

## Effekte von Fruchtfolge und Bodenbearbeitung auf die Segetalflora im Ökologischen Landbau

*Effects of crop rotation and soil tillage on weeds in organic farming*

Franz Schulz\*<sup>1</sup> und Günter Leithold<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Justus-Liebig-Universität Gießen, Professur für Organischen Landbau, Karl-Glöckner-Str. 21C, 35394 Gießen, Deutschland

\*Korrespondierender Autor, Franz.Schulz@agr.uni-giessen.de



DOI 10.5073/jka.2014.443.055

### Zusammenfassung

Auf dem Lehr- und Versuchsbetrieb für Ökologischen Landbau der Universität Gießen, Gladbacherhof, wird seit 1998 ein zweifaktorieller Dauerfeldversuch durchgeführt. Es werden die Auswirkungen von 3 verschiedenen Betriebstypen (mit Viehhaltung, viehlos mit Grünbrache, viehlos nur Marktfrüchte) und 4 Bodenbearbeitungssystemen (Konventioneller Pflug, Zweischichtenpflug, reduzierte Bearbeitungstiefe und pfluglos) auf die Kulturpflanzen, den Boden und die Umwelt untersucht. In diesem Beitrag werden Ergebnisse zu Beikraut-Deckungsgraden, dem Artenspektrum der Ackerbegleitflora, dem Auftreten von *Cirsium arvense* (L.) Scop. (Ackerkratzdistel) und der Beikraut-Phytomasse zur Ernte der Hauptfrüchte vorgestellt. Es kann festgehalten werden, dass, verglichen mit konventionellen „Schadsschwellen“, der Beikraut-Deckungsgrad in der Regel gering und das Artenspektrum eng waren. Aufgrund von intensiven mechanischen Regulierungsmaßnahmen wirkt sich die Segetalflora kaum negativ auf die Kulturpflanzenerträge aus. Bei viehlosem Ökolandbau ohne Luzerngras in der Fruchtfolge kann es aber zu Problemen mit *C. arvense* (L.) Scop. (Ackerkratzdistel) kommen. Dagegen scheint dieses ausdauernde Wurzelunkraut im pfluglosen Bodenbearbeitungssystem auf lange Sicht nicht zu Schwierigkeiten zu führen. Die Stetigkeit von Beikrautarten wie *Galium aparine* L. (Klettenlabkraut) und *Stellaria media* L. (Vogel-Sternmiere) ist in allen Versuchsvarianten hoch. Mit keinem der Betriebs- oder Bodenbearbeitungssysteme gelang es jedoch seltene Arten zu fördern bzw. die Biodiversität deutlich zu erhöhen. Um dieses Ziel zu erreichen, müssten spezielle Fördermaßnahmen ergriffen werden.

**Stichwörter:** Artenspektrum, Beikrautdeckungsgrad, Bodenbearbeitung, Fruchtfolge, Ökologischer Landbau, Segetalflora

### Abstract

An organic long-term field experiment with two factors has been carried out since 1998 at the experimental station Gladbacherhof, University of Giessen. Effects of 3 different farm types (with livestock raising, stockless farming with rotational set-aside, stockless farming only cash crops) combined with 4 tillage treatments (mouldboard plough, two-layer-plough, reduced tillage depth and tillage without plough) on plants, soil and environment have been investigated. This article presents results on the coverage rate of arable wild plants (weed coverage), the range of weed species, the abundance of *C. arvense* (L.) Scop. (Canada thistle) and the weed phytomass during harvest time of the main crops dependent on farm type and soil tillage. It can be concluded that, compared to conventional economic weed thresholds, the weed coverage was generally relatively low and only limited ranges of species were found. Wild arable plants probably did not have any impact on yields of the cultivated plants due to intensive mechanical regulatory measures. In stockless organic farming without alfalfa-grass in the crop rotation *Cirsium arvense* (L.) Scop. (Canada thistle) might become a problem whereas this perennial root-weed does not seem to raise a long term problem in a soil tillage system without ploughing. In all treatments the abundance of weeds like *Galium aparine* L. (catchweed bedstraw) and *Stellaria media* L. (chickweed) was high. However, none of the farm types or soil tillage systems succeeded in providing evidence of promoting rare species or encouraging biodiversity. In order to achieve this special support measures should be implemented.

**Keywords:** Crop rotation, organic farming, range of species, segetal flora, soil tillage, weed coverage

### Einleitung

Im Zuge der Bemühungen um eine hohe Diversität von Flora und Fauna, auch in den Agrarökosystemen, kommt der Segetalflora eine besondere Bedeutung zu. Einerseits können Ackerwildkräuter wegen zahlreicher Vorteile in gewissem Umfang erwünscht sein. Andererseits

stehen sie in Konkurrenz um Wachstumsfaktoren mit den Kulturpflanzen. Angesichts des generellen Herbizidverbots laut der EU-Bioverordnung und den Richtlinien der Ökoverbände sind Biobetriebe bei Maßnahmen zur Regulierung der Ackerbegleitflora vor besondere Herausforderungen gestellt. Bedeutende Stellgrößen in Bezug auf die Segetalvegetation sind die Fruchtfolgegestaltung und die Bodenbearbeitung.

Im Jahr 1998 wurde auf dem Lehr- und Versuchsbetrieb für Ökologischen Landbau der Universität Gießen, