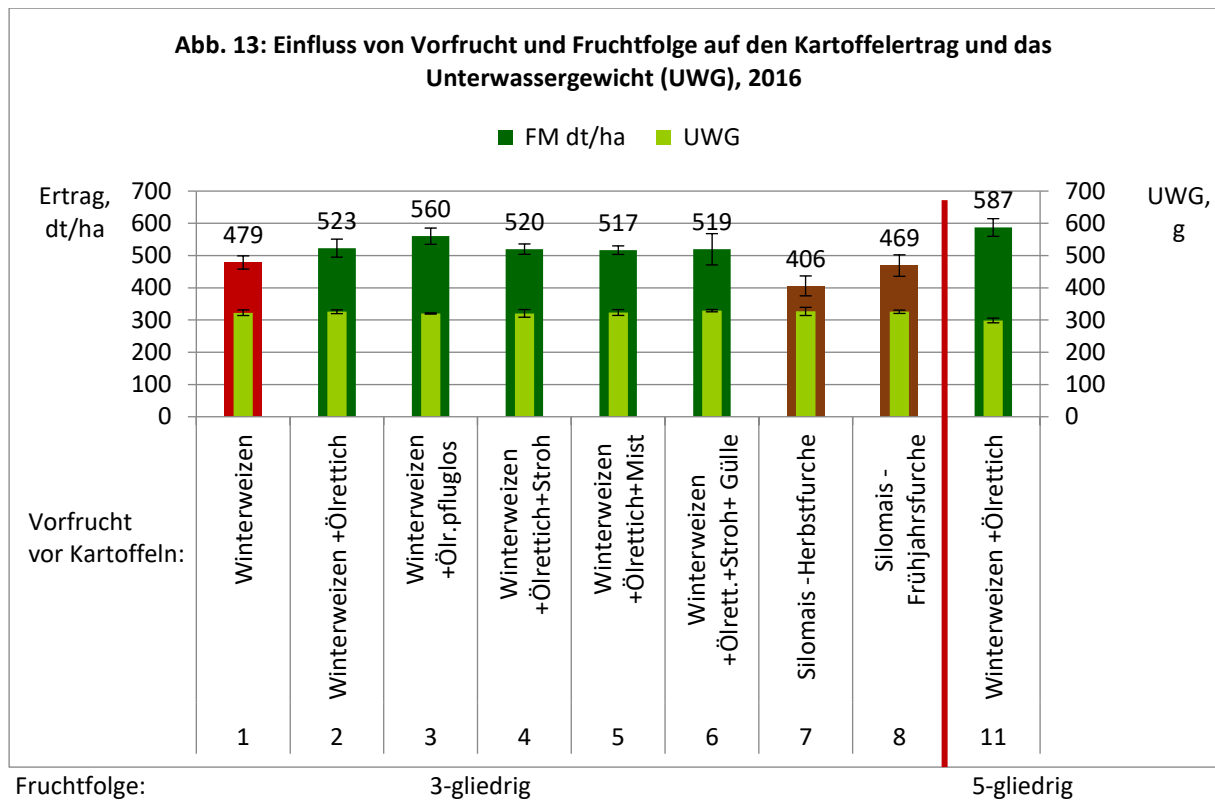
Vergleich der Prüfglieder in der 3- und 4-gliedrigen Fruchtfolge 2013:

Mit Hinzunahme von Wintergerste und der Zwischenfrucht Ölrettich in Fruchtfolge 9 und Welschem Weidelgras in Fruchtfolge 10 sollte untersucht werden, welches zusätzliche Potential in der Erweiterung der Rotation steckt. Diese Frage lässt sich erstmals 2013 nach 12 Versuchsjahren, nach viermaliger Rotation der dreigliedrigen und dreimaligen Rotation der viergliedrigen Fruchtfolge beantworten (siehe Abbildung 12 sowie blau markierte Werte von 2013 in Übersicht 6). In den beiden viergliedrigen Fruchtfolgen steht die Kartoffel jeweils nach Silomais, weshalb der Vergleich mit der dreigliedrigen Fruchtfolge Nr. 8 erfolgen muss. Durch die Hinzunahme eines vierten Fruchtfolgegliedes (Wintergerste + Ölrettich) in Fruchtfolge 9 wurde der Kartoffelertrag zwar um 21 dt/ha, durch Hinzunahme von Welschen Weidelgras in Fruchtfolge 10 sogar um 30 dt/ha gegenüber dem Ertrag in der dreigliedrigen Fruchtfolge Nr. 8 gesteigert, diese Effekte waren jedoch nicht signifikant.



Vergleich der Prüfglieder in der 3- und 5-gliedrigen Fruchtfolge 2016

Deutlicher war die Ertragssteigerung bei der Erweiterung der Fruchtfolge von vier auf fünf Fruchtfolgeglieder, wie der Vergleich der Ergebnisse 2016 nach fünfmaliger Rotation der dreigliedrigen und dreimaligen Rotation der fünfgliedrigen Fruchtfolge zeigt (siehe Abbildung 13 sowie rot markierte Werte in Übersicht 6). In der fünfgliedrigen Fruchtfolge 11 liefert die Kartoffel mit 587 dt/ha den Spitzenertrag aller Fruchtfolgeglieder 2016 und damit einen um 64 dt/ha höheren Ertrag als in der vergleichbaren dreigliedrigen Fruchtfolge Nr. 2.



3.3.2.1.1 Krankheitsbefall der Kartoffel

Die Krankheitsbonituren in den Übersichten 7 und 8 geben einen Hinweis auf die Auswirkungen der verschiedenen Fruchtfolgemaßnahmen auf die Häufigkeit des Auftretens von Kartoffelkrankheiten. In der Übersicht 7 sind nur die Jahre aufgeführt, in denen tatsächlich ein Befall bei dem jeweiligen Merkmal beobachtet wurde. Beim Vergleich der Befallshäufigkeiten in den einzelnen Jahren wird deutlich, dass sich der Krankheitsbefall im Versuchsablauf sukzessive steigerte und 2016, 2017 und 2019 in wichtigen Krankheiten ein gehäufte Befall auftrat. Während in den ersten Versuchsjahren bis 2013 nur die Befallshäufigkeit, d.h. der Anteil der Knollen, an denen ein Befall auftrat, erfasst wurde, ist deshalb ab 2016 dann ergänzend zusätzlich auch die Befallsstärke an den befallenen Knollen ermittelt worden. Diese Ergebnisse sind in Übersicht 8 ausgewiesen. Wenngleich die Ergebnisse der einzelnen Fruchtfolgen in den verschiedenen Jahren keinen eindeutigen Trend erkennen lassen, so lassen sich bei einigen Schadmerkmalen doch gewisse Effekte erkennen.

Rhizoctonia solani: Der Befall mit *Rhizoctonia solani* erlangt im Versuchsablauf zunehmende Befallswerte, wobei besonders der Befall 2016, also in dem Jahr mit sehr nassen Bodenbedingungen in der Hauptwachstumsphase hervorsteht. Besonders 2016 aber auch 2010, 2013 und auch 2019 zeigt sich, dass in den Fruchtfolgen 7 und 8, also dort wo der Mais unmittelbar vor der Kartoffel stand, eine größere Befallshäufigkeit erkennbar war. Ein negativer Effekt der Strohdüngung war 2016 mit der Fruchtfolge 4 angedeutet, er ließ sich allerdings nicht in allen Jahren bestätigen.

Der Effekt erweiterter Fruchtfolge von drei auf vier Fruchtfolgeglieder ist 2013 angedeutet. Der *Rhizoctonia*-befall ist in den Fruchtfolgen 9 und 10 deutlich niedriger als in der Fruchtfolge 7 und 8, obwohl dort ebenfalls Silomais in der Fruchtfolge unmittelbar vor der Kartoffel stand.

Löcher Dry core: Dry core Löcher sind eine Folge des Befalls mit *Rhizoctonia solani*. Sie zeigen daher einen analogen Befallsverlauf wie *Rhizoctonia solani*.

Übersicht 7: Auswirkungen der Fruchtfolge auf die Häufigkeit des Krankheitsbefalls 2004 bis 2019
 (% Befallshäufigkeit (BH) = Anteil befallener Knollen bezogen auf 100 Knollen)

		Fruchtfolge-Nr.											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Mittel
% Rhizoctonia solani													
BH	2005									4	3		3
	2006											30	30
	2007	4	2	2	3	2	4	2	6				3
	2010	34	12	12	18	11	20	38	46				24
	2011											39	39
	2013	38	42	11	37	20	24	65	59	10	17		30
	2016	87	76	60	87	61	69	85	88			79	76
	2017									46	82		64
	2019	27	28	53	32	36	20	47	31				36
Löcher Dry Core													
BH	2010	1	1	2	3	1	1	0	1				1
	2011											13	13
	2013	19	2	3	13	3	3	19	24	1	6		9
	2016	41	24	9	48	33	21	61	53			43	39
	2017									15	32		24
	2019	35	29	54	41	32	25	46	36				39
% Colletotrichum coccodes													
BH	2013	39	39	29	34	24	41	57	53	17	29		35
	2016	91	84	79	99	87	92	93	92			79	87
	2017									69	77		73
	2019	20	17	20	18	21	23	21	20				20
% Silberschorf													
BH	2016	20	13	16	13	15	36	15	24			11	17
	2017									35	41		38
	2019	53	37	36	39	37	42	46	48				41
% Deformierte													
BH	2004	7	6	4	6	7	6	6	5				6
	2005									11	3		7
	2006											2	2
	2007	0	1	1	0	1	0	2	1				1
	2009									2	7		5
	2010	2	2	1	2	2	2	2	3				2
	2011											1	1
	2013	19	23	10	28	15	19	24	35	16	17		20
	2016	9	12	8	5	7	8	11	7			9	8
	2017									9	12		11
2019	0	2	0	3	1	4	2	3				2	
% Grüne													
BH	2004	4	8	7	3	3	4	2	5				4
	2005									3	1		2
	2006											3	3
	2007	4	4	4	3	3	2	3	5				3
	2009									10	9		10
	2013	4	6	5	4	7	6	7	4	3	2		4
	2016	3	12	5		5	8	5	7			1	5
	2017									22	8		15
	2019	0	2	0	1	3	2	0	3				1
% Schorf													
BH	2009									1	2		1
	2013	3	5	5	2	0	1	7	10	3	5		4
	2016	1	4	7	4	3	5	7	8			11	7
	2017									15	18		17
	2019	17	23	19	23	10	11	22	28				19
Löcher Drahtwurm													
BH	2007	1	1	1	1	1	0	0	1				1
	2019	41	27	24	26	26	24	20	39				27

Übersicht 8: Auswirkungen der Fruchtfolge auf Häufigkeit und Befallsstärke des Auftretens von Kartoffelkrankheiten 2016 und 2019

(Befallsstärke = Befallsstärke bezogen auf die befallenen Knollen, Befallshäufigkeit = Anteil befallener Knollen bezogen auf 100 Knollen)

Nr.	Rhizoctonia solani		Colletotrichum coccodes		Silberschorf		Deformiert		Grüne		Schorf		Dry Core Löcher		Drahtwurm Löcher		Beschädigungen	
	in %	Anzahl Knollen	in %	Anzahl Knollen	in %	Anzahl Knollen	in %	Anzahl Knollen	in %	Anzahl Knollen	in %	Anzahl Knollen	Ø Anz. Löcher	Anzahl Knollen	Ø Anz. Löcher	Anzahl Knollen	in %	Anzahl Knollen
	Befallsstärke	Befallshäufigkeit	Befallsstärke	Befallshäufigkeit	Befallsstärke	Befallshäufigkeit	Befallsstärke	Befallshäufigkeit	Befallsstärke	Befallshäufigkeit	Befallsstärke	Befallshäufigkeit	Befallsstärke	Befallshäufigkeit	Befallsstärke	Befallshäufigkeit	Befallsstärke	Befallshäufigkeit
Bonituren 2016																		
1	2,6	87	13,8	91	1,9	20		9		3	3,0	1	2,6	41				
2	2,7	76	7,3	84	3,0	13		12		12	6,0	4	4,4	24				
3	3,1	60	11,4	79	3,6	16		8		5	2,0	7	1,6	9				
4	2,2	87	9,8	99	2,8	13		5		0	3,0	4	2,6	48				
5	2,4	61	17,3	87	2,3	15		7		5	17,5	3	2,2	33				
6	2,0	69	10,4	92	3,1	36		8		8	2,8	5	2,8	21				
7	3,2	85	10,7	93	2,3	15		11		5	7,2	7	5,0	61				
8	3,0	88	9,4	92	3,2	24		7		7	4,5	8	4,0	53				
11	3,0	79	6,7	79	2,3	11		9		1	4,3	11	3,1	43				
Bonituren 2019																		
1	8,5	27	5,7	20	6,1	53	0,0	0	0,0	0	2,6	17	4,0	35	2,0	41	1,8	5
2	3,3	28	5,8	17	6,2	37	27,5	2	7,5	2	2,6	23	3,7	29	2,1	27	2,1	7
3	6,4	53	6,8	20	6,2	36	0,0	0	0,0	0	3,4	19	3,5	54	1,5	24	3,2	5
4	4,8	32	6,3	18	6,9	39	12,3	3	5,0	1	2,2	23	5,3	41	1,8	26	3,6	10
5	5,6	36	7,7	21	5,6	37	5,0	1	14,7	3	2,1	10	4,3	32	2,0	26	1,7	6
6	6,1	20	4,7	23	8,8	42	35,0	4	7,5	2	3,7	11	4,5	25	1,4	24	3,0	9
7	5,7	47	6,1	21	6,7	46	20,0	2	0,0	0	2,9	22	4,4	46	5,0	20	1,3	4
8	6,5	31	6,7	20	6,6	48	6,7	3	10,0	3	3,3	28	5,3	36	1,7	39	2,2	6
Bonituren im Mittel der Jahre 2016 und 2019																		
1	5,6	57	9,7	55	4,0	37		5		1	2,8	9	3,3	38				
2	3,0	52	6,6	51	4,6	25		7		7	4,3	14	4,0	27				
3	4,7	57	9,1	49	4,9	26		4		3	2,7	13	2,5	32				
4	3,5	59	8,0	58	4,8	26		4		1	2,6	14	3,9	45				
5	4,0	49	12,5	54	4,0	26		4		4	9,8	6	3,3	33				
6	4,0	45	7,5	58	5,9	39		6		5	3,2	8	3,6	23				
7	4,5	66	8,4	57	4,5	30		6		3	5,0	14	4,7	54				
8	4,8	60	8,0	56	4,9	36		5		5	3,9	18	4,7	45				

Colletotrichum coccodes: Deutliche Symptome von Colletotrichum coccodes traten erstmals 2013 auf. Späte Ernte im Oktober dürfte 2013 den Befall begünstigt haben. Deutlich ist, dass der Befall 2013 in den beiden viergliedrigen Fruchtfolgen 9 und 10 niedriger liegt als in den beiden dreigliedrigen Fruchtfolgen 7 und 8. Der insgesamt starke Befall 2016 war typisch für das Jahr 2016, da Colletotrichum coccodes durch anhaltende Staunässe begünstigt wird. Ein klarer Trend in der Befallshäufigkeit der einzelnen Varianten ist jedoch schwer zu erkennen.

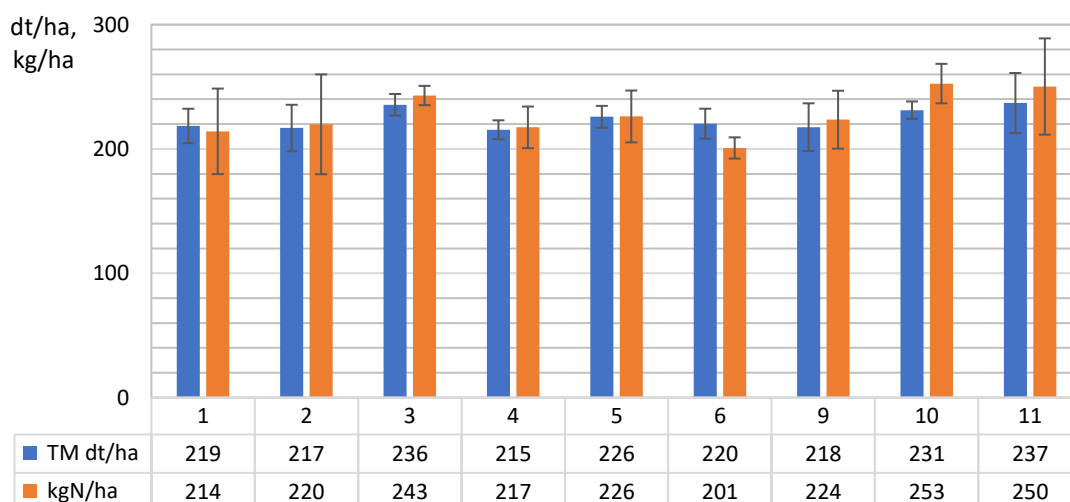
Silberschorf, Helminthosporium solani: Ein Auftreten von Silberschorf zeigte sich erst ab 2016 mit sukzessivem Anstieg. Besonders die heiße Witterung 2019 dürfte die Ausbreitung begünstigt haben. 2019 zeigten sich etwas niedrigere Befallshäufigkeiten in den Fruchtfolgen mit Zwischenfrucht (Nr. 2-6) im Vergleich zur Fruchtfolge ohne Zwischenfrucht (Nr. 1) und im Vergleich zu den Fruchtfolgen 7 und 8 mit der Vorfrucht Silomais unmittelbar vor Kartoffeln.

Schorf: Der Schorfbefall verursacht durch das Bakterium Streptomyces scabiei zeigte eine sukzessive Zunahme ab 2009, wobei das Jahr 2019 mit anhaltender Trockenheit und großer Hitze den Befall förderte. Gleichwohl ist es bislang noch schwer, einen Trend zu unterschiedlichem Befall in den verschiedenen Fruchtfolgen zu erkennen.

3.3.3 Silomais

Die in der Übersicht 5 ausgewiesenen fruchtartsspezifischen Erträge zeigen für die einzelnen Jahre zwar eine recht große Fehlervarianz, im Mittel der Jahre ist jedoch ein signifikanter Trend erkennbar: In der 3-gliedrigen Fruchtfolge liefert Silomais im Mittel der Ergebnisse aus 6 Anbaujahren den niedrigsten Ertrag in der Fruchtfolge 1 ohne Zwischenfruchtanbau sowie in den Fruchtfolgen 4 (mit Zwischenfrucht und Strohdüngung) und 6 (mit Zwischenfrucht + Stroh + Gülle) während der höchste Ertrag beim Silomais mit der Fruchtfolge 5 (mit Zwischenfrucht und Stallmist) sowie der Fruchtfolge 3 (mit Zwischenfrucht pfluglos) erzielt wird. Signifikant ist dass der Mais nach Herbstfurche vor Kartoffeln in der Fruchtfolge 7 einen höheren Ertrag liefert als in der Fruchtfolge 8 nach Frühjahrsfurche zu Kartoffeln, während der Unterschied zwischen den beiden viergliedrigen Fruchtfolgen 9 und 10 in den einzelnen Jahren divergiert und sich im Mittel kein Trend absichern lässt.

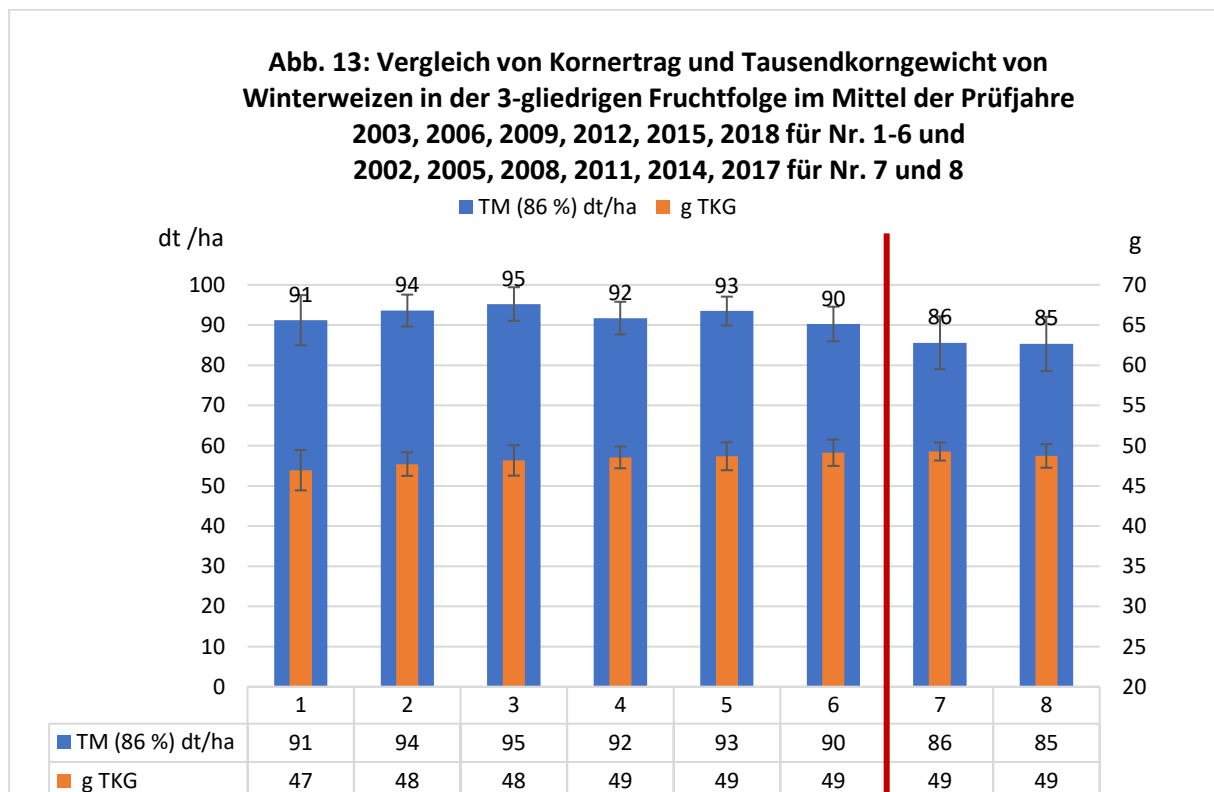
Abb. 12: Ertrag und N-Entzug von Silomais 2008 in den 3-gliedrigen Fruchtfolgen (Nr 1-6), den 4-gliedrigen Fruchtfolgen (Nr. 9, 10) und der 5-gliedrigen Fruchtfolge Nr. 11



Die Ergebnisse aus 2008 ermöglichen einen direkten Vergleich des Effektes der Fruchtfolge auf den Maisertrag. Diese Ergebnisse und auch des N-Entzugs durch den Aufwuchs sind in Abb. 12 dargestellt. Die Ergebnisse sind mit großer Fehlervarianz behaftet, stehen jedoch nicht im Widerspruch zu den mehrjährigen Ergebnissen in Übersicht 5. Die höchsten Trockenmasseerträge lieferte die dreijährige Fruchtfolge mit Zwischenfrucht pfluglos (Fruchtfolge 3) und mit Zwischenfrucht und Mist (Fruchtfolge 5) sowie die viergliedrige Variante mit Welschem Weidelgras (Fruchtfolge 10) und der Mais in der fünfgliedrigen Fruchtfolge Nr. 11. Bei den N-Entzügen sind die Unterschiede noch etwas deutlicher. Offensichtlich ist der Effekt auf die Ertragsbildung daher wesentlich auch durch die Stickstofffreisetzung im Boden bestimmt.

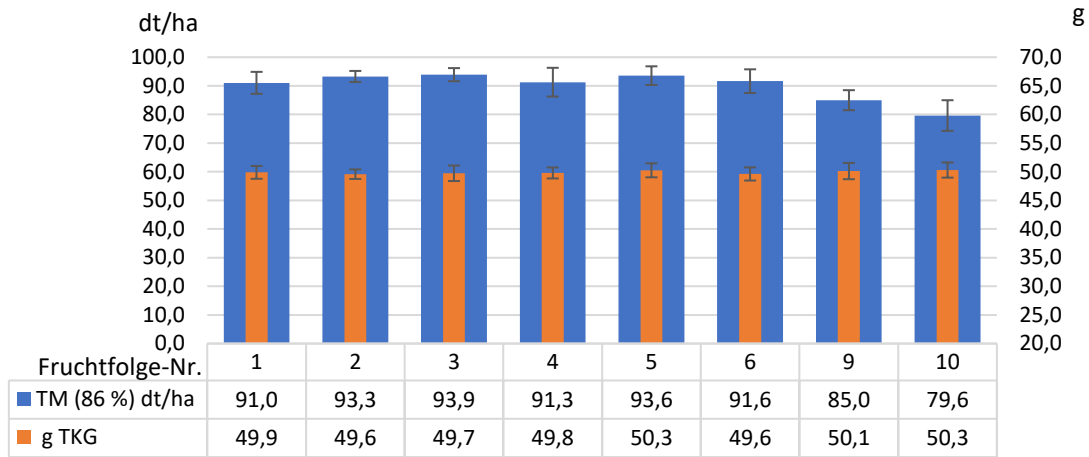
3.3.4 Winterweizen

Der Vergleich der Kornerträge in den einzelnen Fruchtfolgen in Übersicht 5 weist auch für Winterweizen einen recht hohen Versuchsfehler aus. In der dreigliedrigen Fruchtfolge ist jedoch bei einer Grenzdifferenz von 4 dt/ha für den Ertrag im Mittel der Jahre der Mehrertrag des Winterweizens in der Fruchtfolge 3 (mit Zwischenfrucht) gegenüber 1 (ohne Zwischenfrucht) und 6 (mit Zwischenfrucht, Stroh und Gülle) gesichert. Kein Unterschied besteht zwischen den beiden dreigliedrigen Fruchtfolgen Nr. 7 und 8. Beim Vergleich der Erträge dieser beiden Fruchtfolgen mit den Fruchtfolgen 1-6 ist der unterschiedliche Prüfzyklus zu beachten. Da es sich jedoch in beiden Fällen um sechsjährige Mittelwerte handelt, deutet das Ergebnis darauf hin, dass für Winterweizen der Silomais in den Fruchtfolgen 1-6 eine günstigere Vorfrucht ist als die Kartoffel in den Fruchtfolgen 7 und 8.



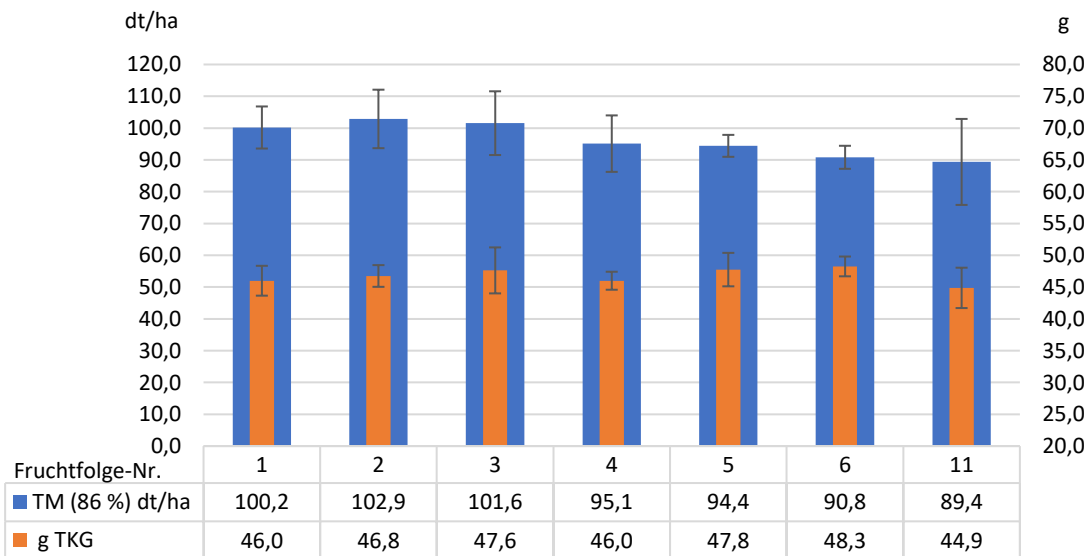
Ein direkter Vergleich der Weizenerträge in den dreijährigen Fruchtfolgen Nr. 1-6 und vierjährigen Fruchtfolgen Nr. 9 und 10 ist nur in den Jahren 2016 und 2018 möglich. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass der Weizen in den Fruchtfolgen 1-6 hinter Silomais und in den Fruchtfolgen 9 und 10 hinter Kartoffeln steht. Abbildung 14 zeigt diesen Vergleich. Trotz der Fruchtfolgeerweiterung bei Prüfglied 9 und 10 liefert der Weizen in den viergliedrigen Fruchtfolgen einen deutlichen Minderertrag gegenüber allen dreigliedrigen Fruchtfolgen 1-6. Dieser Minderertrag ist sicherlich nicht eine Folge der Fruchtfolgeerweiterung, sondern der Stellung des Winterweizens in der Fruchtfolge.

Abb. 14: Vergleich von Kornertrag und Tausendkorngewicht von Winterweizen im Mittel der Jahre 2006 und 2018 in den 3-gliedrigen Fruchtfolgen Nr. 1-6 und den 4-gliedrigen Fruchtfolgen Nr. 9 und 10



Ein direkter Vergleich der 5-gliedrigen Fruchtfolge ist nur mit den 3-gliedrigen Fruchtfolgen im Jahr 2015 möglich, siehe Abbildung 15. In dieser Fruchtfolge Nr. 11 steht der Winterweizen direkt hinter der Zuckerrübe. Trotz großen Versuchsfehlers ist der Minderertrag gegenüber der Fruchtfolge Nr. 3 signifikant. Sowohl im Kornertrag, aber auch Tausendkorngewicht zeigt der Weizen in der Fruchtfolge Nr. 11 die niedrigsten Werte. Bei der Interpretation der Weizenerträge ist aber zu beachten, dass in diesem Versuch der Effekt der Enge der Fruchtfolge sehr stark überlagert wird vom Einfluss der Abfolge der Fruchtfolgeglieder. Die direkte Weizenvorfrucht Kartoffel, Zuckerrüben oder Silomais überlagert den Effekt der Rotationsdichte. Kartoffel und Zuckerrüben erscheinen ungünstiger als Silomais.

Abb. 15: Vergleich von Kornertrag und Tausendkorngewicht 2015 in den 3-gliedrigen Fruchtfolgen Nr. 1-6 und der 5-gliedrigen Fruchtfolgen Nr. 11



3.3.5 Wintergerste

Wintergerste wurde lediglich in der viergliedrigen Fruchtfolge Nr. 9 als viertes Fruchtfolgeglied nach Winterweizen angebaut. In Abhängigkeit von der Jahreswitterung divergierten die Erträge sehr stark. Unter extremen Trockenstress litt die Gerste vor allem in dem heißtrockenen Jahr 2019 (siehe Übersicht 9).

Übersicht 9: Kornertrag (dt/ha), Trockensubstanzgehalt (%TS) und Tausendkorngewicht (g) von Wintergerste in der Fruchtfolge Nr. 9

Nr.	Daten	Erntejahr					Mittel
		2003	2007	2011	2015	2019	
9	Kornertrag (86 %) dt/ha	64,2	58,9	70,3	86,7	55,3	67,1
9	% TS	79,1	83,6	85,6	86,9	88,0	84,6
9	g TKG	49,6	50,5	50,3	53,0	46,9	50,0

3.3.6 Welsches Weidelgras

Welsches Weidelgras diente der Erweiterung der viergliedrigen Fruchtfolge Nr. 10 und der fünfgliedrigen Fruchtfolge Nr. 11. Die Aussaat erfolgte jeweils im September zur mehrschnittigen Hauptfruchtnutzung im Folgejahr. Lediglich die erste Aussaat 2002 in der Fruchtfolge Nr. 11 wurde bei Anlage des Versuchs in das Frühjahr 2002 verschoben, dadurch konnten 2002 nur insgesamt drei Schnitte geerntet werden. Ziel war jedoch die Beerntung mit praxisüblichen Fünfschnittnutzung im Hauptnutzungsjahr. Diese konnten in den Jahren 2007, 2011, 2015 und 2017 auch realisiert werden. Trockenheitsbedingt fehlender Zuwachs reduzierte die Schnitzzahl 2012 jedoch auf nur vier und 2003 und 2019 auf nur drei Schnitte (siehe Übersicht 10).

Übersicht 10: Schnitttermine des Welschen Weidelgrases in Abhängigkeit vom Anbaujahr

Nr.	Jahre	Schnittdatum				
		1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt	5. Schnitt
10	2003	12.06.2003	28.07.2003	28.10.2003		
	2007	26.04.2007	21.06.2007	23.07.2007	21.08.2007	11.10.2007
	2011	11.05.2011	22.06.2011	28.07.2011	01.09.2011	31.10.2011
	2015	06.05.2015	08.06.2015	13.07.2015	20.08.2015	08.10.2015
	2019	08.05.2019	14.06.2019	29.10.2019		
11	2002	24.06.2002	18.07.2002	30.09.2002		
	2007	26.04.2007	21.06.2007	23.07.2007	21.08.2007	11.10.2007
	2012	15.05.2012	19.07.2012	24.08.2012	14.11.2012	
	2017	11.05.2017	07.06.2017	11.07.2017	29.08.2017	11.10.2017

Die Wachstumsbedingungen in den einzelnen Wachstumsphasen haben Einfluss auf die realisierten Jahreserträge. Die in Übersicht 11 gezeigte vergleichsweise hohe Ertragsbildung im ersten und auch zweiten

Übersicht 11: Trockenmasseertrag des Welschen Weidelgrases in Abhängigkeit vom Anbaujahr

Nr.	Jahre	Trockenmasseertrag, dt/ha					Summe
		1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt	5. Schnitt	
10	2003	87,6	44,0	12,2			143,8
	2007	52,3	64,8	32,7	20,3	23,4	193,4
	2011	55,8	36,0	28,8	21,0	17,4	159,0
	2015	60,9	46,1	28,7	11,1	25,9	172,7
	2019	48,8	41,8	9,1			99,7
	Mittel	61,1	46,5	22,3	10,5	13,3	153,7
11	2002	67,1	33,2	44,7			145,0
	2007	61,2	72,7	35,8	21,5	24,6	215,7
	2012	73,5	63,7	39,2	14,9		191,3
	2017	55,0	41,7	33,1	22,7	11,4	164,0
	Mittel	64,2	52,8	38,2	14,8	9,0	179,0

Aufwuchs im Vergleich zu den Folgeaufwüchsen ist neben den günstigeren feuchtkühlen Witterungsbedingungen im zweiten Quartal auch durch die starke Neigung zur generativen Triebbildung in den beiden ersten Aufwüchsen bedingt.

Einen deutlichen Effekt der unterschiedlichen Wachstumsbedingungen zeigt sich in Übersicht 12 auch in den Auswirkungen auf den Stickstoffgehalt in den einzelnen Vegetationsabschnitten. Besonders die blattreichen Aufwüchse der zweiten Vegetationshälfte führen bei starker Proteinbildung auch zu höheren Stickstoffgehalten.

Übersicht 12: Stickstoffgehalt im Aufwuchs des Welschen Weidelgrases in Abhängigkeit vom Anbaujahr

		% N					
Nr.	Jahre	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt	5. Schnitt	Summe
10	2003	0,88	1,10	2,13			1,05
	2007	1,82	1,41	1,93	2,65	2,71	1,90
	2011	1,37	1,38	1,63	2,22	2,76	1,68
	2015	1,50	1,74	1,81	2,85	2,24	1,82
	2019	1,58	1,44	2,35			1,59
	Mittel	1,37	1,42	1,88	2,51	2,55	1,64
11	2002	1,49	1,95	1,79			1,69
	2007	1,92	1,50	2,03	2,65	2,54	1,94
	2012	1,94	1,09	2,18	2,62		1,76
	2017	1,58	1,91	2,29	1,01	2,82	1,81
		Mittel	1,74	1,53	2,05	2,01	2,63

Da sich bei günstigen Wachstumsbedingungen wie 2007 oder auch 2012 beide Effekte, also verbesserte Ertragsbildung und verstärkte Proteinbildung akkumulieren, resultiert für den Stickstoffentzug in Übersicht 13, dass besonders in den Jahren mit guten Wachstumsbedingungen wie 2007 oder 2012 noch deutlichere Jahresunterschiede im Stickstoffentzug als beim Trockenmasseertrag resultieren.

Übersicht 13: Stickstoffentzug des Welschen Weidelgrases in Abhängigkeit vom Anbaujahr

		N-Entzug, kg/ha					
Nr.	Jahre	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt	5. Schnitt	Summe
10	2003	77,5	48,2	26,0			151,7
	2007	95,3	91,2	63,2	53,7	63,5	367,0
	2011	76,7	49,5	47,0	46,6	48,0	267,9
	2015	91,6	80,4	51,9	31,6	58,1	313,6
	2019	77,3	60,2	21,4			158,9
	Mittel	83,7	65,9	41,9	26,4	33,9	251,8
11	2002	100,2	64,8	80,1			245,2
	2007	117,5	109,3	72,8	57,0	62,6	419,2
	2012	142,4	69,3	85,3	39,0		336,0
	2017	87,1	79,5	75,8	22,9	32,1	297,3
		Mittel	111,8	80,7	78,5	29,7	23,7

3.3.7 Zuckerrüben

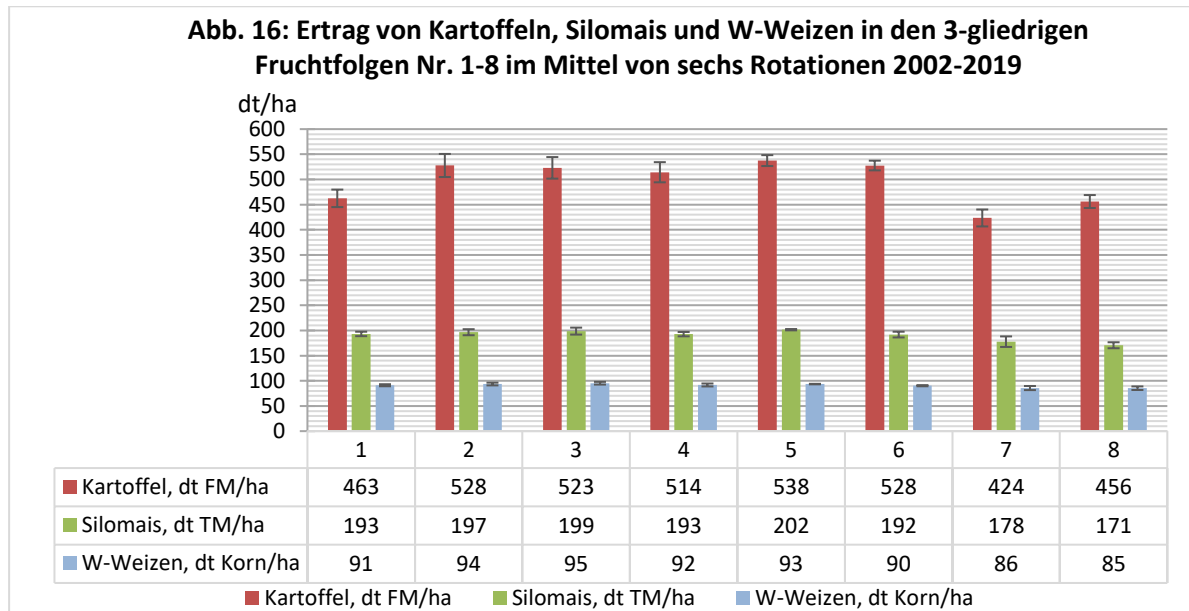
Die Ertragsbildung der Zuckerrübe in Fruchtfolge Nr. 11 zeigte eine große Spannweite von 590,3 dt/ha Rübenenertrag im Jahr 2019, einem Jahr mit anhaltender Hitzeperiode im Hochsommer und 865,6 dt/ha im Jahr 2014, einem Jahr mit einer deutlich kühleren Hauptvegetationszeit (siehe Übersicht 13). Der bereinigte Zuckergehalt (Mittel: 16,7 %) und Ausbeuteverlust (Mittel: 1,74) waren gut. Am höchsten war der Ausbeuteverlust 2019. Mit einem Wert von 1,98 % war er zwar gerade noch befriedigend. Der vergleichsweise höhere Ausbeuteverlust 2019 ist eine Folge des höheren Aminostickstoffgehaltes. Das erlaubt die Schlussfolgerung, dass im trockenen Jahr 2019 offensichtlich ein zu hohes Stickstoffangebot nicht optimal in Ertrag umgesetzt werden konnte.

