



Berichte über Landwirtschaft

Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft

BAND 99 | Ausgabe 1

Agrarwissenschaft
Forschung

Praxis

Schlaggenaue Analyse von 32 Betrieben des ökologischen Landbaus im Freistaat Sachsen: Fruchtfolgegestaltung

Von Hartmut Kolbe, Dietmar Meyer und Knut Schmidtke

1 Einleitung

Auf Grund der wachsenden Nachfrage nach Bioprodukten sind in den letzten Jahrzehnten die ökologisch bewirtschaftete landwirtschaftliche Nutzfläche und die Anzahl der ökologisch wirtschaftenden Betriebe stetig angestiegen. Das Biohandelsvolumen ist jedoch deutlich stärker gestiegen als der Flächenanteil. Da es ebenfalls zu einer weitgehenden Stagnation der Erträge aus ökologischer Produktion gekommen ist, kam es bei vielen Produkten zu einer Verknappung des inländischen Angebots (KÖPKE & KÜPPER, 2013; MAYER & MÄDER, 2016).

Als Ursachen für diese ungünstige Entwicklung wird oft angeführt, dass im Ökolandbau bestimmte Regulierungsmechanismen nicht zur Verfügung stehen, die ähnlich hohe Wirkungsgrade wie chemisch-synthetische Pflanzenschutz- und Düngemittel im konventionellen Landbau aufweisen, um Ertragsschwankungen durch zufällige Einflussfaktoren, wie dem Wetter oder den Pflanzenkrankheiten, ausgleichen zu können (NEUHOFF, 2015). Neben Hinweisen auf ein nicht optimales Nährstoffmanagement häufen sich auch Berichte über Anbaufehler, die auf einer unzulänglichen Fruchtfolgegestaltung beruhen könnten. In diesem Zusammenhang wurde eine weitere mögliche Ursache der ungünstigen Ertragsentwicklung im ökologischen Landbau insbesondere auf das Phänomen der „Bodenmüdigkeit“ zurückgeführt (PAULSEN et al., 2016). Darunter versteht man den Rückgang der Ertragsfähigkeit eines Bodens als Folge wiederholten Anbaus der gleichen Kulturpflanze auf derselben Fläche. So können im ökologischen Landbau bestimmte Probleme von Leguminosen vielfach auf einen zu häufigen Anbau von legumen Feldfutterpflanzen, als Marktfrüchte (Körnerleguminosen) oder als Zwischenfrüchte zurückgeführt werden.

Der Anbau von Leguminosen ist im ökologischen Landbau von großer Bedeutung. Ihre ausgeprägte Selbstunverträglichkeit, sowohl innerhalb der Art als auch zwischen verschiedenen Arten der gleichen Pflanzenfamilie, verlangt aber oftmals Anbaupausen von mehreren Jahren (SCHMIDTKE, 2016). Neuere Ergebnisse zeigen beispielsweise bei Ackerbohne, und vor allem bei Erbse, dass der Ertrag mit zunehmender Anbauhäufigkeit deutlich abnimmt (SCHMIDT et al., 2014). Ähnliche Wechselwirkungen zwischen dem Auftreten verschiedener Pflanzenkrankheiten und der Anbauhäufigkeit sind auch für Kreuzblütler, wie Winterraps, andere Ölfrüchte oder den Kartoffelbau bekannt (KOLBE et al., 2012; BÖHM, 2014).

Eine Untersuchung der Fruchtfolgegestaltung und des Nährstoffmanagements wurden daraufhin zunächst in einer 6-jährigen Status-Quo-Analyse von Acker- und Grünlandflächen aus 32 Ökobetrieben vorgenommen (MEYER et al., 2020). In einer vertiefenden Analyse folgte eine detaillierte Untersuchung des Nährstoff- und Humusmanagements von KOLBE & MEYER (202X).

In der vorliegenden Arbeit wurde erstmals eine schlaggenaue Auswertung der Anbauabfolgen der Fruchtarten in Hinsicht auf die Einhaltung von Grundsätzen der Fruchtfolgegestaltung zur vorbeugenden Unkraut-, Krankheits- und Schädlingsbegrenzung der Betriebssysteme durchgeführt.

2 Material und Methoden

2.1 Datengrundlage

Die Untersuchung basiert auf einer Datenerhebung aus Schlagkarteien der landwirtschaftlichen Nutzfläche und der Tierhaltung sowie der Erhebung von Ergebnissen der Bodenuntersuchung aus 32 Betrieben des ökologischen Landbaus von allen wesentlichen Standorten des Freistaates Sachsen. Von 810 Ackerschlägen wurde die detaillierte Bewirtschaftung bei den meisten Betrieben für sechs aufeinander folgende Jahre erhoben, um möglichst jeweils einen vollständigen Fruchtfolgeumlauf je Ackerschlag aufzunehmen. Weitergehende Beschreibungen der Standorte, Betriebe, allgemeine Erfassungsmethoden und die statistischen Verrechnungsverfahren können bei KOLBE & MEYER (202X) eingesehen werden.

2.2 Bewertung der Fruchtfolgegestaltung

Die zur Bewertung der Fruchtfolgen entwickelten Kriterien orientieren sich an folgenden Grundfunktionen der Fruchtfolgegestaltung im ökologischen Landbau (FREYER, 2003; KOLBE, 2006, 2008):

- Sicherung und Mehrung der Bodenfruchtbarkeit (Humusgehalt, Nährstoffdynamik)
- vorbeugende Maßnahmen gegen Krankheits- und Unkrautauftreten
- hierdurch Sicherung des Ertrags- und Qualitätsniveaus der Fruchtarten
- In viehhaltenden Betrieben zudem Abdeckung des Futterbedarfs der Tiere.

2.2.1 Regulierung des Unkrautauftretens

Eine Beeinflussung der Verunkrautung durch die Fruchtfolge resultiert vor allem aus der unterschiedlichen Begünstigung des Auflaufens von Herbst- und Frühlingskeimern, der Konkurrenzwirkung der angebauten Kulturen in Abhängigkeit von der Vorfrucht und dem Anteil konkurrenzstarker bzw. infolge ihrer Anbautechnik unkrautarmer Kulturen. Folgende Kriterien wurden bewertet (Tab. 1):

- Wechsel zwischen Sommerung und Winterung: als ausreichend bewertet, wenn je Schlag zumindest alle 2 Jahre zwischen Sommerung und Winterung gewechselt wurde (günstig, Klasse II)
- Die Verunkrautung ist stark vom Getreideanteil in der Fruchtfolge abhängig (PALLUTT, 2000): ein Getreideanteil von 30 – 50 % wurde auch aus ökonomischen Gesichtspunkten als günstig definiert (Klasse II)
- Dem (mehrjährigen) Feldfutterbau mit Leguminosen kommt eine zentrale Rolle beim Aufbau von Fruchtfolgen zu. Er dient der Bereitstellung von Stickstoff, dem Erhalt der Bodenfruchtbarkeit (Humus) und der Unkrautkontrolle (KOLBE et al., 2006): ein Feldfutteranteil von 15 – 30 % wird als günstig angenommen (Klasse II).

Tabelle 1:

Kriterien zur Bewertung der Fruchtfolgefunktion zur Regulierung der Verunkrautung

Bewertung	Kriterium
Wechsel Sommerung/Winterung	
II günstig	bis 2-mal Sommerung/Winterung nacheinander
I ungünstig	> 2-mal Sommerung/Winterung nacheinander in 6 Jahren
Getreideanteil	
II günstig	30 - 50 % Getreide (2 - 3-mal in 6 Jahren)
I ungünstig	< 30 % oder > 50 % Getreide (< 2- oder > 3-mal in 6 Jahren)
Anteil Feldfutterbau	
II günstig	15 - 30 % (1 - 2-mal in 6 Jahren)
I ungünstig	< 15 % oder > 30 % (< 1-mal oder > 2-mal in 6 Jahren)

2.2.2 Regulierung des Krankheits- und Schädlingsbefalls

Das Auftreten von Krankheiten und Schädlingen kann zu erheblichen Einbußen hinsichtlich der Erntehöhe als auch der Qualität der Ernteprodukte führen. Zur Regulierung hat die Einhaltung entsprechender Anbaupausen einzelner Fruchtarten oder ganzer Pflanzenfamilien zwischen Wirtspflanzen des Erregers entscheidende Bedeutung (FREYER, 2003; KOLBE, 2008).

Im Kartoffelbau gilt es nach MÖLLER et al. (2003) und KOLBE et al. (2012) eine Reihe von Schaderregern, wie Nematoden der Erreger der Wurzeltötterkrankheit, durch einen Selbstfolgeabstand von mindestens 4 Jahren bzw. 25 % je Fruchtfolge zu begrenzen (Klasse II; Tab. 2). Der Anbau von Leguminosen ist durch ausgeprägte Selbstunverträglichkeiten gekennzeichnet. Die Leguminosenmüdigkeit wird z.B. bei Erbsen durch bodenbürtige pilzliche Erreger verursacht (KRAFT & PFLEGER, 2001), bei Ackerbohne und Erbse durch den Erreger der Weißstängeligkeit (*Sclerotinia sclerotiorum*), Fuß- und Welkekrankheiten, bei der Lupine durch Anthraknose (*Colletotrichum spp.*) (SCHMIDTKE, 2016). Ein Anteil Körnerleguminosen von < 20 % an der Fruchtfolge wurde als günstig (Klasse II) angenommen, höhere Fruchtfolgeanteile bzw. geringere Anbaupausen führen mittelfristig zu erheblichen Ertragsrisiken (Klasse I, Tab. 2).

Auch Ölfrüchte wie Raps und Sonnenblumen werden, neben tierischen Schaderregern, von einer Vielzahl von Krankheiten befallen, die zu erheblichen Ertragseinbußen führen können (KÜHNE et al., 2006; ARP et al., 2010): bodenbürtige Erreger der Weißstängeligkeit (*Sclerotinia sclerotiorum*) und der Rapswelke (*Verticillium longisporum*) sowie auch der Kohlhernie (*Plasmodiophora brassicae*). Für Raps sind

gemeinhin Anbaupausen von mindestens 3 Jahren, bei weiteren Vertretern dieser Pflanzenfamilie auch deutlich längere Anbaupausen erforderlich (KÖNNECKE, 1967). Für Sonnenblume werden Anbaupausen bis 5 Jahren, für Öllein sogar von 6 – 7 Jahren gefordert (HEYLAND et al., 2006; LFL, 2006). Zur Bewertung wurde eine Anbaukonzentration dieser Ölpflanzen von < 25 % als günstig angenommen (Tab. 2).

Im Feldfutterbau mit Leguminosen können Infektionen mit pilzlichen, meistens bodenbürtigen Erregern, pflanzenparasitären Nematoden wie dem Kleestängelälchen, Mischinfektionen mit Erregern der Fuß- und Brennfleckenkrankheit und auch der Kleekrebs Verluste der N₂-Fixierungsleistung und des Ertrages von bis zu 75 % verursachen (FREYER et al., 2005; SERIKSTAD et al., 2013; SCHMIDTKE, 2016). Für die Bewertung wurden je nach Leguminosenart bestimmte Obergrenzen in der Anbaukonzentration als günstig angenommen, sofern auf den Anbau der jeweils anderen Arten verzichtet wird (Tab. 2).

Tabelle 2:
Kriterien zur Bewertung der Fruchtfolgefunktion zur Regulierung des Krankheitsbefalls

Bewertung	Kriterium
Anteil Kartoffelbau	
II günstig	< 25 % (bis 1-mal in 6 Jahren)
I ungünstig	> 25 % (> 1-mal in 6 Jahren)
Anteil Körnerleguminosen (Erbse, Ackerbohne, Lupine)	
II günstig	< 20 % (bis 1-mal in 6 Jahren)
I ungünstig	> 20 % (> 1-mal in 6 Jahren)
Anteil Ölfrüchte (Raps, Sonnenblume etc.)	
II günstig	< 25 % (bis 1-mal in 6 Jahren)
I ungünstig	> 25 % (> 1-mal in 6 Jahren)
Anteil Rotklee, Luzerne, Lupine	
II günstig	< 35 % Rotklee (< 2-mal in 6 Jahren), 0 % Luzerne, 0 % Lupine < 20 % Luzerne (< 1-mal in 6 Jahren), 0 % Klee, 0 % Lupine < 20 % Lupine (< 1-mal in 6 Jahren), 0 % Klee, 0 % Luzerne
I ungünstig	> 35 % Rotklee (> 2-mal in 6 Jahren), 0 % Luzerne, 0 % Lupine > 20 % Luzerne (> 1-mal in 6 Jahren), 0 % Klee, 0 % Lupine > 20 % Lupine (> 1-mal in 6 Jahren), 0 % Klee, 0 % Luzerne

2.2.3 Förderung der Bodenfruchtbarkeit

Der Zwischenfruchtanbau ermöglicht viele günstige Wirkungen zur Hebung der Bodenfruchtbarkeit, eine zusätzliche Stickstofffixierung, eine Nährstoffkonservierung über den Winter sowie eine gute

Unkrautunterdrückung (KOLBE et al., 2004). Werden verschiedene Formen des Zwischenfruchtanbaus auf den untersuchten Schlägen mindestens 1-mal innerhalb des 6-jährigen Beobachtungszeitraums genutzt, so wurde das Fruchtfolgemanagement in diesem Punkt als günstig (Klasse II) bewertet (Tab. 3). Wegen der zentralen Rolle von Leguminosen als Feldfutter oder Marktfrucht zur Bodenfruchtbarkeit und N₂-Zufuhr wurde ein Leguminosenanteil von 25 – 35 % (1-2-mal in 6 Jahren) als günstig in den Fruchtfolgen angenommen. Je nach Bodenart sollten grundsätzlich nach Feldfutter-, Gründüngungs- oder Körnerleguminosen als 2. Fruchtfolgefeld anspruchsvolle Nichtleguminosen (Kartoffeln, Mais, Weizen, Raps) und in nachfolgender Stellung anspruchslosere Fruchtarten folgen (KOLBE, 2006, 2008). Bei Einhaltung dieser Anbauabfolge wurde das Fruchtfolgemanagement als günstig (Klasse II) bewertet (Tab. 3).

Tabelle 3:
Kriterien zur Bewertung der Fruchtfolgefunktion zur Förderung der Bodenfruchtbarkeit

Bewertung	Kriterium
Zwischenfruchtanbau (Blank- oder Untersaat)	
II günstig	≥ 1-mal in 6 Jahren (sofern Option vorhanden)
I ungünstig	< 1-mal in 6 Jahren (sofern Option vorhanden)
Bewertung des Leguminosenanteils	
II günstig	25 – 35 % (1-2-mal in 6 Jahren)
I ungünstig	< 25 % (weniger als 1-mal in 6 Jahren) oder > 35 % (>2-mal in 6 Jahren)
Bewertung des ersten Fruchtfolgegliedes nach Leguminosenanbau	
II günstig	leichte Böden: Kartoffeln, Mais oder andere anspruchsvolle Fruchtarten mittlere bis schwere Böden: Weizen, Mais, Raps oder andere anspruchsvolle Arten

3 Ergebnisse

3.1 Anbaustruktur und Fruchtfolgegestaltung auf Betriebsebene

Allgemeine Kennzahlen des Acker- und Pflanzenbaus und zum Nährstoffmanagement der untersuchten Betriebe können der Veröffentlichung von KOLBE & MEYER (202x) entnommen werden. Aus den 32 Ökobetrieben wurde die Anbaustruktur der Fruchtarten jeweils aus in der Regel 6 aufeinander folgenden Anbaujahren ermittelt, damit die auf den Betrieben realisierten Fruchtfolgen möglichst vollständig dokumentiert und untersucht werden konnten.

Mit einem mittleren Anteil von 46 % (Standardabweichung $\pm 12,2$ %) an der Fruchtfolge hatte der Anbau von Getreide die größte Bedeutung im Ackerbau der untersuchten Betriebe, wobei der Getreideanteil zwischen den Betrieben zwischen 25,6 % und 71,5 % der Ackerfläche erheblich variierte (Tab. 4). Angebaut wurde überwiegend Winterweizen, gefolgt von Wintergerste und Triticale. Der Anbau von Feldfutter, meistens Kleearten oder Luzerne ohne und mit Grasbeimengungen, hatte im Mittel einen Anteil von 23,7 % ($\pm 11,4$) an der Anbaufläche, gefolgt von Körnerleguminosen mit einem Anteil von 13,5 % ($\pm 9,0$). Die Summe an Hauptfruchtleguminosen betrug 37,2 % ($\pm 11,0$), wobei eine absolute Schwankung von 10,4 – 54,3 % Leguminosenanbau in den Fruchtfolgen festzustellen war. Der Anbau von Ölsaaten, wie Winterraps, war auf den untersuchten Betrieben des ökologischen Landbaus nur von geringer Bedeutung. Gleiches galt für den Anbau von Mais zur Futternutzung und Energiegewinnung oder als Marktfrucht zur Körnernutzung. In den Marktfruchtbetrieben kommt dem Anbau von Hackfrüchten, insbesondere der Kartoffel, und Körnerleguminosen ein deutlich höherer Anteil an der Fruchtfolge zu als in den Betrieben mit Veredelung. Hier hat demgegenüber der Feldfutterbau mit einem mittleren Fruchtfolgeanteil von 26 % eine höhere Bedeutung.

Tabelle 4:

Anbauverhältnis der Fruchtarten im Durchschnitt der 32 Betriebe des ökologischen Landbaus in Sachsen (gMW = gewogener Mittelwert)

Be- trieb [Nr.]	Anteil an der 6-jährigen Fruchtfolge [%]							Summe Leguminosen
	Getreide	Ölfrüchte	Hackfrucht	Mais	Feldgemüse	Körner- leguminosen	Feldfutter	
1	30,9	8,1	22,3	10,5	-	11,8	13,2	25,0
2	56,5	-	5,9	-	2,5	5,8	28,9	34,7
3	56,6	-	-	-	-	13,2	30,2	43,4
4	38,0	1,0	2,0	-	-	0,3	47,9	48,2
5	48,3	0,4	-	-	-	-	40,8	40,8
6	47,3	14,4	-	-	-	5,5	32,0	37,5
7	68,8	0,0	3,3	-	-	4,7	19,9	24,6
8	41,9	3,7	0,0	1,0	-	21,0	31,9	52,9
9	52,0	-	12,7	0,0	-	-	35,2	35,2
10	56,2	-	-	-	-	26,8	10,4	37,2
11	43,2	3,3	-	-	-	1,0	47,9	48,9
12	71,5	0,9	-	-	-	14,6	12,9	27,5
13	48,2	9,0	-	4,2	-	14,4	23,5	37,9
14	28,7	0,0	-	-	-	28,8	25,5	54,3
15	47,8	10,8	-	-	-	22,2	18,5	40,7
16	31,4	-	6,1	9,8	-	10,3	38,6	48,9
17	61,0	-	1,2	-	-	4,9	32,3	37,2
18	43,9	4,5	2,9	-	-	4,3	44,1	48,4
19	58,0	7,4	6,7	-	-	14,1	7,2	21,3
20	39,8	-	6,6	-	0,7	7,8	46,2	54,0
21	46,6	4,7	14,1	5,5	-	10,0	15,2	25,2
22	57,8	0,0	-	-	-	14,6	18,6	33,2
23	48,1	3,9	-	-	-	-	30,1	30,1
24	38,8	1,8	0,7	-	-	19,0	32,6	51,6
25	65,1	-	0,0	4,5	-	2,6	27,7	30,3
26	43,0	-	0,0	-	-	1,3	9,1	10,4
27	25,8	-	16,7	5,1	-	14,2	27,3	41,5
28	35,4	-	18,6	-	4,7	17,3	22,1	39,4
29	66,6	-	-	-	-	15,3	16,4	31,7
30	53,3	4,8	-	-	-	5,6	27,7	33,3
31	36,3	2,2	-	-	-	24,7	27,0	51,7
32	31,7	0,8	12,3	-	-	35,7	17,6	53,3
gMW	46,3	3,6	6,0	1,5	0,8	13,5	23,7	37,2

3.2 Analyse des Anbaumanagements der Betriebe auf Schlägebene

Die Untersuchung der verschiedenen Aspekte der Fruchtfolgegestaltung ist ein äußerst komplexer Prozess, wobei die Nutzung eines Formulars hilfreich sein kann. Nachfolgend wird die gewählte Methodik zur schlagweisen Bewertung der 6jährigen Anbauabfolgen am Beispiel eines Futterbaubetriebes aus dem mittelsächsischen Lößgebiet erläutert (Betrieb 1, Tab. 5). Auf den Ackerschlägen werden als Hauptfrüchte Winterweizen, Triticale, Kartoffeln, Körner- und Silomais sowie gelegentlich auch Sonnenblumen angebaut. Als Körnerleguminosen stehen Körnererbsen und Ackerbohne in der Fruchtfolge, als Futterleguminosen sind Luzerne, Rotklee und Gemenge mit Nichtleguminosen im Anbau.

Die erste Spalte des Formulars der Tabelle 5 gibt Auskunft über den Leguminosenanteil der Fruchtfolgen (Futter- u. Körnerleguminosen) auf den einzelnen Schlägen. Der veranschlagte optimale Anteil von 25 – 35 % Leguminosen in der Fruchtfolge wurde im Untersuchungszeitraum auf 11 von 15 Schlägen erreicht. Oft lag der Leguminosenanteil aber weit höher, so dass die erforderlichen Anbaupausen nicht immer eingehalten worden sind. Darüber hinaus wurden im Mittel auf allen Schlägen zumindest einmal in 6 Jahren Zwischenfrüchte als Stoppelsaaten angebaut (zweite Spalte, Tab. 5). Auf 4 Schlägen (25 %) erfolgte kein Zwischenfruchtanbau, auf 7 Schlägen wurden dagegen sogar 2-mal in 6 Jahren Zwischenfrüchte angebaut. Damit wurden nahezu alle ernte- und bestellterminabhängigen Optionen für den Zwischenfruchtanbau genutzt (drittletzte Spalte der Tab. 5: Klasse II). Eine unmittelbare Ertragsgefährdung ist aus dem unterlassenen Zwischenfruchtanbau auf vier Schlägen nicht gegeben (Einstufung als Klasse I mit geringen Mängeln, orangefarbene Unterlegung).

Der Betrieb wechselt auf nahezu allen Schlägen regelmäßig zwischen Sommerung und Winterung, wodurch sich die Verunkrautung auf Dauer wesentlich in Grenzen halten lässt. Allerdings liegt der Getreideanteil der Fruchtfolge vielfach verhältnismäßig niedrig, ein optimaler Anteil von mindestens 30 % an der Fruchtfolge wurde auf immerhin 10 von 16 Flächen nicht erreicht. Dafür wurden in diesem Betrieb vermehrt Kartoffeln angebaut, die ebenfalls eine hohe wirtschaftliche Bedeutung aufweisen. Allerdings konnten die hier erforderlichen Anbaupausen von mindestens 4 Jahren nicht immer eingehalten werden. Für 40 % der Schläge mit Kartoffelanbau waren daher Risiken aufgrund der zu engen Fruchtfolge anzunehmen. Gleiches galt auf 3 Schlägen (27 %) für den Anbau von Körnerleguminosen (Klasse I, rot unterlegt, Tab. 5).

Im Feldfutterbau wurden Luzerne oder Rotklee auf 57 % der Schläge zu häufig, d. h. mehr als 1-mal in 6 Jahren angebaut. Hierdurch ist auf Dauer eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für Ertragsausfälle gegeben, die unter dem Begriff der „Bodenmüdigkeit“ zusammengefasst werden. Mit sinkenden Grünmasseerträgen kann dann auch die N₂-Bindungsleistung der Fruchtfolge abfallen. Die vorletzte Spalte der Tabelle 5 gibt an, wie der von den Leguminosen gesammelte Stickstoff innerhalb der Fruchtfolge verwertet wurde. Um eine hohe N-Ausnutzung zu erreichen, wurde im Beispielbetrieb der Grundsatz nach Leguminosen möglichst anspruchsvolle und wirtschaftlich ertragreiche Kulturen mit hohem Stickstoffbedarf anzubauen auf allen Schlägen befolgt. Erst im 3. und 4. Fruchtfolgefeld folgten weniger anspruchsvolle Kulturen, bevor erneut Leguminosen zum Anbau kamen (Tab. 5).

Tabelle 5: Schlagweise Bewertung der Fruchtfolgen des Beispielbetriebes

Schlag [Nr.]	Leguminosen- anteil (Hauptfrucht)		Zwischen- fruchtanteil [%]		Sommerun- g/ Winterung	Anteil Getreide	Anteil Feldfutter- bau	Anteil Kartoffel	Anteil Körnerlegu- minosen	Anteil Ölfrüchte	Anteil Rotklee/ Luzerne/ Lupine	Zwischen- fruchtanbau Bodenfrucht- barkeit	Anbau- rangfolge Legumino- sen	Relative Gefährd- ung
1	66	I	17	I	I	I	II	II	I	-	I	II	II	ja
2	33	II	33	II	II	II	II	I	II	-	II	II	II	ja
3	33	II	0	I	II	I	II	II	II	II	-	I	II	nein
4	50	I	17	I	II	II	II	II	II	-	I	II	II	ja
5	17	I	33	II	II	II	II	I	-	II	-	II	II	ja
6	17	I	33	II	II	II	II	II	-	II	-	II	II	nein
7	17	I	17	I	II	II	I	II	II	-	-	II	II	nein
8	33	II	33	II	II	II	I	I	I	-	-	II	II	ja
9	17	I	0	I	I	I	I	I	II	-	-	I	II	ja
10	33	II	0	I	II	II	II	II	II	-	II	I	II	nein
11	33	II	17	I	II	II	II	II	-	II	-	II	II	nein
12	17	I	33	II	II	II	I	II	II	-	-	II	II	nein
13	33	II	17	I	II	II	II	II	II	-	-	II	II	nein
14	33	II	33	II	II	II	II	I	-	-	I	II	II	ja
15	33	II	33	II	II	II	II	I	-	-	I	II	II	ja
16	50	I	0	I	II	II	II	-	I	-	II	I	II	ja
Ertragsgefährdung (%)					nein	nein	nein	40	27	nein	57	nein	nein	56

Bei den im Anbaumanagement zu bewertenden Flächen handelt es sich meistens um ein spezifisches Gefährdungspotenzial, da in der Regel nur bestimmte Fruchtarten betroffen sind. Daher konnte kein genauer Gefährdungsumfang der einzelnen Flächen ausgewiesen werden. Aus der dargelegten Bewertung geht jedoch abschließend hervor, dass in diesem Betrieb auf 56 % der Flächen ein Gefährdungspotenzial für mindestens einer, manchmal auch für mehrere der angebauten Fruchtarten vorliegt (letzte Spalte, Tab. 5).

In der beschriebenen Weise wurden zunächst schlagweise Bewertungen des Fruchtfolgemanagements für alle untersuchten Betriebe durchgeführt. In der nachfolgenden Zusammenführung der Schlaguntersuchungen der Betriebe wurden dann Ergebnisse für einige Fruchtarten aufgeführt, für die eine mehr oder weniger unmittelbare Ertragsgefährdung anzunehmen ist (rot unterlegte Bereiche, Tab. 5).

Abbildung 1 ist zu entnehmen, dass Kartoffeln nur in 14 Betrieben (44 %, 157 Ackerschläge) angebaut wurden. Von den meisten Betrieben sind die empfohlenen Anbaupausen von mindestens 4 Jahren bzw. ein Fruchtfolgeanteil von höchstens 25 % eingehalten worden. Bei der Hälfte dieser Betriebe steht die Kartoffel jedoch zu häufig in der Fruchtfolge, besonders auf den Schlägen des Betriebes 1 (vgl. Tab. 5) sowie auf einzelnen Schlägen der Betriebe 27 und 28. Im Durchschnitt der Kartoffel anbauenden Betriebe waren 17,2 % ($\pm 14,1$) der Ackerschläge durch zu geringe Anbaupausen gekennzeichnet (Abb. 1).

Ölfrüchte kamen nur in wenigen Betrieben auf insgesamt 124 Ackerschlägen zum Anbau. Die empfohlenen Anbaupausen zur Vermeidung von Infektionen mit z. B. Erregern des Rapskrebses oder Schädlingen wie dem Rapsglanzkäfer wurden überwiegend eingehalten. Im Durchschnitt waren lediglich ertragsgefährdende Schläge von 9 % aufgetreten, in 2 Betrieben waren jedoch Unterschreitungen der notwendigen Anbaupausen auf 27 % bzw. sogar auf 50 % der Flächen registriert worden (Abb. 2).

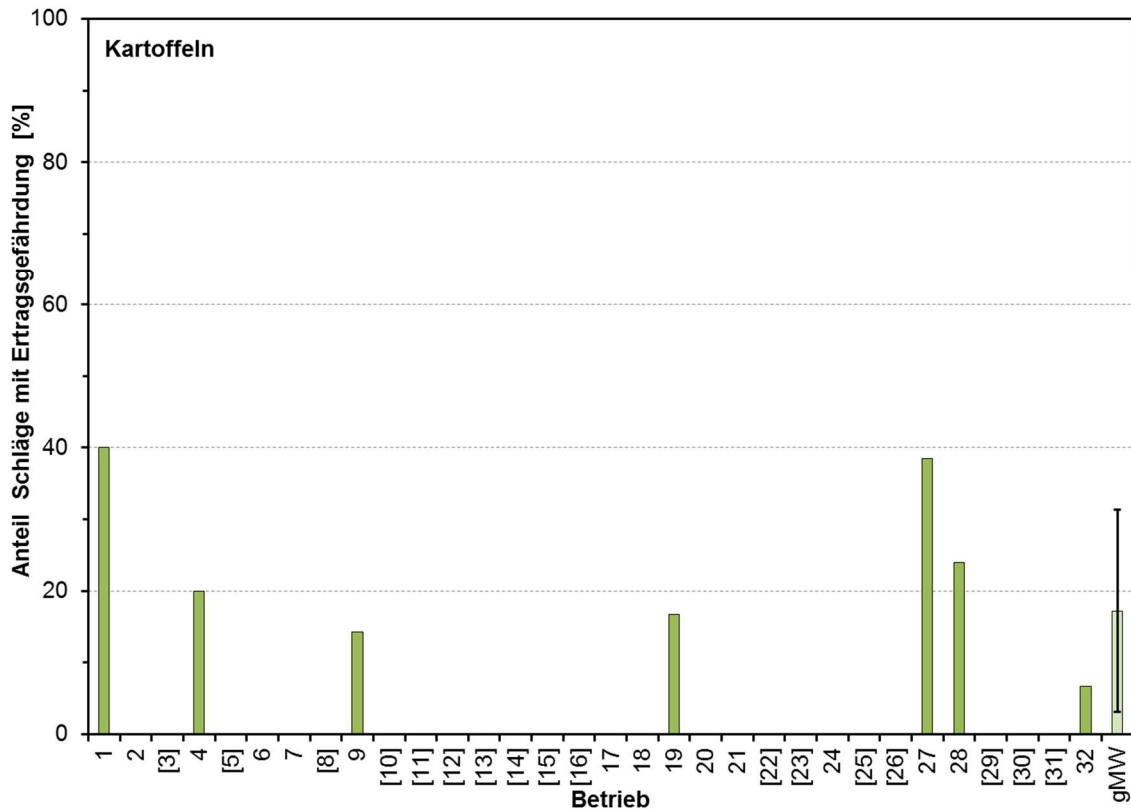


Abbildung 1: Anteil ertragsgefährdeter Schläge je Betrieb durch zu kurze Anbaupausen im Kartoffelbau (Betriebe ohne Anbau in Klammern, Schläge mit Kartoffelanbau je Betrieb = 100, gMW = gewichteter Mittelwert inklusive Standardabweichung)

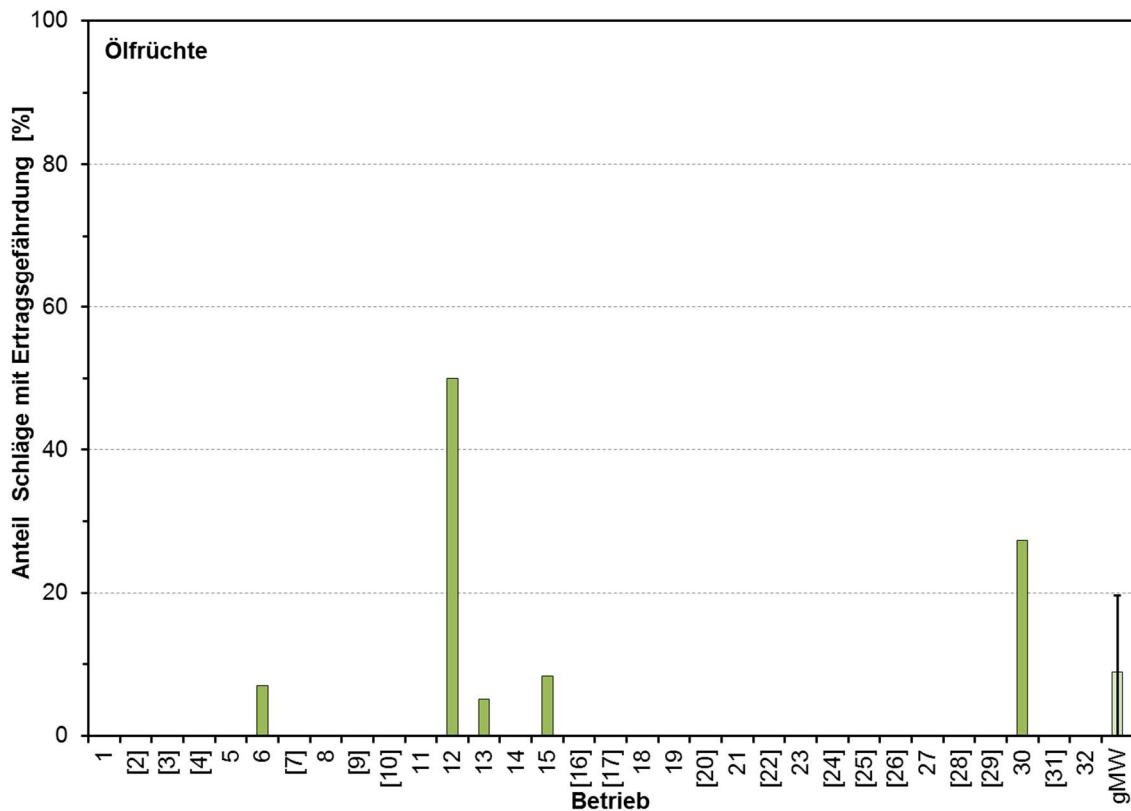


Abbildung 2: Anteil ertragsgefährdeter Ackerschläge je Betrieb durch zu kurze Anbaupausen beim Anbau von Ölfrüchten (Betriebe ohne Anbau in Klammern, Schläge mit Anbau je Betrieb = 100, gMW = gewichteter Mittelwert inklusive Standardabweichung)

Körnerleguminosen wurden innerhalb des Untersuchungszeitraums in ca. 90 % der Betriebe auf 428 Schlägen angebaut (Abb. 3). Die hierzu empfohlenen Anbaupausen von 4 – 6 Jahren bzw. ein Anteil von höchstens 20 % in der Fruchtfolge wurden nicht immer eingehalten. Problematisch ist vor allem der intensive Anbau von Gemüseerbsen in den Betrieben 14, 31 und 32. Ein Erbsenanteil von mehr als 25 % in den Betrieben 1 und 31 bzw. von mehr als 44 % im Betrieb 32 ist vor dem Hintergrund der bekannten Anfälligkeit der Erbse gegenüber zahlreichen Krankheitserregern (Stichwort „Erbsenmüdigkeit“) dauerhaft nicht vertretbar und wird mittelfristig mit hoher Wahrscheinlichkeit erhebliche Ertragsnachteile zur Folge haben. Im Durchschnitt enthielten 25,7 % ($\pm 22,3$) der mit Körnerleguminosen belegten Ackerschläge zu enge Anbaupausen (Abb. 3).

Rotklee, Luzerne und Lupine wurden in 21 Betrieben auf 327 Ackerschlägen angebaut. Die notwendigen Anbaupausen wurden im Durchschnitt der untersuchten Betriebe auf über 40,6 % ($\pm 32,3$) der Schläge nicht eingehalten. In 8 Betrieben wurden diese Leguminosen auf mehr als 30 % der Schläge zu häufig angebaut, in einem Betrieb sogar auf allen Schlägen (Abb. 4).

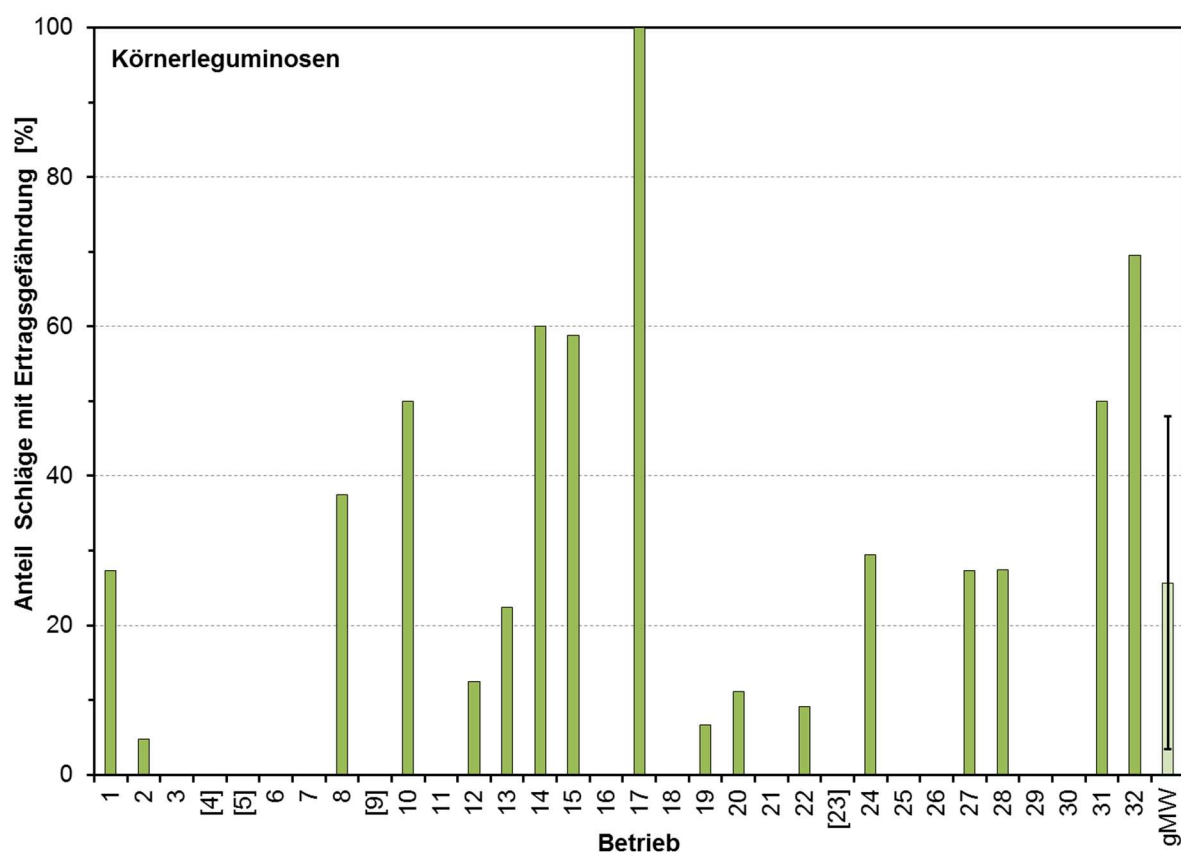


Abbildung 3: Anteil ertragsgefährdeter Schläge je Betrieb durch zu kurze Anbaupausen beim Anbau von Körnerleguminosen (Betriebe ohne Anbau in Klammern, Schläge mit Anbau je Betrieb = 100, gMW = gewichteter Mittelwert inklusive Standardabweichung)

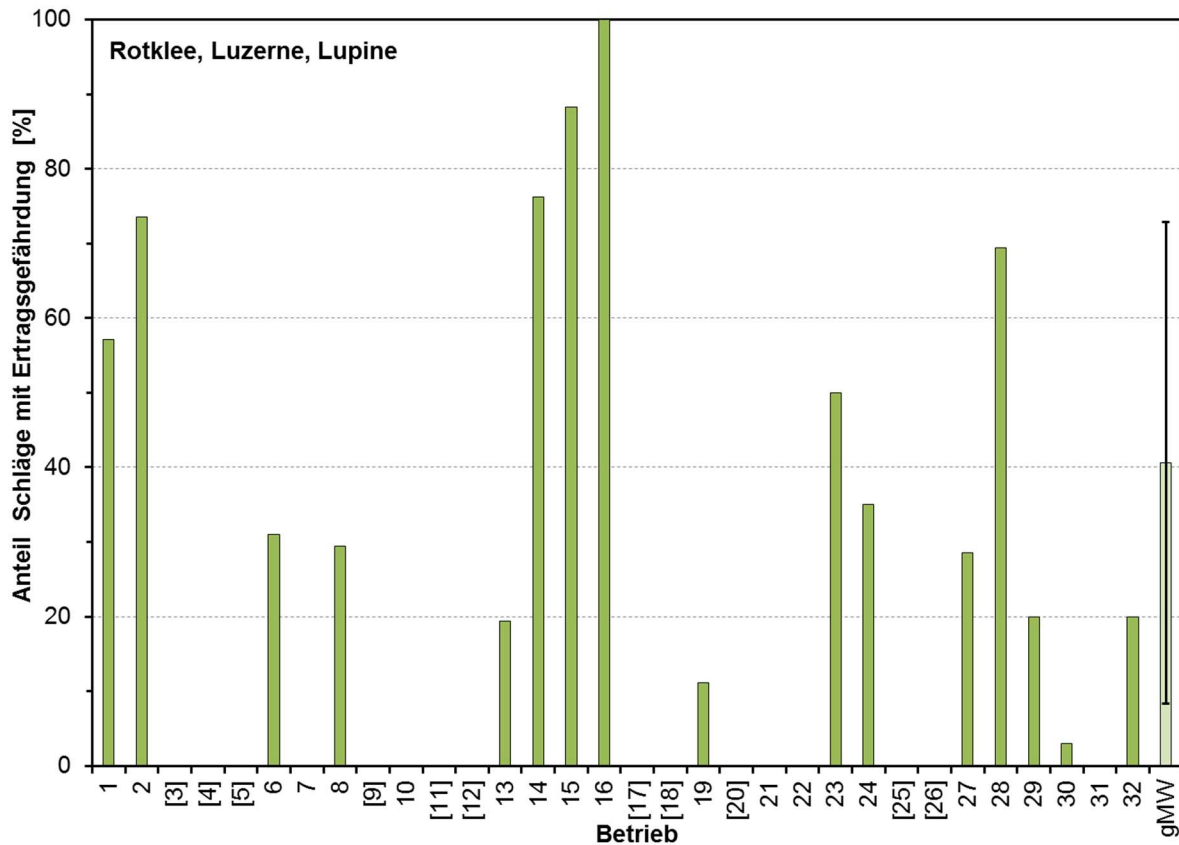


Abbildung 4: Anteil ertragsgefährdeter Ackerschläge je Betrieb durch zu kurze Anbaupausen beim Anbau von Rotklee, Luzerne oder Lupine (Betriebe ohne Anbau dieser Kulturen in Klammern, Schläge mit Anbau je Betrieb = 100, gMW = gewichteter Mittelwert inklusive Standardabweichung)

Diese aufgeführten Mängel im Fruchtfolgemangement werden nach Auswertung der einschlägigen Fachliteratur meistens als bedeutend und unmittelbar ertragswirksam angesehen. Mit hoher Wahrscheinlichkeit sind daher latente Ertragseinbußen auf einigen Schlägen durch diese Fehler bereits eingetreten. Abbildung 5 fasst diese Ergebnisse zu den Anbaupausen der 32 Betriebe für 604 Ackerschläge zusammen. Nur in 7 Betrieben ist von einem optimalen Fruchtfolgemangement auszugehen, da bisher keine Mängel aufgetreten sind. In 10 Betrieben hingegen wurden solche Fehler für mehr als 50 % der Schläge aufgedeckt, in 3 Betrieben sogar für mehr als 80 % der Ackerschläge. Im Mittel wurden diese Kulturen auf annähernd 40 % der untersuchten Ackerschläge innerhalb der 6-jährigen Untersuchungsphase zu häufig in der Fruchtfolge angebaut.

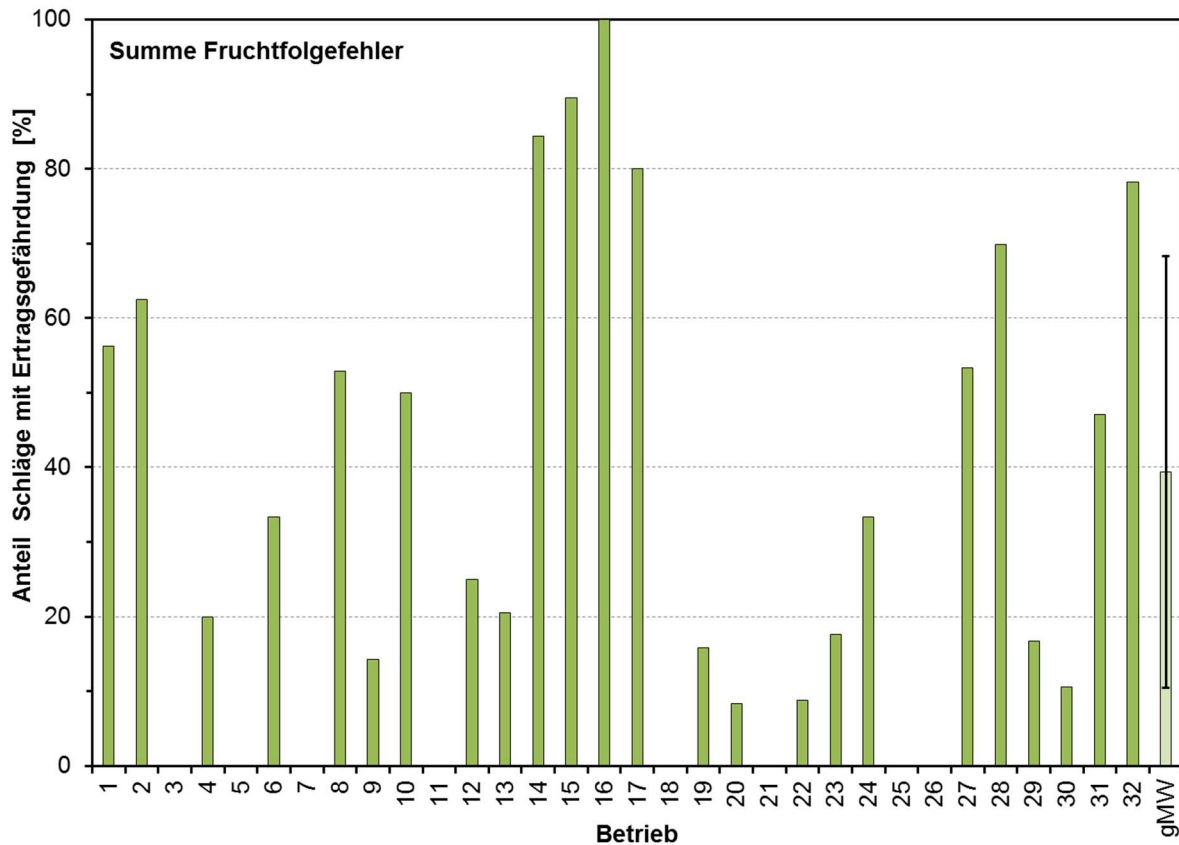


Abbildung 5: Anteil ertragsgefährdeter Schläge je Betrieb durch die Summe zu kurzer Anbaupausen bei Kartoffeln, Ölfrüchten, Körnerleguminosen und/oder Rotklee, Luzerne und Lupine (Schläge mit Anbau dieser Kulturen je Betrieb = 100, Schläge ohne Anbau sind nicht berücksichtigt, gMW = gewichteter Mittelwert inklusive Standardabweichung)

Über diese gravierenden Fruchtfolgefehler hinaus wurden auch die Anteile an Ackerschlägen mit Defiziten bei weiteren nachfolgend aufgeführten wichtigen Fruchtfolgeregeln (orangefarben unterlegt, siehe Tab. 5) erhoben und für die 32 Betriebe quantitativ ausgewiesen:

- Wechsel zwischen Sommerung und Winterung (783 Ackerschläge): 20,4 % ±12,2
- Anteil Getreide (781 Schläge): 38,8 % ±18,3
- Anteil Feldfutter (795 Schläge): 38,4 % ±14,9
- Anteil Zwischenfrüchte (573 Schläge): 40,8 % ±34,1
- Anbauabfolge nach Leguminosen (742 Schläge): 48,5 % ±27,9.

Auf annähernd 80 % der Ackerschläge ist ein optimaler Wechsel zwischen dem Anbau von Sommerungen und Winterungen erfolgt. Somit gab es bei diesem Merkmal mit 20,4 % der Schläge nur geringe Mängel. Beim Anteil an Getreide, Feldfutter und Zwischenfrüchten können bei der Fruchtfolgeplanung jeweils noch Verbesserungsmöglichkeiten auf bis zu 40 % der Ackerschläge realisiert werden. Das größte Optimierungspotenzial besteht mit 49 % der Schläge offenbar durch

eine günstigere Wahl von bedürftigen Fruchtarten im ersten bzw. zweiten Fruchtfolgefeld nach dem Anbau von Leguminosen als Hauptfrucht, um eine verbesserte Ausnutzung des über die Leguminosen angebotenen Stickstoffs zu erreichen.

4 Diskussion und Schlussfolgerungen

Die im Rahmen des Vorhabens ermittelte Datenengrundlage stellt ein repräsentatives Abbild aus 32 Betrieben des Ökolandbaus im Freistaat Sachsen dar. Um eine hohe Aussagekraft zu erlangen, wurden sowohl Betriebsvergleiche als auch eine genaue schlagweise Erfassung und Auswertung der Bewirtschaftung von über 800 Ackerschlägen für 6 aufeinander folgende Anbaujahre in den Mittelpunkt der Arbeiten gestellt. Durch die Analyse von Vor- und Nachteilen der Anbauabfolge und Fruchtfolgegestaltung ist erstmals für diese Anbauform eine umfangreiche Beurteilung des Grades der Gefährdung des Ertrages und der Qualität der angebauten Fruchtarten und von wichtigen Aspekten der Bodenfruchtbarkeit gelungen.

Für die Beurteilung des Fruchtfolgemanagements musste jedoch zunächst ein geeignetes Bewertungsverfahren entwickelt werden (siehe Kap. 2). Ergebnisse aus Fruchtfolgeversuchen des ökologischen Landbaus sind selten (URBATZKA et al., 2011). Unter zusätzlicher Nutzung der vielfältigen experimentellen Erfahrungen aus dem konventionellen Acker- und Pflanzenbau Mitteleuropas (KÖNNECKE, 1967; BAEUMER, 1990; FREYER, 2003; KOLBE, 2006) wurden hierzu wesentliche Aufgaben und Regeln der Fruchtfolge im ökologischen Landbau definiert und anschließend leicht erfass- und überprüfbare Kriterien zur Abschätzung des Erfüllungsgrades der Regeln für folgende Bereiche festgelegt:

- Unkrautunterdrückung: Wechsel zwischen Sommerung und Winterung, Getreide- und Futterleguminosenanteil der Fruchtfolge (PALLUTT, 2000; KOLBE, 2008; BÖHM, 2014)
- Krankheits- und Schädlingskontrolle: Einhaltung von Anbaupausen wichtiger Fruchtarten (SCHMIDT et al., 2014; SCHMIDTKE, 2016)
- Bodenfruchtbarkeit und N-Versorgung: Leguminosen- und Zwischenfruchtanteil der Fruchtfolgen (KOLBE et al., 2004)
- Ökonomische Gesichtspunkte: Getreideanteil, Stellung der Kulturen nach Leguminosen (SCHNEIDER et al., 2012).

Die schlagweise Darstellung der Ergebnisse in Tabellenform und deren farbliche Unterlegung lässt hierbei sofort erkennen, bei welchen Kriterien das Fruchtfolgemanagement ggf. nicht optimal war

oder wo sogar Fehler gemacht worden sind, die mit hoher Wahrscheinlichkeit zu Ertragseinbußen führen können oder bereits geführt haben. Die entwickelte Bewertungsmethodik ist nach den vorliegenden Erfahrungen dazu geeignet, Vor- und Nachteile in der Fruchtfolgegestaltung aufdecken zu können.

Für eine aussagekräftige Analyse sollte der Untersuchungszeitraum mindestens einen vollen Fruchtfolgeumlauf umfassen. Die notwendige Beschränkung des Zeitraums auf 6 Jahre wurde jedoch der Vielfalt der Fruchtfolgen in der Praxis nicht immer gerecht. Werden beispielsweise Körnererbsen angebaut, müsste sich die Fruchtfolge bestenfalls über 10 – 12 Jahre erstrecken, um die heute für erforderlich gehaltenen Anbaupausen einzuhalten (FINCKH et al., 2015; SCHMIDTKE, 2016).

Andererseits deuten die Analysen auch darauf hin, dass viele Betriebe keine festgelegten Fruchtfolgen mehr betreiben, sondern die Abfolge der Kulturen eher an den wechselnden Anforderungen der Absatzmärkte orientieren als an pflanzenbaulichen Grundsätzen. Dem Ökolandbau stehen synthetische Dünge- und Pflanzenschutzmittel zur zwischenzeitlichen Kompensation von Fehlern in der Fruchtfolgegestaltung nicht zur Verfügung. Daher kommt nach wie vor der Beachtung und Einhaltung bewährter Fruchtfolgeregeln eine größere Bedeutung zu.

Die schlagweise Auswertung der Ergebnisse hat gegenüber der betriebsweisen Vorgehensweise den entscheidenden Vorteil, dass bei den Bewertungskriterien - sowohl des Nährstoff- als auch des Fruchtfolgemanagements - keine Mittelwertbildung erfolgt, wodurch gewöhnlich das wahre Ausmaß sowohl an positiven Bewirtschaftungsaspekten als auch an Bewirtschaftungsfehlern nivelliert und somit oftmals nicht erkannt werden kann.

Zu den vielfältigen Aufgaben der Fruchtfolge zählt im Ökolandbau die Förderung der Bodenfruchtbarkeit, Verhinderung von Fruchtfolgekrankheiten, Unterdrückung der Verunkrautung und Sicherung der Versorgung mit wichtigen Nährstoffen. Die Fruchtfolge ist daher immer auch ein Element des Nährstoffmanagements. In viehhaltenden Betrieben muss über die angebauten Kulturarten zusätzlich der Futterbedarf gedeckt werden (Paulsen et al., 2016).

Obwohl auch vielfältige Ergebnisse über die Ertragsveränderungen der Fruchtarten zwischen günstigen und ungünstigen Fruchtfolgen vorliegen und in etwa im Vergleich zum Durchschnitt mit ± 20 % veranschlagt werden können (Kolbe, 2006, 2008), war es nicht möglich, auf Grund der vorliegenden Fruchtfolgeergebnisse der Betriebe quantitative Ertragsveränderungen zu veranschlagen.

Zur effektiven Kontrolle der Verunkrautung gelten der regelmäßige Wechsel von Blatt- bzw. Hackfrüchten und Halmfrüchten sowie zwischen Winterung und Sommerung allgemein als unverzichtbarer Grundsatz der Fruchtfolgegestaltung (PALLUTT, 2000; KOLBE, 2008). Auch die meisten der hier untersuchten Betriebe haben dieses wichtige Mittel zur vorsorgenden Unkrautunterdrückung regelmäßig auf ihren Schlägen beachtet. Bezogen auf die Anzahl Schläge lag der Erfüllungsgrad für dieses Kriterium im flächenbereinigten Durchschnitt bei sehr guten 80 %, bezogen auf die absolute Fläche konnten noch 75 % veranschlagt werden.

Weniger beachtet wurde von den untersuchten Betrieben, dass viele Fruchtarten mit sich selbst und anderen Arten der gleichen Pflanzenfamilie mehr oder weniger unverträglich sind. Ihr fortgesetzter Anbau auf dem gleichen Schlag führt zu Ertragsverlusten, die umso größer sein können, je öfter die gleiche Kultur angebaut wird. Besonders gilt dieses für zahlreiche Arten unter den Leguminosen, die im ökologischen Landbau aufgrund ihrer Bedeutung für die Stickstoffversorgung einen vergleichsweise hohen Anteil an der Fruchtfolge ausmachen. Fehler bei der Fruchtfolgegestaltung durch einen zu häufigen Anbau dieser Kulturen wurden bei fast einem Drittel der erfassten Schläge festgestellt.

Als Ursache potenzieller Ertragsverluste werden meistens ein einseitiger Nährstoffentzug und insbesondere die Vermehrung spezifischer Krankheitserreger und Schädlinge genannt. Diese Effekte werden vielfach unter dem Begriff der „Boden- bzw. Leguminosenmüdigkeit“ zusammengefasst (PAULSEN et al., 2016). Als besonders empfindlich gelten Erbsen, bei denen Mindererträge bereits zu beobachten waren, wenn sie lediglich mehr als 1-mal innerhalb von 25 Jahren auf dem gleichen Schlag angebaut wurden (SCHMIDT et al., 2014). Durch den Anbau anderer Leguminosen, wie Luzerne und Rotklee kann diese negative Wirkung sogar noch verstärkt werden.

Um Ertragsausfälle zu vermeiden, ist es daher unbedingt erforderlich, dass artspezifische Anbaupausen der Fruchtarten eingehalten werden. Für Körnerleguminosen im Hauptfruchtbau liegen diese Anbaupausen beispielsweise zwischen 4 – 5 Jahre für Ackerbohne und zwischen 6 – 9 Jahre für weißblühende Erbsen (SCHMIDTKE, 2016). Zu Futterleguminosen wie Rotklee und Luzerne in der gleichen Fruchtfolge sind nochmals Anbaupausen von 3 – 5 Jahren bei weißblühenden Erbsen bzw. von 2 – 4 Jahren bei anderen Körnerleguminosen zu beachten.

Die hier untersuchten Praxisbetriebe haben solche Anbaupausen vielfach nicht eingehalten. Besonders Gemüseerbsen wurden in einigen Betrieben deutlich zu häufig angebaut, wie das Beispiel des Betriebes 14 eindringlich zeigt. Hier wurden Erbsen im Untersuchungszeitraum auf 29 von 35

Schlägen angebaut, davon auf 17 Schlägen (59 %) mit Anbaupausen von <6 Jahren, auf 7 Schlägen sogar mit Anbaupausen von <3 Jahren.

Eine Verbesserung könnte durch eine stärkere Standardisierung der Fruchtfolgen nach festgelegten Grundsätzen erreicht werden, wie sie früher üblich war (BRINKMANN, 1950) und heute wieder von SCHMIDTKE (2016, 2018) für die Einbindung des Anbaus von Körnerleguminosen in Fruchtfolgen des Ökolandbaus vorgeschlagen wird. In ein solches System sollten möglichst alle Schläge des Betriebes und ggf. auch geeignete Flächen interessierter Nachbarbetriebe einbezogen werden, um den Erbsenanbau auf eine größere Fläche zu verteilen, damit schädliche Anbaukonzentrationen erst gar nicht entstehen können. Der Einsatz von Komposten und Stalldung kann bei Körnerleguminosen zusätzlich zur Minderung des Krankheitsdrucks durch bodenbürtige Schaderreger beitragen (BRUNS et al., 2014).

Ölsaaten hatten in den untersuchten Betrieben einen vergleichsweise geringen Anteil an den Fruchtfolgen. Fehler in der Fruchtfolgegestaltung durch den zu häufigen Anbau dieser Kulturen auf der gleichen Fläche waren daher weit weniger verbreitet. Hier bestehen offensichtlich noch erhebliche Reserven zur Auflockerung und Erweiterung der Fruchtfolgen (BÖHM, 2014). Bei der Einordnung der Ölsaaten in die Anbauabfolge muss unterschieden werden in Fruchtarten mit einem hohen Anspruch an die Nährstoffversorgung, wie Winterraps, und Fruchtarten mit einem geringen Nährstoffanspruch, wie Öllein.

Winterraps sollte daher bevorzugt direkt nach Leguminosen wie Klee gras stehen, während Sonnenblumen und Öllein besser in abtragender Stellung angebaut werden (ARP et al., 2010). Ölpflanzen werden ebenfalls von einer Vielzahl von Krankheiten und Schädlichen befallen, so dass auch hier entsprechende Anbaupausen von mindestens 4 Jahren einzuhalten sind. Dabei muss auch der Anteil von kruziferen Zwischenfrüchten wie Senf und Ölrettich beachtet werden, der in vielen der hier untersuchten Betriebe eine große Rolle spielt.

Insgesamt wurden Zwischenfrüchte auf immerhin rund 60 % der erfassten Schläge und Flächen, vielfach sogar mehrfach in 6 Jahren, angebaut. Werden noch Stoppel- oder Untersaaten von Feldgras, Luzerne, verschiedenen Klee gras- oder sonstigen Leguminosen- und Nichtleguminosen-Mischungen hinzugerechnet, die im Folgejahr als Hauptfrucht dienten und daher nicht als klassische Zwischenfrucht zu bewerten waren, würden Zwischenfrüchte sogar auf knapp 80 % der Flächen und Schläge zum Anbau kommen. Die ständige Bodenbedeckung unterdrückt Unkräuter und Schaderreger, fördert die biologische Aktivität des Bodens und verbessert die Bodenstruktur (KOLBE

et al., 2004). Besonders der Anbau legumer Zwischenfrüchte trägt zur Verbesserung der N-Versorgung bei und ist durch höhere Erträge der Folgefrucht vielfach auch ökonomisch rentabel (SCHLIEBER et al., 2010; URBATZKA et al., 2013).

Auf Schlägen mit deutlich positiven N-Salden von >50 kg/ha und Jahr, von denen unter Umständen eine Gefährdung für die Umwelt durch N-Austrag ausgehen könnten, kann Zwischenfruchtbau helfen, Stickstoff über den Herbst und Winter im System zu konservieren und für die Folgekulturen verfügbar zu machen. In diesen Betrieben kommt es weiterhin besonders darauf an, unproduktive Nährstoffverluste zu vermeiden und eine bessere Synchronisation zwischen N-Bedarf und N-Angebot zwischen den Schlägen zu erreichen. Neben der Cut & Carry-Strategie, bei der z.B. von einem Feld abgeerntete Kleeerasaufwüchse auf ein bedürftiges Feld aufgefahren werden (STUMM & KÖPKE, 2015), kann hierzu auch der Anbau von Zwischenfrüchten beitragen. Durch den periodischen Anbau von tief wurzelnden Luzerne- und Kleebeständen kommt es zudem nicht nur zu einer Mobilisierung von schwerlöslichen Nährstoffen (P), sondern es erfolgt auch ein Aufwärtstransfer von zwischenzeitlich bereits verlagerten leichtlöslichen Nährstoffen (N, K, Mg, S), wodurch es zu einer besseren Nährstoffverwertung kommt (PAULSEN et al., 2016; KOLBE et al., in Vorbereitung).

In der Summe der gravierenden Fruchtfolgefehler insbesondere in Folge zu geringer Anbaupausen für die aufgeführten Hauptgruppen an Fruchtarten (Kartoffeln, Ölfrüchte, Körner- und Feinleguminosen) wurde ermittelt, dass mit 40 % bereits ein erheblicher Anteil an Ackerschlägen betroffen ist. Es kann erwartet werden, dass davon auch die Stabilität der Ernteerträge in einem bedeutenden Umfang negativ beeinflusst wird. Eine Vernachlässigung oder sogar Nichtbeachtung von Regeln der Fruchtfolgegestaltung, wie es heute im konventionellen Landbau üblich ist, kann im Ökolandbau durch Einsatz von Fremdmitteln nicht kompensiert werden. Durch eine sorgfältig durchgeführte Fruchtfolgeplanung kann jedoch dem Phänomen der Bodenmüdigkeit und anderen negativen Erscheinungsformen wirksam vorgebeugt werden. Handlungsempfehlungen zur optimalen Fruchtfolgegestaltung müssen daher in Zukunft für den Ökolandbau wieder eine größere Bedeutung erlangen.

Für einige Betriebe könnten mehr oder weniger standardisierte Fruchtfolgesysteme mit festgelegten Abfolgen der Fruchtarten wieder fester Bestandteil der landwirtschaftlichen Praxis werden. Heute wird die Abfolge der Kulturen nicht nur im konventionellen, sondern auch zunehmend im ökologischen Landbau vielfach entsprechend kurzfristigen Erfordernissen Jahr für Jahr neu festgelegt. Für die praktische Umsetzung stehen hierfür Fruchtfolgegrundgerüste zur Anbaurangfolge der Fruchtarten und visuelle Schaudiagramme zur schnellen Auffindung günstiger Vorfrucht-Nachfrucht-

Kombinationen zur Fruchtfolgeplanung zur Verfügung (KOLBE, 2006; STEIN-BACHINGER & RECKLING, 2013; BACHINGER et al., 2015; DÖRING, 2018; SCHMIDTKE, 2018).

Anstrengungen zur stetigen Umsetzung von verbesserten Systemen zur Fruchtfolgegestaltung sind allerdings auch für die zukünftige Sicherung der Nachhaltigkeit der Ökobetriebe von großer Bedeutung. Lediglich auf Teilbereichen des Acker- und Pflanzenbaus wurden hierzu bisher Arbeiten aus der Praxis und in speziellen Versuchen im Ökolandbau durchgeführt (SCHMIDT, 2003, 2007; FREYER et al., 2006; URBATZKA et al., 2011). Weitere umfassendere Arbeiten insbesondere aus dem so wichtigen Bereich der Dauerversuchsanstellungen sind auf diesem Gebiet jedoch zur stetigen Erneuerung der pflanzenbaulichen Grundlagen unerlässlich (PAULSEN et al., 2016; DÖRING, 2018).

Da auch die in dieser Arbeit verwendeten Bewertungsgrundsätze der Fruchtfolgegestaltung vielfach noch aus älteren und konventionellen Versuchsanstellungen stammen, werden speziell für ökologische Fragestellungen in Zukunft eine verstärkte Versuchstätigkeit zur Ertrags- und Qualitätssicherung der Fruchtarten in Abhängigkeit vom Unkraut, Krankheits- und Schädlingsaufkommen in der Fruchtfolgeforschung erforderlich, um den sich ständig ändernden Anbau-, Klima- und Standortbedingungen gerecht zu werden.

Zusammenfassung

Schlaggenaue Analyse von 32 Betrieben des ökologischen Landbaus im Freistaat Sachsen: Fruchtfolgegestaltung

In dieser Untersuchung wurden Daten aus Schlagkarteiaufzeichnungen zur Fruchtfolgegestaltung von 32 ökologisch wirtschaftenden Landwirtschaftsbetrieben im Freistaat Sachsen über einen Zeitraum von 6 Jahren schlag- und betriebsweise ausgewertet. Insgesamt stand Datenmaterial von 810 ökologisch bewirtschafteten Ackerschlägen und mehr als 4.800 Ernten zur Verfügung. Für die Beurteilung des Fruchtfolgemanagements wurde zunächst ein geeignetes Bewertungsverfahren entwickelt, in dem leicht erfass- und überprüfbare Kriterien zur schlagweisen Abschätzung des Erfüllungsgrades wichtiger Fruchtfolgeregeln festgelegt worden sind. Die Ergebnisse für die Fruchtfolgekriterien werden in Tabellenform zusammengefasst, die geeignet erscheinen, die Beratungspraxis zur Fruchtfolgegestaltung im ökologischen Landbau wirksam zu erweitern.

Die Betriebsanalysen zeigten zunächst, dass eine unkrautunterdrückende Wirkung der Fruchtfolgen durch einen weit verbreiteten regelmäßigen Wechsel zwischen dem Anbau von Sommerungen und Winterungen unterstützt wurde. Defizite bestanden nur auf 20 % der Ackerschläge. Der

Getreideanteil der Fruchtfolge war auf knapp 40 % der Schläge zu hoch oder zu gering, der Anteil des Feldfutterbaus, zumeist mit Leguminosen, war ebenfalls auf knapp 40 % der Schläge zu hoch angesetzt. Eine krankheits- und schädlingsunterdrückende Wirkung der Fruchtfolgen erfolgte in der Regel durch Einhaltung der erforderlichen Anbaupausen bei Kartoffeln und Ölsaaten. Auf 50 % der Betriebe standen jedoch Kartoffeln zu häufig in der Fruchtfolge, im Durchschnitt wurden auf 17 % der Ackerschläge die notwendigen Anbaupausen bei Kartoffeln unterschritten.

Bei Körnerleguminosen wurden die empfohlenen Anbaupausen auf 26 % der Schläge nicht eingehalten, Probleme bereitet vor allem der zu häufige Anbau von Körnererbsen. Durch einen hohen Leguminosenanteil im Feldfutterbau mit Konzentration auf wenige Arten bestand die Gefahr, dass ebenfalls spezifische Fruchtfolgekrankheiten begünstigt werden (Leguminosenmüdigkeit). Auf 41 % der Ackerschläge wurden die Anbaupausen nicht eingehalten. Zur Beurteilung der Wirkung der untersuchten Fruchtfolgen auf die Bodenfruchtbarkeit wurde u.a. der Umfang an Feldfutter- und Zwischenfruchtanbau bewertet. Der Leguminosenanteil der Fruchtfolgen ist einerseits bei der Mehrzahl der Betriebe insgesamt zu hoch, andererseits erfolgte auf 49 % der Schläge keine optimale Nutzung des von Leguminosen hinterlassenen Stickstoffs, da die Anbaurangfolge der Fruchtarten nach den Leguminosen ungünstig gestaltet wurde.

Insgesamt konnte ermittelt werden, dass nur auf 7 Betrieben eine optimale Fruchtfolgegestaltung betrieben wurde. Unter Einrechnung aller Betriebe bestanden jedoch in der Summenwirkung auf fast 40 % der untersuchten Ackerschläge potenziell ertragsbegrenzende Mängel, vor allem, weil wichtige Anbaupausen der Fruchtarten in den Anbauabfolgen nicht eingehalten werden. Aus diesen Ergebnissen kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass verstärkte Anstrengungen in den Betrieben zur Verbesserung der Fruchtfolgegestaltung unternommen werden müssen, um die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten und Ertrags- und Qualitätseinbußen zukünftig besser zu vermeiden. In Lehre und Forschung ist hierfür auch eine umfangreiche experimentelle Tätigkeit insbesondere in Form der Dauerversuche erforderlich, um auf den Gebieten des praktischen Fruchtfolge- und Nährstoffmanagements jeweils aktuelle Beratungsunterlagen anbieten zu können.

Summary

Field plot specific analysis of 32 organic farms in Saxony: crop rotation management

Plot card records of crop rotation arrangements from 32 organic farms in the German federal state of Saxony were analyzed according to field plot and farm over a six-year period. In total, a data set of

810 organically cultivated field plots from over 4.800 harvests was available. First, a suitable assessment procedure was developed for the crop rotation management, in which easily recordable and checkable criteria for the field plot-specific estimation of the degree of performance were established for basic crop rotation rules. The crop rotation criteria results were summarized in tabular form, which appeared useful with regard to the expansion of crop rotation consulting services in organic farming.

The farm-based analyses initially showed that a weed suppressing effect of crop rotation was supported by a widespread, regular alternation between the cultivation of spring and winter main crops. Deficits in cultivation were found in just 20 % of the arable field plots. The share of cereals in the crop rotation was over- or understated in some 40 % of the plots. The field fodder cropping share, mostly comprising legumes, was also overvalued for about 40 % of plots. The disease and pest suppressing effect of crop rotation typically occurred through observance of the necessary crop intervals for potatoes and oilseeds. However, on 50 % of the farms, potatoes were excessively used in the rotation. On average, the recommended interval of cultivation for potatoes was not observed on 17 % of the arable plots.

The recommended crop interval for grain legumes failed to be met on 26 % of the plots, with the too frequent cultivation of grain peas being a particular problem. The high proportion of legumes in field fodder cultivation with a focus on only a few species increased the risk of facilitating specific crop rotation diseases (legume exhaustion). On 41 % of arable plots, the crop intervals failed to be observed. Effects of the examined crop rotation on soil fertility were assessed, amongst other aspects, by the extent of field fodder and catch crop cultivation. On the one hand, the share of legumes in the crop rotations was too high on the majority of farms. On the other hand, on 49 % of the plots, there was no optimal use of the nitrogen left behind by the legumes, due to the unfavorable configuration of cropping sequences after the legume crops.

Overall, it could be established that an optimal crop rotation arrangement was practiced on 7 farms only. However, when all farms were included, a sum effect of nearly 40 % of the arable field plots examined displayed potentially yield limiting deficits, mainly because basic intervals of cultivation for the crop species were not observed in the cropping sequences. From these results it can be concluded that increased efforts need to be undertaken by farms to improve crop rotation arrangements in order to preserve soil fertility and better avoid losses of crop yield and quality in the future. For this purpose, research and teaching should also include extensive experimental activity,

especially in the form of long-term trials, in order to be able to present the latest consulting materials for practical crop rotation and nutrient management, respectively.

Literatur

1. ARP, B., HÄNSEL, M., KARALUS, W., KOLBE, H., SCHUSTER, M., JÄCKEL, U. (2010): Ölfrüchte im Ökologischen Landbau - Informationen für die Praxis. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden: <https://orgprints.org/15102/> Ölfrüchte (abgerufen: 01.08. 2020).
2. BACHINGER, J., KLOEPFER, J. & KLÖBLE, U. (2015): Fruchtfolge. In: KTBL: Faustzahlen für den Ökologischen Landbau. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL), Darmstadt, 83-96.
3. BAEUMER, K. (1990): Gestaltung der Fruchtfolge. In: DIERCKS, R., HEITFUSS, R.: Integrierter Landbau. BLV Verlagsgesellschaft, München, 110-135.
4. BÖHM, H. (2014): Rapsanbau im Ökologischen Landbau – Probleme und Perspektiven. Raps, Nr. 4, 2-6.
5. BRINKMANN, T. (1950): Das Fruchtfolgebild des deutschen Ackerbaues. Bonner Universitätsdruckerei Gebr. Scheuer, Bonn.
6. BRUNS, CH., BOHNE, B., FINCKH, M., GRONLE, A., HENSEL, O., WERREN, D. (2014): Wie kann die Pflanzengesundheit von Erbsen und Ackerbohnen beeinflusst werden. In: Körnerleguminosen und Bodenfruchtbarkeit – Strategien für einen erfolgreichen Anbau. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, Bonn, 24-33: <https://orgprints.org/31992/> (abgerufen: 01.08. 2020).
7. DÖRING, T. (2018): Fruchtfolgegestaltung. In: WACHENDORF, M., BÜRKERT, A., GRAB, R.: Ökologische Landwirtschaft. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 21-52.
8. FINCKH, M., YLI-MATTLIA, T., NYKÄNEN, A., KURKI, P., HANNUKULA, A. (2015): Organic temperate legume disease management. In: FINKGH, M., VAN BRUGGEN, A.H.C., TAMM, L.: Plant diseases and their management in organic agriculture. The American Phytopathologica Society, APS press, 153-174: <http://my.apsnet.org/ItemDetail?iProductCode=44761> (abgerufen: 02.08. 2020).
9. FREYER, B. (2003): Fruchtfolgen. Verlag E. Ulmer, Stuttgart.
10. FREYER, B., PIETSCH, G., HRBEK, R., WINTER, S. (2005): Futter- und Körnerleguminosen im biologischen Landbau. Österreichischer Agrarverlag, Wien, Österreich.
11. FREYER, B., FRIEDEL, J., GABLER, CHR., ZEIDLER, S. (2006): Auswirkungen unterschiedlicher legumer Haupt- und Zwischenfrucht-Vorfrüchte auf Ertrag, Qualität und den Schaderregerbefall der ersten Nachfrucht (Kartoffel) sowie Ertrag und Qualität der zweiten Nachfrucht (Weizen). Abschlussbericht Projekt-Nr. 1252. Institut für Ökologischen Landbau, Universität für Bodenkultur, Wien, Österreich.
12. HEYLAND, K.-U., HANUS, H., KELLER, E.R. (2006): Ölfrüchte, Faserpflanzen, Arzneipflanzen und Sonderkulturen. Verlag Ulmer, Stuttgart.
13. KÖPKE, U., KÜPPER, M. (2013): Marktanteile im Segment Bio-Lebensmittel - Folgen und Folgerungen. Institut für organischen Landbau, Universität, Bonn: <https://www.iol.uni-bonn.de/iol-studie-marktanteile-im-segment-bio-lebensmittel.pdf> (abgerufen: 29.07. 2020).
14. KOLBE, H. (2006): Fruchtfolgegestaltung im ökologischen und extensiven Landbau: Bewertung von Vorfruchtwirkungen. Pflanzenbauwissenschaften 10, 82-89.