Übersicht 13: Zuckerrübenenertrag, Zuckergehalt und -ausbeute und Gehalt an Inhaltsstoffen in Abhängigkeit vom Anbaujahr

Nr.	Merkmal	Jahr					Referenzwerte		
		2004	2009	2014	2019	Mittel	gut	befriedigend	schlecht
11	Rübenenertrag, dt/ha	758,4	630,0	865,6	590,3	711,1			
	Bereinigt. Zuckerertrag, dt/ha	121,8	112,0	143,4	96,6	118,4			
	% bereinigter Zuckergehalt	16,1	17,8	16,6	16,4	16,7	>16	14-16	<14
	% Ausbeuteverlust	1,66	1,58	1,76	1,98	1,74	<1,8	1,8-2,0	>2,0
	% ausbeutbarer Zuckergehalt	90,6	91,8	90,4	88,3	90,3			
	α-Amino-N, mmol/1000g	6,5	8,4	11,9	18,5	11,3	8-12	12-20	>20
	Kalium, mmol/1000g	33,1	23,3	30,6	34,5	30,4	30-40	40-50	>50
	Natrium, mmol/1000g	1,9	1,9	2,2	3,3	2,3	<3	3-7	>7
FM-Ertrag Blatt, dt/ha	247,8	227,6	554,7	141,1	292,8				

3.3.8 Vergleich der Fruchtfolgeeffekte bei Kartoffeln, Silomais und Winterweizen

Soll der Fruchtfolgeeffekt bewertet werden, so ist die Kartoffel in diesen Fruchtfolgen zwar eine ganz wesentliche Marktfrucht, jedoch zeigen die Auswirkungen auf die übrigen Fruchtfolgeglieder, insbesondere auf Mais und Winterweizen, die in allen Fruchtfolgen standen, ebenso erste Trends, die bei einer Fruchtfolgebewertung zu berücksichtigen sind.



Am gesichertsten ist dieser Vergleich in den dreigliedrigen Fruchtfolgen Nr. 1-8 möglich, denn dort hatten die drei Fruchtarten Kartoffel, Mais und Winterweizen bis 2019 die Rotation jeweils sechsmal durchlaufen. Die mittleren Erträge der einzelnen Arten zeigt Abbildung 16. Auf Basis dieser Mittelwerte über die sechs Rotationen ist in Übersicht 15 ein Vergleich der einzelnen Fruchtfolgemaßnahmen in den dreigliedrigen Fruchtfolgen Nr. 1-8 vorgenommen, um die in Kapitel 2.3.1 eingangs skizzierten Versuchsfragen zu den

Übersicht 15: Vergleich des Einflusses der verschiedenen Fruchtfolgemaßnahmen auf den fruchtartsspezifischen Ertrag von Kartoffeln, Silomais und Winterweizen in den dreigliedrigen Fruchtfolgen in allen vergleichbaren Anbaujahren von 2002-2019

				fruchtartsspezifischer Ertrag		
				Kartoffeln, dt FM/ha	Silomais, dt TM/ha	Winterweizen, dt/ha Korn
Einfluss der Fruchtfolge auf den fruchtartsspezifischen Ertrag in den 3-gliedrigen Fruchtfolgen				2004, 2007, 2010, 2013, 2016, 2019	2002, 2005, 2008, 2011, 2014, 2017	2003, 2006, 2009, 2012, 2015, 2018
Nr.	Fruchtfolge					
1	Silomais	Winterweizen	Kartoffel, gepflügt	462,5	193,1	91,2
2	Silomais	Winterweizen / Ölrettich, gepflügt	Kartoffel, pfluglos	527,8	196,6	93,6
3	Silomais	Winterweizen / Ölrettich, pfluglos	Kartoffel, pfluglos	523,1	198,8	95,2
4	Silomais	Winterweizen / Ölrettich+Stroh, pfluglos	Kartoffel, gepflügt	514,4	192,7	91,7
5	Silomais	Winterweizen / Ölrettich+Mist, pfluglos	Kartoffel, gepflügt	537,5	201,5	93,5
6	Silomais+Gülle	Winterweizen / Öl+Stroh+Gülle, pfluglos	Kartoffel, gepflügt	527,7	191,9	90,3
7	Winterweizen	Silomais / Herbstfurche	Kartoffel, gepflügt	423,5	177,8	85,6
8	Winterweizen	Silomais / Frühjahrsfurche	Kartoffel, gepflügt	456,2	170,6	85,3
Mittel				496,6	190,4	90,8
GD 5 % für Fruchtfolge 1-6				23,7	6,1	3,7
GD 5 % für Fruchtfolge 7-8				23,7	3,0	2,0
Vergleich	Effekt					
2-1	Effekt des Zwischenfruchtanbaus mit Ölrettich vor Kartoffel			+65,3	+3,4	+2,4
3-2	Effekt der Bodenbearbeitung zu Ölrettich und vor Kartoffeln			-4,7	+2,2	+1,6
4-3	Einfluss der Stroheinarbeitung			-8,7	-6,1	-3,5
5-3	Einfluss von Stallmist			+14,4	+2,8	-1,7
6-4	Einfluss von Gülle			+13,4	-0,8	-1,5
8-7	Effekt der Frühjahrsfurche (Nr. 8) gegenüber Herbstfurche (Nr. 7)			+32,7	-7,1	-0,3
8-2	Stellung von Mais, Weizen und Kartoffel in der Fruchtfolge			-71,6	-25,9	-8,3
Vergleich von Zwischenfruchtanbau und Feldgrasanbau mit Welschem Weidelgras in der viergliedrigen Fruchtfolge in den Anbaujahren:				2005, 2009, 2013, 2017	2004, 2008, 2012, 2016	2002, 2006, 2010, 2014, 2018
Nr.	Fruchtfolge					
9	Winterweizen/Wintergerste+Ölrettich/Silomais/Kartoffel			502,9	202,7	79,9
10	Winterweizen/Welsch.Weidelgras/Silomais/Kartoffel			508,9	199,0	78,3
Vergl.	GD 5 %			20,5	21,7	6,4
10-9	Vergleich von Zwischenfruchtanbau und Feldgrasanbau			+6,0	-3,6	-1,5
Vergleich von drei- und viergliedriger Fruchtfolge in den Anbaujahren:				2013	2012	2014
Nr.	Fruchtfolge					
8	Winterweizen+Ölrettich/Silomais/Kartoffel			423,8	205,6	73,3
9	Winterweizen/Wintergerste+Ölrettich/Silomais/Kartoffel			445,0	194,6	75,3
10	Winterweizen/Welsch.Weidelgras/Silomais/Kartoffel			453,7	211,9	71,6
Vergl.	GD 5 %			39,7	20,9	9,7
9-8	Vergleich von drei- und viergliedriger Fruchtfolge mit Wintergerste+Ölrettich			+21,2	-11,0	+2,0
10-8	Vergleich von drei- und viergliedriger Fruchtfolge mit Welschem Weidelgras			+29,9	+6,2	-1,7
Vergleich von fünf- und dreigliedriger Fruchtfolge in den Anbaujahren:				2016	2008	2015
Nr.	Fruchtfolge					
2	Silomais/Winterweizen+Ölrettich/Kartoffeln/Mais			523,1	216,8	102,9
11	Welsch.Weidelgras/Silomais/Zuckerrübe/Winterweizen+Ölrettich/Kartoffel			587,0	236,9	89,4
Vergl.	GD 5 %			42,0	19,9	11,8
11-2	Vergleich von fünf- und dreigliedriger Fruchtfolge			+63,9	+20,1	-13,5

3-gliedrigen Fruchtfolgen zu beantworten. Da für die übrigen in Kapitel 2.3.1 skizzierten Versuchsfragen im Zusammenhang mit den vier- und fünfgliedrigen Fruchtfolgen nur die Ergebnisse aus den Versuchsjahren herangezogen werden können, in denen die Fruchtarten jeweils in den gleichen Anbaujahren getestet wurden, können für diese Vergleiche nur die Ergebnisse aus einzelnen Versuchsjahren herangezogen werden. Diese Vergleiche sind in Übersicht 15 in der unteren Hälfte ebenfalls zusammengefasst.

Sie lassen folgende Schlussfolgerung zu:

- **Effekt des Zwischenfruchtanbaus mit Ölrettich vor Kartoffel: Vergleich der Fruchtfolge 1 und 2**
Der Vergleich der Fruchtfolgen 1 und 2 zeigt, dass die Einbindung des Zwischenfruchtanbaus mit Ölrettich unmittelbar vor die Kartoffel den Ertrag der Kartoffel um 65,3 dt/ha signifikant verbessert. Auch auf die Folgefrüchte Silomais und Winterweizen ist ein positiver, allerdings nicht signifikanter Trend zu Mehrertrag erkennbar.
- **Effekt der Bodenbearbeitung zu Ölrettich vor Kartoffeln: Vergleich der Fruchtfolge 2 und 3**
Die Art der Bodenbearbeitung zum Ölrettich, d.h. Bestellung mit Pflug in Fruchtfolge 2 und Bestellung pfluglos in Fruchtfolge 3 hatte einen geringfügig negativen, jedoch nicht signifikanten Effekt auf die Ertragsbildung der Kartoffel. Der im Trend positive Effekt auf die Nachfrüchte Silomais und Winterweizen ist ebenfalls nicht signifikant. Die Auswirkung der insgesamt sehr hohen Bearbeitungsintensität auf die Bodenstruktur wird durch den einmaligen Pflugverzicht offensichtlich nicht aufgefangen.
- **Einfluss der Stroheinarbeitung: Vergleich der Fruchtfolge 3 und 4**
Der Vergleich der Fruchtfolgen 3 und 4 zeigt, dass die Stroheinarbeitung ohne Stickstoffausgleich die Kartoffel zwar nicht signifikant, jedoch im Trend negativ in der Ertragsbildung beeinträchtigte, darüber hinaus aber eine signifikant negative Nachwirkung in den Folgekulturen Mais und Winterweizen erkennen ließ.
- **Einfluss von Stallmist: Vergleich der Fruchtfolge 3 und 5**
Ein Einfluss der Stallmistdüngung zur Zwischenfrucht ist beim Vergleich der Fruchtfolgen 3 und 5 zwar bei allen drei Fruchtfolgegliedern nicht signifikant, jedoch zeigt der Vergleich der Fruchtfolge 5 (mit Zwischenfrucht und Stallmist) mit der Fruchtfolge 1 (ohne Zwischenfrucht), dass der Effekt der Zwischenfrucht durch die Stallmistgabe sowohl bei der Kartoffel als auch in der Folgefrucht Silomais signifikant positiv gesteigert wird.
- **Einfluss von Gülle: Vergleich der Fruchtfolge 4 und 6**
Der Vergleich der Fruchtfolgen 4 (Zwischenfrucht mit Strohdüngung vor Kartoffeln) und 6 (Zwischenfrucht mit Strohdüngung und Gülle vor Kartoffeln sowie Gülledüngung zu Silomais) verdeutlicht den Effekt der Güllegabe als Ergänzung zum Zwischenfruchtanbau mit Strohdüngung. Die Effekte sind nicht signifikant. Vergleicht man jedoch die Kartoffel in Fruchtfolge 6 und Fruchtfolge 1, so ist ähnlich wie bei der Stallmistdüngung angedeutet, dass die Güllegabe zur Strohdüngung den positiven Zwischenfruchteffekt im Hinblick auf den Kartoffelertrag erhöht. Der Effekt der Güllegabe zum Silomais ist nicht signifikant und auch die Nachwirkungen beim Winterweizen nicht gesichert.
- **Effekt der Frühjahrsfurche (Nr. 8) gegenüber Herbstfurche (Nr. 7): Vergleich der Fruchtfolge 7 und 8**
Der Termin der Bodenbearbeitung vor der Kartoffel zeigte einen eindeutigen Effekt auf die Kartoffel. Nach Frühjahrsfurche in Fruchtfolge 8 lieferte die Kartoffel zunächst einen signifikanten Mehrertrag von 37,2 dt/ha im Vergleich zur Fruchtfolge 7 mit Herbstfurche. Beim darauffolgenden Winterweizen war kein weiterer Effekt mehr messbar, wohl eine knapp gesicherte, aber kaum erklärbare negative Nachwirkung beim nachfolgenden Silomais.
- **Stellung von Mais, Weizen und Kartoffel in der Fruchtfolge: Vergleich der Fruchtfolge 2 und 8**
Die Bedeutung der Reihenfolge der drei Fruchtfolgeglieder in der dreigliedrigen Fruchtfolge verdeutlicht der Vergleich der Fruchtfolgen 2 (Kartoffel-Silomais-Winterweizen mit Ölrettich) und Fruchtfolge 8 (Kartoffel-Winterweizen mit Ölrettich-Silomais). Das Ergebnis zeigt eine deutliche Überlegenheit der Fruchtfolge 2 (Kartoffel-Silomais-Winterweizen mit Ölrettich) mit einem

signifikanten Kartoffelmehrertrag von 71,6 dt/ha gegenüber Fruchtfolge 8 und auch signifikanten Mehreträgen von 25,9 dt/ha bei Silomais und 8,3 dt/ha bei Winterweizen.

Ein direkter Vergleich des Jahresmittels der Erträge ist streng genommen nur für die Kartoffel möglich, da sie in beiden Fruchtfolgen in den gleichen sechs Jahren im Versuch stand, während für Silomais und Winterweizen die jeweiligen Anbaujahre in beiden Fruchtfolgen getauscht waren und die Effekte der Fruchtfolge durch den Jahreseffekt überlagert sein können. Nach sechsjähriger Rotation dürften die signifikanten Effekte jedoch primär der Fruchtfolge zuzuschreiben sein.