15. KOLBE, H. (2008): Fruchtfolgegrundsätze im Ökologischen Landbau. Merkblatt, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden: <https://orgprints.org/15100/> (abgerufen: 01.08. 2020).
16. KOLBE, H., MEYER, D. (202x): Schlaggenaue Analyse von 32 Betrieben des ökologischen Landbaus im Freistaat Sachsen: Nährstoff- und Humusmanagement. **Berichte über Landwirtschaft...**
17. KOLBE, H., MODEL, A., SCHENKE, A., RIKABI, F., SLESACZEK, J. (in Vorbereitung): Zusammenführung der Ergebnisse von komplexen Dauersystemversuchen zur Untersuchung ökologischer Anbau- und Düngungsverfahren in zwei Anbausystemen (Marktfrucht und Futterbau) auf Ertrag, Produktqualität, Bodenfruchtbarkeit und Umweltwirkungen auf einem Sand- und Lößboden in Sachsen. In: Möglichkeiten und Grenzen der Intensivierung im Ökolandbau. Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie.
18. KOLBE, H., KARALUS, W., SCHUSTER, M., HÄNSEL, M., SCHAEFF, A., PÖLITZ, B. (2012): Kartoffeln im Ökolandbau – Informationen für Praxis und Beratung. Sächsisches Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden: <https://orgprints.org/15102/> Kartoffeln (abgerufen: 01.08. 2020).
19. KOLBE, H., SCHUSTER, M., HÄNSEL, M., SCHLIEBER, I., PÖHLITZ, B., STEFFEN, E., POMMER, E. (2006): Feldfutterbau und Gründüngung im Ökologischen Landbau – Informationen für Praxis und Beratung. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Dresden: <https://orgprints.org/15102/> Feldfutter (abgerufen: 01.08. 2020).
20. KOLBE, H., SCHUSTER, M., HÄNSEL, M., GRÜNBECK, A., SCHLIEBER, I., KÖHLER, A., KARALUS, W., KRELLIG, B., POMMER, R., ARP, B. (2004): Zwischenfrüchte im Ökologischen Landbau – Fachmaterial. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Dresden: <https://orgprints.org/15102/> Zwischenfrüchte (abgerufen: 01.08. 2020).
21. KÖNNECKE, G. (1967): Fruchtfolgen. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin.
22. KRAFT, J.M., PFLEGER, F.L. (2001): Compendium of pea diseases and pests. APS-Press, St. Paul, USA.
23. KÜHNE, ST., BURTH, U., MARX, P. (2006): Biologischer Pflanzenschutz im Freiland. Ulmer, Stuttgart.
24. LfL (2006): Sonnenblumen zur Kornnutzung (*Helianthus annuus* L.). LfL-Informationen, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Weihenstephan: https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/informationen/p_19934.pdf (abgerufen: 01.08. 2020).
25. MAYER, J., MÄDER, P. (2016): Langzeitversuche – Eine Analyse der Ertragsentwicklung. In: FREYER, B.: Ökologischer Landbau – Grundlagen, Wissensstand und Herausforderungen. UTB-Verlagsgruppe, Haupt-Verlag, Bern, Schweiz, 421-445.
26. MEYER, D., SCHMIDTKE, K., WUNDERLICH, B., LAUTER, J., WENDROCK, Y., GRANDNER, N., KOLBE, H. (2020): Analyse des Nährstoff- und Humusmanagements sowie der Fruchtfolgegestaltung in 32 Betrieben des ökologischen Landbaus im Freistaat Sachsen. In: Nährstoffmanagement und Fruchtfolgegestaltung in sächsischen Ökobetrieben. Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Veröffentlichung in Vorbereitung).
27. MÖLLER, K., KOLBE, H., BÖHM, H. (2003): Handbuch Ökologischer Kartoffelbau. Österreichischer Agrarverlag, Leopoldsdorf, Österreich.
28. NEUHOFF, D. (2015): Ertragspotentiale ökologischer Anbausysteme aus pflanzenbaulicher Sicht. Beiträge zur 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau: <https://orgprints.org/27193/> (abgerufen: 01.08. 2020).
29. PALLUTT, B. (2000) Unkrautunterdrückung und -bekämpfung durch Fruchtfolgegestaltung, Bodenbearbeitung, Aussaatzeit, Saatmenge und Stickstoffversorgung. Beitrag präsentiert bei der Konferenz: Pflanzenschutz im ökologischen Landbau – Probleme und Lösungsansätze. Drittes Fachgespräch: "Unkrautregulierung im ökologischen Landbau", Kleinmachnow, 02.11.1999: <https://orgprints.org/2525/> (abgerufen: 01.08. 2020).

30. PAULSEN, H.M., BÖHM, H., FREYER, B. (2016): Fruchtfolgen. In: FREYER, B.: Ökologischer Landbau – Grundlagen, Wissensstand und Herausforderungen. UTB-Verlagsgruppe, Haupt Verlag, Bern, Schweiz, 336-366.
31. SCHLIEBER, I., SCHUSTER, M., KOLBE, H. (2010): Einfluss verschiedener Zwischenfrüchte als Vorfrüchte für die Ertrags- und Qualitätsleistung von Silomais und Kartoffeln. In: Zwischenfrüchte im Ökolandbau. Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, H. 27, 1-69.
32. SCHMIDT, H. (2003): Viehloser Ackerbau im ökologischen Landbau – Evaluierung des derzeitigen Erkenntnisstandes anhand von Betriebsbeispielen und Expertenbefragungen. Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II, Universität, Gießen: <https://orgprints.org/5020/> (abgerufen: 18.07.2020).
33. SCHMIDT, H. (2007): Problembereiche im Öko-Ackerbau, Analyse von Praxisbeispielen. Verlag Dr. Hans-Joachim Köster, Berlin.
34. SCHMIDT, H., FUCHS, J., MÖLLER, D., WOLF, D. (2014): Schlagauswahl. In: Körnerleguminosen und Bodenfruchtbarkeit – Strategien für einen erfolgreichen Anbau. Bundesanstalt f. Landwirtschaft u. Ernährung, Bonn, 9-15: <https://orgprints.org/31992/> (abgerufen: 01.08. 2020).
35. SCHMIDTKE, K. (2016): Neue Strategien der Fruchtfolgeplanung und Düngung bei Leguminosen. Vortrag, Gää-Wintertagung, 04. und 05.02.2016. HTW, Dresden.
36. SCHMIDTKE, K. (2018): Leguminosenmüdigkeit – Neue Strategien der Fruchtfolgegestaltung und Düngung. Vortrag, Wissenstransfer zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit von landwirtschaftlichen Betrieben 12.04.2018: http://www.netzwerk-agrartechnik-sachsen.com/wp-content/uploads/2018/02/Schmidtke_Fruchtfolgeplanung_12042018.pdf (abgerufen: 01.08. 2020).
37. SCHNEIDER, R., HEILES, E., SALZEDER, G., WIESINGER, K., SCHMIDT, M., URBATZKA, P. (2012): Auswirkungen unterschiedlicher Fruchtfolgen im ökologischen Landbau auf den Ertrag und die Produktivität. In: WIESINGER, K., CAIS, K.: Angewandte Forschung und Beratung für den ökologischen Landbau in Bayern. Ökolandbautag 2012, Tagungsband. Schriftenreihe der Landesanstalt f. Landwirtschaft 4, 87-93.
38. SERIKSTAD, I. V., DE BOER, A., MAGNUSSON, C. (2013): Clover fatigue – a reason for precaution in organic farming. In: LOES, A.K. et al.: Organic farming systems as a driver for change. Bredsten, Denmark.
37. STEIN-BACHINGER, K., RECKLING, M. (2013): Fruchtfolge. In: STEIN-BACHINGER, K., RECKLING, M., HUFNAGEL, J., GRANSTEDT, A.: Kreislauforientierte ökologische Landwirtschaft – Handlungsempfehlungen für Landwirte und Berater, Bd. I – IV, Berlin, 27-38.
39. STUMM, C., KÖPKE, U. (2015): Optimierung des Futterleguminosenanbaus im viehlosen Acker- und Gemüsebau. Beiträge zur 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau: <https://orgprints.org/27196/> (abgerufen: 01.08. 2020).
40. URBATZKA, P., CAIS, K., REHM, A., RIPPEL, R. (2011): Status-Quo-Analyse von Dauerversuchen: Bestimmung des Forschungsbedarfes für den ökologischen Landbau. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz, Freising: <https://orgprints.org/19317/> (abgerufen: 20.07. 2020).
41. URBATZKA, P., CAIS, K., REHM, A., SALZEDER, G., SCHÄTZL, R. (2013): Ökonomische Rentabilität legumer Zwischenfrüchte im Fruchtfolgeglied Getreide - Getreide. Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Bonn, 160-163: <https://orgprints.org/21329/> (abgerufen: 01.08. 2020).

Anschrift der Autoren:

Dr. Hartmut Kolbe

Ehemals Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen

Kontaktadresse:

Altes Dorf 19,

04435 Schkeuditz,

E-Mail: hartmutkolbe@yahoo.de

Dr. Dietmar Meyer

G.U.B. Ingenieur AG, Niederlassung Dresden,

Glacisstr. 2,

01099 Dresden,

E-Mail: Dietmar.Meyer@gub-ing.de

Prof. Dr. Knut Schmidtke

Fachgebiet Ökologischer Landbau, Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden,

Pillnitzer Platz 2,

01326 Dresden

sowie Forschungsinstitut für Biologischen Landbau (FiBL), Ackerstraße 113, CH-5070 Frick, Schweiz,

E-Mail: knut.schmidtke@fibl.org