- **Vergleich von Zwischenfruchtanbau und Feldgrasanbau: Vergleich der Fruchtfolge 9 und 10**
Innerhalb der viergliedrigen Fruchtfolge waren die Auswirkungen der Hinzunahme von Wintergerste mit Zwischenfrucht Ölrettich oder von Welschem Weidelgras in Hauptfruchtnutzung als viertes Fruchtfolgeglied weder auf die Ertragsbildung der Kartoffel noch auf die von Silomais und Winterweizen signifikant.
- **Vergleich von drei- und viergliedriger Fruchtfolge: Vergleich der Fruchtfolge 8 und 9, 10**
Für diesen Vergleich liegen jeweils nur Ergebnisse aus jeweils einem Jahr vor. Beide viergliedrigen Fruchtfolgen 9 und 10 zeigten gegenüber der dreigliedrigen Fruchtfolge 8 mit einem Mehretrag von 21,2 dt/ha und 29,9 dt/ha im Trend zwar einen positiven Effekt auf die Ertragsbildung der Kartoffel, dieser war jedoch ebenso wie auch der Effekt auf die Ertragsbildung von Silomais und Winterweizen nicht signifikant.
- **Vergleich von drei- und fünfgliedriger Fruchtfolge: Vergleich der Fruchtfolge 8 und 11**
Auch für diesen Vergleich lagen jeweils nur Ergebnisse aus einem Versuchsjahr vor. Die Hinzunahme von Zuckerrüben und Welschem Weidelgras als viertes und fünftes Fruchtfolgeglied zeigten einen deutlich positiven signifikanten Effekt auf die Ertragsbildung von Kartoffeln und Silomais, allerdings bei einen nicht erwarteten, aber signifikantem Minderertrag beim Winterweizen.

4 Zusammenfassung

- Die Ergebnisse der verschiedenen dreigliedrigen Fruchtfolgen zeigen bildersbuchgleich, welches Potential selbst in einer intensiven dreigliedrigen Fruchtfolge durch gezielten Zwischenfruchtanbau mobilisiert werden kann. Winterweizen mit Zwischenfrucht Ölrettich hat sich als Vorfrucht vor Kartoffeln durch höheren Ertrag und geringeren Befall mit Silberschorf bewährt, während Silomais als Vorfrucht vor Kartoffeln zu deutlichen Mindererträgen und stärkerem Befall mit Silberschorf, aber auch Rhizoctonia führt.
- Stallmistgaben oder kombinierte Stroh-Gülldüngung zur Zwischenfrucht steigern den positiven Zwischenfruchteffekt und verbessern insbesondere auch die Humusbilanz der Fruchtfolge.
- Der Übergang von der 3- zur 4- gliedrigen Fruchtfolge steigert den Kartoffelertrag nur im Trend, der Übergang von der 3- zur 5-gliedrigen Fruchtfolge steigert ihn jedoch signifikant und verbessert zudem die Knollengesundheit (Rhizoctonia, Colletotrichum).
- Der negative Vorfruchteffekt von Silomais auf die Ertragsbildung der Kartoffeln zeigte sich nach Herbstfurche deutlicher als nach Frühjahrsturche.
- Der regelmäßige Pflugeinsatz im Versuch führte vor allem in der Krume zur Abnahme des Gesamtporenvolumens bei Zunahme der Grobporen auf Kosten der Mittelporen sowie zum Rückgang von Feldkapazität und nutzbarer Feldkapazität. Die Varianz zwischen den Varianten konnte jedoch nicht den fruchtfolgespezifischen Maßnahmen zugeordnet werden.
- Von allen geprüften Fruchtarten hinterlässt die Kartoffel die höchsten Nitratgehalte nach der Ernte, die niedrigsten Welsches Weidelgras und Wintergerste mit Ölrettich-Zwischenfrucht. Je früher die Kartoffel geerntet wird, desto wichtiger ist daher die rechtzeitige Aussaat einer nachfolgenden Winterung zur Aufnahme der überschüssigen Reststickstoffmengen im Boden

5 Anhang: Anbauhinweise

5.1 Termine, Saatmengen, spezifische Anbauhinweise/Jahr

Fruchtfolgeversuch 2001/2002

Parzelle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Hauptfrucht	Silomais	Silomais	Silomais	Silomais	Silomais	Silomais	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Welsches Weidelgras
Sorte	Oldham	Oldham	Oldham	Oldham	Oldham	Oldham	Ornica	Ornica	Ornica	Ornica	A2 - Mischung
Wirtschafts- dünger	nein	nein	nein	nein	nein	Schweinegülle	nein	nein	nein	nein	nein
Pflug ja/nein	Pflug	Pflug	Pflug	Pflug	Pflug	Pflug	pfluglos	pfluglos	pfluglos	pfluglos	Pflug
Aussaat	26.04.2002	26.04.2002	26.04.2002	26.04.2002	26.04.2002	26.04.2002	05.11.2001	05.11.2001	05.11.2001	05.11.2001	28.03.2002
Körner/m²	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2	350	350	350	350	45 kg/ha
Aufgang	14.05.2002	14.05.2002	14.05.2002	14.05.2002	14.05.2002	14.05.2002	28.11.2001	28.11.2001	28.11.2001	28.11.2001	12.04.2002
Vorfrucht	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln
ZF-Frucht z. Hauptfrucht	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein

Fruchtfolgeversuch 2002/2003

Parzelle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kultur	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Silomais	Silomais	Wintergerste	Welsches Weidelgras	Silomais
Sorte	Ornicar	Ornicar	Ornicar	Ornicar	Ornicar	Ornicar	Oldham	Oldham	Condesa	A1 - Mischung	Oldham
Wirtschafts- dünger	nein	nein	nein	Stroh	Rindermist vor Ölrettich	Schweinegülle vor Ölrettich	nein	nein	nein	nein	nein
Pflug ja/nein	Pflug	Pflug	Pflug	Pflug	Pflug	Pflug	pfluglos	pfluglos	pfluglos	Pflug	Pflug
Aussaat	31.10.2002	31.10.2002	31.10.2002	31.10.2002	31.10.2002	31.10.2002	08.05.2003	08.05.2003	28.09.2002	28.09.2002	08.05.2003
Körner/m²	350	350	350	350	350	350	9,2	9,2	300	45 kg/ha	9,2
Aufgang	18.11.2002	18.11.2002	18.11.2002	18.11.2002	18.11.2002	18.11.2002	20.05.2003	20.05.2003	09.10.2002	09.10.2002	20.05.2003
Vorfrucht	Silomais	Silomais	Silomais	Silomais	Silomais	Silomais	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Welsches Weidelgras
ZF-Frucht z. Hauptfrucht	nein	nein	nein	nein	nein	nein	Ölrettich	Ölrettich	nein	nein	nein

Fruchtfolgeversuch 2003/2004

Parzelle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kultur	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Silomais	Silomais	Zuckerrüben
Sorte	Marabel	Marabel	Marabel	Marabel	Marabel	Marabel	Marabel	Marabel	Oldham	Oldham	Mars
Wirtschafts- dünger	nein	nein	nein	nein	nein	nein*	nein	nein	nein	nein	nein
Pflug ja/nein	Pflug	pfluglos	pfluglos	Pflug	Pflug	Pflug	Pflug	Pflug	Pflug	Pflug	Pflug
Aussaat	14.04.2004	14.04.2004	14.04.2004	14.04.2004	14.04.2004	14.04.2004	14.04.2004	14.04.2004	28.04.2004	28.04.2004	15.04.2004
Körner/m²	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	9,20	9,20	9,50
Aufgang	16.05.2004	16.05.2004	16.05.2004	16.05.2004	16.05.2004	16.05.2004	16.05.2004	16.05.2004	12.05.2004	12.05.2004	24.04.2004
Vorfrucht	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Silomais	Silomais	Wintergerste	Welsches Weidelgras	Silomais
ZF-Frucht z. Hauptfrucht	nein	Ölrettich	Ölrettich	Ölrettich	Ölrettich	Ölrettich	nein	nein	Ölrettich	nein	nein

*Nr. 6 im Plan vorgesehene Gülle zu Kartoffeln ist nicht ausgebracht worden

Fruchtfolgeversuch 2004/2005

Parzelle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kultur	Silomais	Silomais	Silomais	Silomais	Silomais	Silomais	Winterweizen	Winterweizen	Kartoffeln	Kartoffeln	Silomais
Sorte	Oldham	Oldham	Oldham	Oldham	Oldham	Oldham	Ornicar	Ornicar	Marabel	Marabel	Oldham
Wirtschafts- dünger	nein	nein	nein	nein	nein	Schweinegülle vor Mais	nein	nein	nein	nein	nein
Pflug ja/nein	Pflug	Pflug	Pflug	Pflug	Pflug	Pflug	pfluglos	pfluglos	Pflug	Pflug	Pflug
Aussaat	25.05.2005	25.05.2005	25.05.2005	25.05.2005	25.05.2005	25.05.2005	26.10.2004	26.10.2004	12.04.2005	12.04.2005	25.05.2005
Körner/m²	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	350	350	4,4	4,4	8,9
Aufgang	08.06.2005	08.06.2005	08.06.2005	08.06.2005	08.06.2005	08.06.2005	18.11.2004	18.11.2004	21.05.2005	21.05.2005	08.06.2005
Vorfrucht	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Silomais	Silomais	Zuckerrüben
ZF-Frucht z. Hauptfrucht	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein

Fruchtfolgeversuch 2005/2006

Parzelle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kultur	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Silomais	Silomais	Winterweizen	Winterweizen	Kartoffeln
Sorte	Ornicar	Ornicar	Ornicar	Ornicar	Ornicar	Ornicar	Oldham	Oldham	Ornicar	Ornicar	Marabel
Wirtschafts- dünger	nein	nein	nein	Stroh	Rindermist nach Weizen, vor Ölrettich	Schweinegülle vor Ölrettich + Stroh	nein	nein	nein	nein	nein
Pflug ja/nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	nein	nein	nein	nein
Aussaat	04.11.2005	04.11.2005	04.11.2005	04.11.2005	04.11.2005	04.11.2005	26.04.2006	26.04.2006	04.11.2005	04.11.2005	24.04.2006
Körner/m²	375	375	375	375	375	375	9,15	9,15	375	375	4,04
Aufgang	18.11.2005	18.11.2005	18.11.2005	18.11.2005	18.11.2005	18.11.2005	08.05.2006	08.05.2006	18.11.2005	18.11.2005	15.05.2006
Vorfrucht	Silomais	Silomais	Silomais	Silomais	Silomais	Silomais	Winterweizen	Winterweizen	Kartoffeln	Kartoffeln	Silomais
ZF-Frucht z. Hauptfrucht	nein	nein	nein	nein	nein	nein	Ölrettich	Ölrettich	nein	nein	Ölrettich

Fruchtfolgeversuch 2006/2007

Parzelle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kultur	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Wintergerste	Feldgras	Feldgras
Sorte	Marabel	Marabel	Marabel	Marabel	Marabel	Marabel	Marabel	Marabel	Candesse	A1	A1
Wirtschafts-dünger	nein	nein	nein	nein	nein	Schweinegülle	nein	nein	nein	nein	nein
Pflug ja/nein	ja	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Aussaat	04.04.2007	04.04.2007	04.04.2007	04.04.2007	04.04.2007	04.04.2007	04.04.2007	04.04.2007	26.09.2007	26.09.2007	26.09.2007
Körner/m ²	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	280	45 kg/ha	45 kg/ha
Aufgang	29.04.2007	29.04.2007	29.04.2007	29.04.2007	29.04.2007	29.04.2007	29.04.2007	29.04.2007	03.10.2006	04.10.2006	04.10.2006
Vorfrucht	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Silomais	Silomais	Winterweizen	Winterweizen	Kartoffeln
ZF-Frucht z. Hauptfrucht	nein	Ölrettich	Ölrettich	Ölrettich	Ölrettich	Ölrettich	nein	nein	nein	nein	nein

Fruchtfolgeversuch 2007/2008

Parzelle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kultur	Silomais	Silomais	Silomais	Silomais	Silomais	Silomais	Weizen	Weizen	Silomais	Silomais	Silomais
Sorte	Ronaldinio	Ronaldinio	Ronaldinio	Ronaldinio	Ronaldinio	Ronaldinio	Herrmann	Herrmann	Ronaldinio	Ronaldinio	Ronaldinio
Wirtschafts-dünger	nein	nein	nein	nein	nein	Schweinegülle	nein	nein	nein	nein	nein
Pflug ja/nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	nein	nein	ja	ja
Aussaat	26.04.2008	26.04.2008	26.04.2008	26.04.2008	26.04.2008	26.04.2008	22.10.2008	22.10.2008	26.04.2008	26.04.2008	26.04.2008
Körner/m ²	9	9	9	9	9	9	375	375	9	9	9
Aufgang	09.05.2008	09.05.2008	09.05.2008	09.05.2008	09.05.2008	09.05.2008	06.11.2007	06.11.2007	09.05.2008	09.05.2008	09.05.2008
Vorfrucht	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Wintergerste	Welsches Weidelgras	Welsches Weidelgras
ZF-Frucht z. Hauptfrucht	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	Ölrettich	nein	nein

Fruchtfolgeversuch 2008/2009

Parzelle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kultur	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Silomais	Silomais	Kartoffeln	Kartoffeln	Zuckerrüben
Sorte	Herrmann	Herrmann	Herrmann	Herrmann	Herrmann	Herrmann	Ronaldinio	Ronaldinio	Marabel	Marabel	Prestige
Wirtschafts-dünger	nein	nein	nein	Stroh	Rindermist nach Weizen, vor Ölrettich	Schweinegülle vor Ölrettich + Stroh	nein	nein	nein	nein	nein
Pflug ja/nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	nein	nein	ja	ja
Aussaat	22.10.2008	22.10.2008	22.10.2008	22.10.2008	22.10.2008	22.10.2008	24.04.2009	24.04.2009	15.04.2009	15.04.2009	10.04.2009
Körner/m ²	375	375	375	375	375	375	9	9	9	9	10
Aufgang	08.11.2008	08.11.2008	08.11.2008	08.11.2008	08.11.2008	08.11.2008	08.05.2009	08.05.2009	11.05.2009	11.05.2009	18.04.2009
Vorfrucht	Silomais	Silomais	Silomais	Silomais	Silomais	Silomais	Weizen	Weizen	Silomais	Silomais	Silomais
ZF-Frucht z. Hauptfrucht	nein	nein	nein	nein	nein	nein	Ölrettich	Ölrettich	nein	nein	nein

Fruchtfolgeversuch 2009/2010

Parzelle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kultur	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen
Sorte	Marabel	Marabel	Marabel	Marabel	Marabel	Marabel	Marabel	Marabel	Hermann	Hermann	Hermann
Wirtschafts- dünger	nein	nein	nein	nein	nein	Schweinegülle	nein	nein	nein	nein	nein
Pflug ja/nein	ja	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	nein	nein	ja
Aussaat	21.04.2010	21.04.2010	21.04.2010	21.04.2010	21.04.2010	21.04.2010	21.04.2010	21.04.2010	23.10.2009	23.10.2009	23.10.2009
Körner/m²	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	340	340	340
Aufgang	23.05.2010	23.05.2010	23.05.2010	23.05.2010	23.05.2010	23.05.2010	23.05.2010	23.05.2010	08.11.2009	08.11.2009	08.11.2009
Vorfrucht	Weizen	Weizen	Weizen	Weizen	Weizen	Weizen	Silomais	Silomais	Kartoffeln	Kartoffeln	Zuckerrüben
ZF-Frucht z. Hauptfrucht	nein	Ölrettich	Ölrettich	Ölrettich	Ölrettich	Ölrettich	nein	nein	nein	nein	nein

Fruchtfolgeversuch 2010/2011

Parzelle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kultur	Silomais	Silomais	Silomais	Silomais	Silomais	Silomais	Weizen	Weizen	Gerste	Feldgras	Kartoffeln
Sorte	Ronaldinio	Ronaldinio	Ronaldinio	Ronaldinio	Ronaldinio	Ronaldinio	Hermann	Hermann	Souleyka	A1-Mischung	Marabel
Wirtschafts- dünger	nein	nein	nein	nein	nein	Schweinegülle 80 N	nein	nein	nein	nein	nein
Pflug ja/nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	nein	ja	ja	nein
Aussaat	04.05.2011	04.05.2011	04.05.2011	04.05.2011	04.05.2011	04.05.2011	22.10.2010	22.10.2010	30.09.2010	30.09.2010	11.04.2011
Körner/m²	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	320	320	280	45 kg	41500
Aufgang	12.05.2011	12.05.2011	12.05.2011	12.05.2011	12.05.2011	12.05.2011	14.11.2010	14.11.2010	09.10.2010	10.10.2010	08.05.2011
Vorfrucht	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen
ZF-Frucht z. Hauptfrucht	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	Ölrettich

Fruchtfolgeversuch 2011/2012

Parzelle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kultur	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Silomais	Silomais	Silomais	Silomais	Feldgras
Sorte	Hermann	Hermann	Hermann	Hermann	Hermann	Hermann	Ronaldinio	Ronaldinio	Ronaldinio	Ronaldinio	A1-Mischung
Wirtschafts- dünger	nein	nein	nein	Stroh	Rindermist nach Weizen, vor Ölrettich	Schweinegülle vor Ölrettich + Stroh	nein	nein	nein	nein	nein
Pflug ja/nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	nein	nein	ja	ja
Aussaat	23.10.2011	23.10.2011	23.10.2011	23.10.2011	23.10.2011	23.10.2011	05.05.2012	05.05.2012	05.05.2012	05.05.2012	02.09.2011
Körner/m²	340	340	340	340	340	340	10	10	10	10	45 kg
Aufgang	13.11.2012	13.11.2012	13.11.2012	13.11.2012	13.11.2012	13.11.2012	19.05.2012	19.05.2012	19.05.2012	19.05.2012	09.09.2012
Vorfrucht	Silomais	Silomais	Silomais	Silomais	Silomais	Silomais	Weizen	Weizen	Gerste	Feldgras A1	Kartoffeln
ZF-Frucht z. Hauptfrucht	nein	nein	nein	nein	nein	nein	Ölrettich	Ölrettich	Ölrettich	Feldgras A1	nein

Fruchtfolgeversuch 2012/2013

Parzelle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kultur	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Silomais
Sorte	Marabel	Marabel	Marabel	Marabel	Marabel	Marabel	Marabel	Marabel	Marabel	Marabel	Ronaldinio
Wirtschafts- dünger	nein	nein	nein	Stroh	Rindermist nach Weizen, vor Ölrettich	Schweinegülle vor Ölrettich + Stroh					
Pflug ja/nein	ja	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Aussaat	23.04.2013	23.04.2013	23.04.2013	23.04.2013	23.04.2013	23.04.2013	23.04.2013	23.04.2013	23.04.2013	23.04.2013	29.04.2013
Körner/m ²	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	10
Aufgang	28.05.2013	28.05.2013	28.05.2013	28.05.2013	28.05.2013	28.05.2013	28.05.2013	28.05.2013	28.05.2013	28.05.2013	13.05.2013
Vorfrucht	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Feldgras A1
ZF-Frucht z. Hauptfrucht	nein	Ölrettich	Ölrettich	Ölrettich	Ölrettich	Ölrettich	nein	nein	nein	nein	nein

Fruchtfolgeversuch 2013/2014

Parzelle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kultur	Silomais	Silomais	Silomais	Silomais	Silomais	Silomais	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Zuckerrüben
Sorte	Ronaldinio	Ronaldinio	Ronaldinio	Ronaldinio	Ronaldinio	Ronaldinio	Hermann	Hermann	Hermann	Hermann	Hannibal
Wirtschafts- dünger	nein	nein	nein	nein	nein	Schweinegülle	nein	nein	nein	nein	nein
Pflug ja/nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	nein	nein	nein	ja
Aussaat	25.04.2014	25.04.2014	25.04.2014	25.04.2014	25.04.2014	25.04.2014	31.10.2013	31.10.2013	31.10.2013	31.10.2013	19.03.2014
Körner/m ²	10	10	10	10	10	10	400	400	400	400	10
Aufgang	08.05.2014	08.05.2014	08.05.2014	08.05.2014	08.05.2014	08.05.2014	14.11.2014	14.11.2014	14.11.2014	14.11.2014	03.04.2014
Vorfrucht	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Silomais
ZF-Frucht z. Hauptfrucht	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein

Fruchtfolgeversuch 2014/2015

Parzelle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kultur	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Silomais	Silomais	Wintergerste	Feldgras	Winterweizen
Sorte	Anapolis	Anapolis	Anapolis	Anapolis	Anapolis	Anapolis	Ronaldinio	Ronaldinio	Loreley	A1-Mischung	Anapolis
Wirtschafts- dünger	nein	nein	nein	Sroh nach Weizen	Rindermist nach Weizen, vor Ölrettich	Schweinegülle vor Ölrettich + Stroh	nein	nein	nein	nein	nein
Pflug ja/nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	nein	ja	ja	ja
Aussaat	30.10.2014	30.10.2014	30.10.2014	30.10.2014	30.10.2014	30.10.2014	23.04.2015	23.04.2015	01.10.2014	21.09.2014	30.10.2014
Körner/m ²	400	400	400	400	400	400	10	10	320	45	400
Aufgang	12.11.2014	12.11.2014	12.11.2014	12.11.2014	12.11.2014	12.11.2014	11.05.2015	11.05.2015	07.10.2014	01.10.2014	12.11.2014
Vorfrucht	Silomais	Silomais	Silomais	Silomais	Silomais	Silomais	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Zuckerrübe
ZF-Frucht z. Hauptfrucht	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	ja	nein	nein	ja

Fruchtfolgeversuch 2015/2016

Parzelle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kultur	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Silomais	Silomais	Kartoffeln
Sorte	Marabel	Marabel	Marabel	Marabel	Marabel	Marabel	Marabel	Marabel	Ronaldinio	Ronaldinio	Marabel
Wirtschafts- dünger	nein	nein	nein	Stroh nach Weizen	Rindermist nach Weizen, vor Ölrettich	Schweinegülle nach Weizen, vor Ölrettich			nein	nein	nein
Pflug ja/nein	ja	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	nein	ja	nein
Aussaat	22.04.2016	22.04.2016	22.04.2016	22.04.2016	22.04.2016	22.04.2016	22.04.2016	22.04.2016	03.05.2016	03.05.2016	22.04.2016
Körner/m ²	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	10	10	4
Aufgang									12.05.2016	12.05.2016	
Vorfrucht	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Silomais	Silomais	Wintergerste	Feldgras	Winterweizen
ZF-Frucht z. Hauptfrucht	nein	ja	ja	ja	ja	ja	nein	nein	ja	nein	ja

Fruchtfolgeversuch 2016/2017

Parzelle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kultur	Silomais	Silomais	Silomais	Silomais	Silomais	Silomais	Winterweizen	Winterweizen	Kartoffeln	Kartoffeln	Feldgras A1
Sorte	Ronaldinio	Ronaldinio	Ronaldinio	Ronaldinio	Ronaldinio	Ronaldinio	Anapolis	Anapolis	Marabel	Marabel	A1-Mischung
Wirtschafts- dünger	nein	nein	nein	nein	nein	Schweinegülle	nein	nein	nein	nein	nein
Pflug ja/nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	nein	ja	ja	ja
Aussaat	09.05.2017	09.05.2017	09.05.2017	09.05.2017	09.05.2017	09.05.2017	23.10.2016	23.10.2016	13.04.2017	13.04.2017	07.10.2016
Körner/m ²	10	10	10	10	10	10	400	400	4,16	4,16	45 kg
Aufgang	19.05.2017	19.05.2017	19.05.2017	19.05.2017	19.05.2017	19.05.2017			09.05.2017	09.05.2017	
Vorfrucht	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Silomais	Silomais	Kartoffeln
ZF-Frucht z. Hauptfrucht	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein

Fruchtfolgeversuch 2017/2018

Parzelle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kultur	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Silomais	Silomais	Winterweizen	Winterweizen	Silomais
Sorte	RGT Reform	RGT Reform	RGT Reform	RGT Reform	RGT Reform	RGT Reform	Figaro	Figaro	RGT Reform	RGT Reform	Figaro
Wirtschafts- dünger	nein	nein	nein	Stroh nach Weizen	Rindermist nach Weizen, vor Ölrettich	Schweinegülle nach Weizen, vor Ölrettich			nein	nein	nein
Pflug ja/nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	nein	nein	nein	ja
Aussaat	02.11.2017	02.11.2017	02.11.2017	02.11.2017	02.11.2017	02.11.2017	04.05.2018	04.05.2018	02.11.2017	02.11.2017	04.05.2018
Körner/m ²	400	400	400	400	400	400	10	10	400	400	10
Aufgang	18.11.2017	18.11.2017	18.11.2017	18.11.2017	18.11.2017	18.11.2017	12.05.2018	12.05.2018	18.11.2017	18.11.2017	12.05.2018
Vorfrucht	Silomais	Silomais	Silomais	Silomais	Silomais	Silomais	Winterweizen	Winterweizen	Kartoffeln	Kartoffeln	Feldgras A1
ZF-Frucht z. Hauptfrucht	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	ja	nein	nein	nein

Fruchtfolgeversuch 2018/2019

Parzelle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kultur	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Wintergerste	Feldgras A1	Zuckerrübe
Sorte	Marabel	Marabel	Marabel	Marabel	Marabel	Marabel	Marabel	Marabel	KWS Kosmos	A1	Marley
Wirtschafts- dünger	nein	nein	nein	Stroh vor Ölrettich	Rindermist vor Ölrettich	Schweinegülle	nein	nein	nein	nein	nein
Pflug ja/nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Aussaat	23.04.2019	23.04.2019	23.04.2019	23.04.2019	23.04.2019	23.04.2019	23.04.2019	23.04.2019	28.09.2018	28.09.2018	29.03.2019
Körner/m ²	4,04	4,04	4,04	4,04	4,04	4,04	4,04	4,04	320	45 kg	
Aufgang	22.05.2019	22.05.2019	22.05.2019	22.05.2019	22.05.2019	22.05.2019	22.05.2019	22.05.2019	08.10.2018	09.10.2018	17.04.2019
Vorfrucht	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Silomais	Silomais	Winterweizen	Winterweizen	Silomais
ZF-Frucht z. Hauptfrucht	nein	ja	ja	ja	ja	ja	nein	nein	nein	nein	nein

Fruchtfolgeversuch 2019/2020

Parzelle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kultur	Silomais	Silomais	Silomais	Silomais	Silomais	Silomais	Winterweizen	Winterweizen	Silomais	Silomais	Winterweizen
Sorte	Figaro	Figaro	Figaro	Figaro	Figaro	Figaro	RGT Reform	RGT Reform	Figaro	Figaro	RGT Reform
Wirtschafts- dünger	nein	nein	nein	nein	nein	Schweinegülle	nein	nein	nein	nein	nein
Pflug ja/nein											
Aussaat							400	400			
Körner/m ²											
Aufgang							13.12.2019	13.12.2019			12.12.2019
Vorfrucht	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln	Wintergerste	Feldgras A1	Zuckerrüben
ZF-Frucht z. Hauptfrucht	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein	nein

5.2 Applizierte Grunddüngergaben je Jahr (2002-2019) zu den Fruchtfolgen 1-11

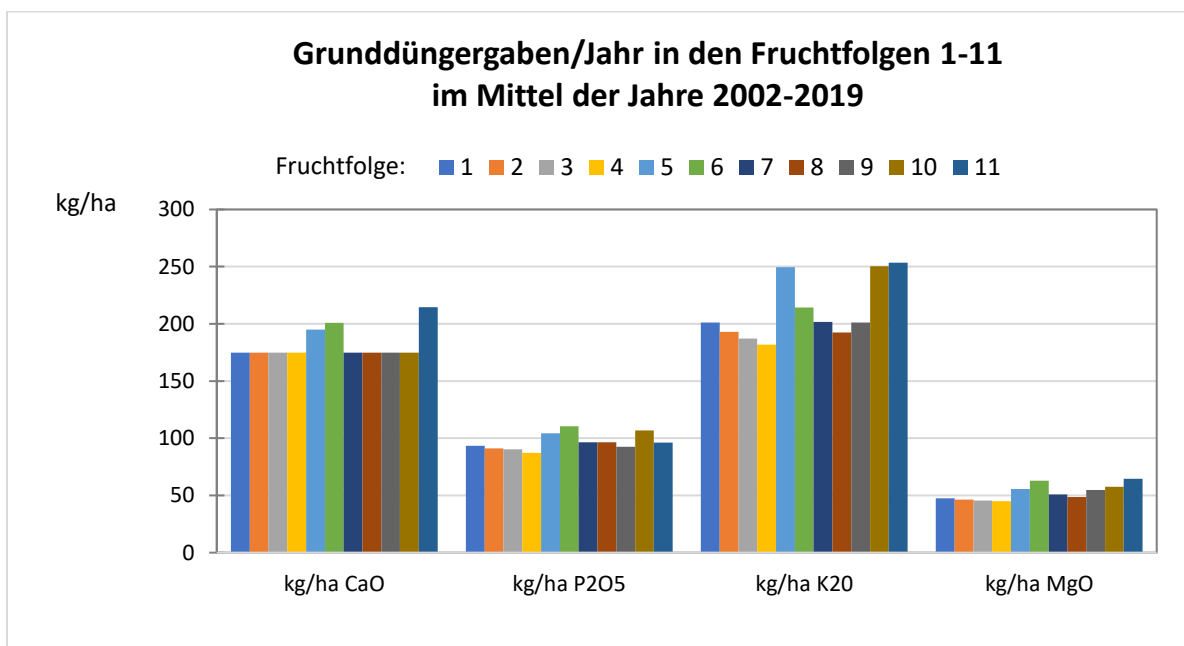
Jahr	Fruchtfolge	kg/ha P ₂ O ₅	kg/ha K ₂ O	kg/ha MgO	kg/ha CaO
2002	1	184	203	81	0
2002	2	184	203	81	0
2002	3	184	203	81	0
2002	4	184	203	81	0
2002	5	184	203	81	0
2002	6	160	278	105	39
2002	7	108	203	81	0
2002	8	108	203	81	0
2002	9	108	203	81	0
2002	10	108	203	81	0
2002	11	108	203	81	0
2003	1	128	240	96	0
2003	2	128	240	96	0
2003	3	128	240	96	0
2003	4	128	240	96	0
2003	5	175	392	122	61
2003	6	184	293	123	44
2003	7	204	240	96	0
2003	8	204	240	96	0
2003	9	128	240	96	0
2003	10	128	240	96	0
2003	11	204	240	96	0
2004	1	120	277	96	0
2004	2	120	277	96	0
2004	3	120	277	96	0
2004	4	120	277	96	0
2004	5	120	277	96	0
2004	6	120	277	96	0
2004	7	120	277	96	0
2004	8	120	277	96	0
2004	9	196	277	92	0
2004	10	196	277	92	0
2004	11	120	277	92	0
2005	1	159	198	66	0
2005	2	159	198	66	0
2005	3	159	198	66	0
2005	4	159	198	66	0
2005	5	159	198	66	0
2005	6	105	270	74	15
2005	7	83	198	66	0
2005	8	83	198	66	0
2005	9	83	198	70	0
2005	10	83	198	70	0
2005	11	83	198	66	0

Jahr	Fruchtfolge	kg/ha P ₂ O ₅	kg/ha K ₂ O	kg/ha MgO	kg/ha CaO
2006	1	107	191	64	1647
2006	2	107	191	64	1647
2006	3	107	191	64	1647
2006	4	80	191	64	1647
2006	5	159	414	96	1705
2006	6	93	234	68	1655
2006	7	76	191	64	1647
2006	8	76	191	64	1647
2006	9	107	191	64	1647
2006	10	107	191	64	1647
2006	11	80	191	68	1647
2007	1	116	213	75	0
2007	2	116	213	75	0
2007	3	116	213	75	0
2007	4	116	213	75	0
2007	5	116	213	75	0
2007	6	142	248	85	15
2007	7	116	213	75	0
2007	8	116	213	75	0
2007	9	116	213	71	0
2007	10	116	213	71	0
2007	11	116	213	71	0
2008	1	69	200	30	0
2008	2	69	200	30	0
2008	3	69	200	30	0
2008	4	69	200	30	0
2008	5	69	200	30	0
2008	6	116	272	53	40
2008	7	60	109	45	0
2008	8	60	109	45	0
2008	9	69	200	30	0
2008	10	69	200	30	0
2008	11	69	200	30	0
2009	1	59	60	9	0
2009	2	59	60	9	0
2009	3	59	60	9	0
2009	4	59	60	9	0
2009	5	129	262	47	70
2009	6	119	138	37	35
2009	7	69	200	30	0
2009	8	69	200	30	0
2009	9	72	300	105	0
2009	10	72	300	105	0

Jahr	Fruchtfolge	kg/ha P ₂ O ₅	kg/ha K ₂ O	kg/ha MgO	kg/ha CaO
2010	1			4	0
2010	2			4	0
2010	3			4	0
2010	4			4	0
2010	5			4	0
2010	6	85	66	43	38
2010	7			4	0
2010	8			4	0
2010	9				0
2010	10				0
2010	11				0
2011	1	97	264	40	0
2011	2	97	177	40	0
2011	3	69	177	40	0
2011	4	69	177	40	0
2011	5	69	177	40	0
2011	6	69	177	40	0
2011	7	70	120	40	0
2011	8	70	120	40	0
2011	9	86	120	40	0
2011	10	107	400	82	0
2011	11	70	300	100	0
2012	1	75	125	27	0
2012	2	75	125	27	0
2012	3	109	125	27	0
2012	4	85	49	16	0
2012	5	94	171	38	22
2012	6	110	120	30	26
2012	7	151	273	50	0
2012	8	151	186	37	0
2012	9	151	186	37	0
2012	10	151	273	50	0
2012	11	112	409	70	0
2013	1	70	200	3	0
2013	2	70	200	3	0
2013	3	47	200	3	0
2013	4	47	200	3	0
2013	5	47	200	3	0
2013	6	47	200	3	0
2013	7	47	200	3	0
2013	8	47	200	3	0
2013	9	70	200	3	0
2013	10		200	3	0
2013	11		264		0

Jahr	Fruchtfolge	kg/ha P ₂ O ₅	kg/ha K ₂ O	kg/ha MgO	kg/ha CaO
2014	1	96	120	18	0
2014	2	96	120	18	0
2014	3	96	120	18	0
2014	4	96	120	18	0
2014	5	69	120	18	0
2014	6	130	164	46	44
2014	7	104	120	18	0
2014	8	104	120	18	0
2014	9	104	120	18	0
2014	10	104	120	18	0
2014	11	107	380	45	0
2015	1	104	183	28	0
2015	2	70	183	28	0
2015	3	70	183	28	0
2015	4	70	183	28	0
2015	5	111	301	47	66
2015	6	120	179	39	30
2015	7	138	187	29	0
2015	8	138	187	29	0
2015	9	58	126	19	0
2015	10	117	254	38	0
2015	11	70	126	19	0
2016	1	50	255	88	0
2016	2	50	205	71	0
2016	3	50	205	71	0
2016	4	50	205	71	0
2016	5	50	255	88	0
2016	6	50	255	88	0
2016	7	50	255	88	0
2016	8	50	182	64	0
2016	9	50	346	90	0
2016	10	96	269	35	0
2016	11	50	255	88	0
2017	1	46	218	33	1500
2017	2	46	218	33	1500
2017	3	46	218	33	1500
2017	4	46	218	33	1500
2017	5	46	218	33	1500
2017	6	108	282	60	1542
2017	7	107	218	33	1500
2017	8	107	218	33	1500
2017	9	70	218	36	1500
2017	10	70	318	51	1500
2017	11	120	218	33	1500

Jahr	Fruchtfolge	kg/ha P ₂ O ₅	kg/ha K ₂ O	kg/ha MgO	kg/ha CaO
2018	1	63	187	28	0
2018	2	63	187	28	0
2018	3	63	87	13	0
2018	4	63	87	13	0
2018	5	136	448	51	84
2018	6	130	144	48	50
2018	7	93	187	28	0
2018	8	93	187	28	0
2018	9	63	87	13	0
2018	10	63	187	28	0
2018	11	93	267	40	500
2019	1	43	285	68	0
2019	2	43	285	68	0
2019	3	43	285	68	0
2019	4	43	270	68	0
2019	5	43	195	68	0
2019	6	101	260	96	41
2019	7	43	240	68	0
2019	8	43	240	68	0
2019	9	43	195	65	0
2019	10	123	415	65	0
2019	11	43	315	68	0



6 Anhang: Bodenuntersuchungen

6.1 Grundnährstoffe 2002-2019

pH Wert im Boden in 0 – 30 cm Tiefe von 2002-2019 in den einzelnen Fruchtfolgen

pH - Wert	Anbau-Nr.											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Mittel
2002	6,0	5,9	5,9	5,8	5,8	5,9	5,9	5,9	5,7	5,8	5,8	5,9
2003	5,9	5,9	5,9	5,9	5,8	5,9	5,9	5,9	5,9	6,0	5,9	5,9
2004	6,2	6,2	6,2	6,1	6,0	6,0	6,0	6,0	5,9	6,0	6,0	6,1
2005	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,8	5,8	5,8	5,7	5,8	5,9	5,8
2006	6,2	6,2	6,3	6,4	6,4	6,4	6,3	6,4	6,0	6,1	6,1	6,3
2007	6,0	6,1	6,3	6,1	6,3	6,1	6,2	6,1	6,3	6,0	5,9	6,1
2008	6,6	6,5	6,7	6,5	6,5	6,6	6,5	6,4	6,6	6,4	6,3	6,5
2009	6,6	6,5	6,6	6,7	6,6	6,7	6,6	6,6	6,5	6,6	6,6	6,6
2010	6,7	6,7	6,8	6,7	6,7	6,7	6,9	6,8	6,8	6,7	6,7	6,7
2011	6,5	6,6	6,5	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,5	6,5	6,6
2012	6,5	6,5	6,4	6,5	6,4	6,5	6,6	6,6	6,5	6,4	6,4	6,5
2013	6,4	6,5	6,4	6,5	6,5	6,6	6,6	6,5	6,4	6,4	6,5	6,5
2014	6,3	6,4	6,4	6,4	6,3	6,5	6,5	6,4	6,4	6,4	6,3	6,4
2015	6,4	6,3	6,3	6,3	6,4	6,3	6,5	6,3	6,4	6,3	6,3	6,3
2016	6,2	6,3	6,2	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,2	6,1	6,1	6,2
2017	6,5	6,7	6,7	6,7	6,6	6,7	6,6	6,4	6,4	6,5	6,2	6,5
2018	6,3	6,3	6,2	6,3	6,3	6,4	6,3	6,3	6,2	6,2	6,4	6,3
2019	6,3	6,3	6,3	6,2	6,3	6,4	6,4	6,3	6,3	6,1	6,4	6,3
Mittel	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,2	6,2	6,2	6,3

mg P₂O₅/100g in 0 – 30 cm Bodentiefe von 2002-2019 in den einzelnen Fruchtfolgen

mg P ₂ O ₅ /100g	Anbau-Nr.											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Mittel
2002	15	15	18	18	19	15	14	14	12	13	16	15
2003	21	18	21	19	21	21	18	19	17	16	22	19
2004	19	21	21	18	23	21	21	19	17	17	20	20
2005	20	20	20	20	20	21	20	18	17	19	19	19
2006	17	20	20	18	20	21	19	21	17	17	17	19
2007	19	20	22	21	25	21	20	19	19	17	18	20
2008	22	21	24	20	22	24	21	20	20	17	19	21
2009	25	17	21	20	21	24	20	20	17	18	18	20
2010	18	18	20	19	20	20	19	19	18	17	17	19
2011	19	19	18	18	22	22	17	18	18	16	18	19
2012	18	18	21	20	22	21	19	20	18	19	17	19
2013	17	17	16	17	20	20	18	16	16	15	16	17
2014	18	19	19	19	23	22	19	19	19	17	19	19
2015	18	18	19	18	22	22	19	19	19	17	18	19
2016	18	17	19	17	21	21	18	17	18	17	17	18
2017	19	17	19	17	21	22	19	18	19	18	18	19
2018	18	16	18	17	19	20	17	18	19	16	17	18
2019	18	19	17	19	21	24	21	18	19	19	18	19
Mittel	18	18	20	19	21	21	19	18	18	17	18	19

mg K₂O/100g in 0 – 30 cm Bodentiefe von 2002-2019 in den einzelnen Fruchtfolgen

mg K ₂ O/100g	Anbau-Nr.											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Mittel
2002	15	16	15	16	16	16	14	14	15	16	12	15
2003	23	21	21	22	24	25	22	24	22	18	20	22
2004	23	30	27	23	26	27	26	21	18	18	18	23
2005	25	24	24	24	23	29	23	24	25	27	19	24
2006	25	26	28	23	26	33	23	27	24	22	18	25
2007	20	23	25	23	31	25	20	21	22	11	11	21
2008	19	18	20	19	22	25	17	17	24	14	11	19
2009	20	16	18	19	23	26	17	21	21	17	11	19
2010	18	20	21	20	27	25	21	23	23	16	15	21
2011	22	19	20	19	26	27	18	19	23	16	18	21
2012	21	18	19	19	26	23	22	20	26	18	12	20
2013	18	20	17	20	25	23	21	19	22	17	15	20
2014	18	18	16	17	24	24	20	19	24	19	23	20
2015	20	18	18	18	26	22	19	21	22	13	20	20
2016	20	19	23	21	23	24	21	21	22	15	20	21
2017	17	17	20	20	22	22	20	22	21	17	14	19
2018	20	18	18	19	24	21	23	23	24	17	15	20
2019	24	29	20	26	26	28	27	25	19	23	21	24
Mittel	21	21	21	20	24	25	21	21	22	17	16	21

mg Mg/100g in 0 – 30 cm Bodentiefe von 2002-2019 in den einzelnen Fruchtfolgen

mg Mg/100g	Anbau-Nr.											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Mittel
2002	7	6	6	6	7	6	6	6	5	6	7	6
2003	8	8	8	7	8	9	8	7	7	7	8	7
2004	9	9	9	9	9	9	9	8	8	8	8	9
2005	10	9	9	9	10	10	9	8	9	9	9	9
2006	9	9	9	9	10	10	9	9	8	8	8	9
2007	9	9	9	9	10	9	9	9	9	8	9	9
2008	10	10	10	10	10	11	9	9	9	10	10	10
2009	8	8	8	8	8	8	9	8	8	9	8	8
2010	8	7	8	8	9	8	8	7	8	7	7	8
2011	9	9	9	9	9	10	9	9	8	9	9	9
2012	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9	9	9
2013	9	9	9	8	9	9	9	8	9	9	8	9
2014	8	8	8	8	8	9	8	7	8	8	8	8
2015	7	7	7	7	8	9	8	7	7	8	8	8
2016	9	9	9	9	9	10	9	8	8	9	9	9
2017	7	7	7	7	7	8	7	7	7	8	8	7
2018	8	8	7	8	8	9	8	8	8	9	8	8
2019	7	8	7	8	8	9	7	8	7	8	7	8
Mittel	8	8	8	8	9	9	8	8	8	8	8	8

6.2 Nitratgehalt im Boden

Fruchtart	Probenahmetermin	Nr.	kg NO ₃ -N/ha				
			in 0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm	
Kartoffeln	Frühjahr	1	13,3	8,7	8,3	30,3	
		2	16,7	9,8	5,2	31,7	
		3	18,7	11,0	4,0	33,7	
		4	14,2	7,7	1,7	23,5	
		5	17,2	10,5	4,0	31,7	
		6	14,8	8,8	3,7	27,3	
		7	12,3	10,3	11,7	34,3	
		8	10,3	8,5	11,5	30,3	
		9	11,8	13,5	15,5	40,8	
		10	12,3	11,5	17,5	41,3	
		11	26,7	15,0	4,7	46,3	
		Mittel		14,9	10,1	7,6	32,6
		Herbst	1	24,7	22,0	15,2	61,8
			2	26,0	20,0	17,2	63,1
			3	24,3	27,4	19,5	71,1
			4	29,0	24,1	16,6	69,7
			5	33,4	33,1	19,5	86,0
			6	32,0	26,2	15,9	74,1
			7	24,8	21,1	16,6	62,5
			8	23,4	20,0	16,0	59,4
			9	29,0	17,7	17,0	63,8
			10	28,2	14,3	17,8	60,4
			11	33,0	19,7	11,3	64,0
		Mittel		27,7	22,8	16,8	67,3
		Winter	1	16,0	31,9	22,5	70,4
			2	15,1	29,6	20,8	65,5
			3	14,5	31,5	22,1	68,1
			4	16,0	32,9	24,4	73,3
			5	18,0	41,3	27,0	86,3
			6	16,1	33,8	22,2	72,1
			7	14,4	25,6	22,5	62,5
			8	14,0	27,6	20,1	61,7
			9	11,4	25,1	22,7	59,2
	10		10,2	27,5	26,1	63,8	
	11		7,0	26,6	26,9	60,5	
	Mittel		14,3	30,7	23,2	68,2	
	Gesamtmittel		19,2	21,8	16,3	57,3	

Fruchtart	Probenahmetermin	Nr.	kg NO ₃ -N/ha			
			in 0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
Silomais	Frühjahr	1	28,0	12,8	15,3	56,1
		2	25,3	11,8	14,6	51,7
		3	26,8	13,8	16,1	56,7
		4	26,8	13,6	18,8	59,2
		5	29,0	13,6	20,4	63,1
		6	28,0	14,3	18,3	60,6
		7	21,0	11,0	3,9	35,9
		8	20,4	9,0	4,2	33,6
		9	39,0	11,5	2,8	53,3
		10	24,5	7,5	1,0	33,0
		11	22,8	5,4	0,5	28,6
		Mittel	26,3	11,6	11,4	49,3
	Herbst	1	15,2	7,1	7,3	29,6
		2	15,1	3,8	5,1	24,0
		3	18,1	7,2	8,2	33,5
		4	16,2	4,6	9,4	30,2
		5	18,1	5,0	7,4	30,5
		6	12,6	3,4	7,2	23,2
		7	22,4	9,4	3,5	35,3
		8	22,4	9,2	3,4	35,0
		9	18,5	5,3	2,5	26,3
		10	21,5	7,5	1,8	30,8
		11	26,2	31,5	9,2	66,8
		Mittel	18,4	7,9	6,1	32,4
	Winter	1	11,4	14,4	7,8	33,6
		2	12,4	15,0	9,6	37,0
		3	12,8	16,2	10,6	39,6
		4	11,0	13,8	8,4	33,2
		5	11,6	16,4	10,4	38,4
		6	10,8	13,0	6,6	30,4
		7	13,5	28,1	12,8	54,4
		8	9,1	28,2	11,9	49,2
		9	13,0	22,0	9,5	44,5
10		15,8	26,8	11,8	54,3	
11		10,3	50,7	22,7	83,6	
Mittel		11,9	21,8	11,0	44,7	
Gesamtmittel		19,1	13,5	9,5	42,1	

Fruchtart	Probenahmetermin	Nr.	kg NO ₃ -N/ha			
			in 0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
W-Weizen	Frühjahr	1	3,9	7,5	9,2	20,6
		2	4,7	6,7	10,6	22,0
		3	4,0	7,4	10,4	21,8
		4	5,1	7,1	10,2	22,4
		5	5,3	8,5	10,2	23,9
		6	4,4	8,3	10,7	23,5
		7	7,3	12,4	20,5	40,1
		8	6,9	9,5	20,1	36,6
		9	8,3	12,0	19,1	39,5
		10	7,5	11,6	20,1	39,3
		11	12,0	12,3	12,3	36,7
		Mittel	6,0	9,2	13,8	29,0
	Herbst	1	13,9	18,0	6,1	37,9
		2	3,2	2,1	0,9	6,2
		3	4,4	3,4	1,3	9,1
		4	5,0	4,3	2,2	11,4
		5	6,5	3,3	1,4	11,2
		6	4,7	3,1	1,2	8,9
		7	4,4	1,9	0,3	6,6
		8	4,7	1,1	1,1	6,9
		9	18,9	12,3	8,2	39,4
		10	20,8	13,7	8,2	42,6
		11	5,3	3,0	1,3	9,7
		Mittel	8,1	5,9	2,7	16,7
	Winter	1	9,2	16,7	17,3	43,1
		2	4,3	0,9	0,5	5,7
		3	4,6	0,4	0,7	5,7
		4	3,1	0,5	0,2	3,9
		5	4,0	0,4	0,1	4,5
		6	3,1	0,2	0,0	3,3
		7	3,8	0,2	0,2	4,2
		8	3,6	0,2	0,2	4,0
		9	5,3	6,0	7,8	19,0
10		3,5	12,3	16,8	32,5	
11		12,0	4,0	2,0	18,0	
Mittel		4,9	3,5	3,8	12,2	
Gesamtmittel		6,4	6,3	7,1	19,7	

Fruchtart	Probenahmetermin	Nr.	kg NO ₃ -N/ha			
			in 0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
W-Gerste	Frühjahr	9	5,2	2,5	2,0	9,7
	Herbst	9	6,2	2,2	1,6	10,1
	Winter	9	5,2	1,1	0,6	6,9
	Gesamtmittel			5,6	1,9	1,4
Welsch. W.	Frühjahr	10	2,6	2,4	5,5	10,5
		11	5,3	5,3	12,0	22,6
		Mittel	3,8	3,7	8,4	15,9
	Herbst	10	5,2	4,6	2,1	11,8
		11	3,5	3,7	0,1	7,3
		Mittel	4,4	4,2	1,2	9,8
	Winter	10	3,4	4,2	1,9	9,5
		11	1,0	2,0	0,0	3,0
		Mittel	2,5	3,4	1,2	7,1
	Gesamtmittel			3,6	3,8	3,7
Zucker- rüben	Frühjahr	11	9,3	10,8	18,3	38,3
	Herbst	11	9,8	8,5	2,5	20,8
	Winter	11	14,3	14,3	5,8	34,3
	Gesamtmittel			11,1	11,2	8,8

6.3 Bodenphysikalische Kenngrößen nach Ermittlung der Fachhochschule Soest (Prof. Th. Weyer)

Jahr	Nr.	Bodenschicht	Tiefe, cm	Spez. Gewicht, g	Trock.-Gew., g	Lagerungsdichte, g/cm ³	Luftkapazität 2,5, Vol-%	Feldkapazität, Vol.-%	nFK 1,8, Vol-%	kf, cm/d	GPV, Vol-%	PV weite GP, Vol.-%	PV enge GP, Vol.-%	PV mittlP, Vol.-%	PV feinP, Vol.-%
2002*	Mittel 1-11	Krume	15			1,39	13,35	36,70	29,58	42,62	50,05	13,35	8,50	21,51	7,12
2009*	1	Krume	15	112,232	242,40	1,30	28,95	20,44	11,06	298,80	49,40	28,95	6,81	4,25	9,38
2009	3	Krume	15	112,613	249,00	1,36	25,33	21,41	11,81	47,70	46,70	25,33	6,98	4,83	9,60
2009	5	Krume	15	111,86	250,20	1,38	25,49	20,70	11,06	44,60	46,20	25,49	6,38	4,68	9,64
2009	7	Krume	15	112,285	247,00	1,35	25,13	22,44	12,59	40,40	47,60	25,13	7,56	5,03	9,85
2009	8	Krume	15	111,753	251,10	1,39	24,92	20,79	11,45	59,40	45,70	24,92	5,28	6,17	9,34
2009	11	Krume	15	111,351	260,00	1,36	27,30	20,36	11,34	169,90	47,70	22,50	5,69	5,65	9,02
2002	Mittel 1-11	Krumenbasis	30			1,52	8,62	37,12	28,91	15,42	45,74	8,69	8,40	20,92	8,15
2009	1	Krumenbasis	30	112,112	260,90	1,49	19,30	23,37	12,81	30,70	42,70	19,30	8,91	3,90	10,56
2009	5	Krumenbasis	30	111,962	256,00	1,44	21,12	23,55	14,34	22,90	44,70	21,12	10,43	3,91	9,21
2009	7	Krumenbasis	30	113,75	261,90	1,48	8,42	34,66	24,68	14,70	43,10	8,42	8,77	15,91	9,98
2009	8	Krumenbasis	30	112,146	266,80	1,55	19,38	21,34	10,36	10,60	40,70	19,38	6,34	4,02	10,98
2009	11	Krumenbasis	30	112,181	260,00	1,48	21,16	21,25	12,08	21,60	42,40	21,16	7,50	4,58	9,18
2002	Mittel 1-11	Unterboden	55			1,40	10,96	40,41	32,72	29,80	51,37	10,96	11,30	21,42	7,69
2009	1	Unterboden	55	111,684	248,20	1,37	11,28	36,40	26,20	28,10	47,70	11,28	9,42	16,78	10,20
2009	5	Unterboden	55	112,34	252,00	1,40	21,12	25,40	14,71	42,50	46,30	21,21	7,71	7,00	10,34
2009	7	Unterboden	55	113,3	254,70	1,41	11,51	34,26	24,79	25,10	45,80	11,51	7,58	17,21	9,57
2009	11	Unterboden	55	112,85	255,70	1,43	21,98	22,98	7,55	127,80	45,00	21,98	4,53	3,02	15,42

* Datenherkunft:

2002: Weyers, B.: Validierung von Modellen zur mechanischen Belastbarkeit lössbürtiger Böden Nordrhein-Westfalens. Diplomarbeit Fachhochschule Südwestfalen, Soest

2009: Kassau, M. und Schattschneider, P.: Prüfung der Bedeutung verschiedener Einflussfaktoren zur Optimierung der Bodenstruktur in einer intensiven Hackfruchtfolge am Standort Kleve. Projektarbeit im Masterstudiengang des Fachbereichs Agrarwirtschaft der Fachhochschule Südwestfalen, Soest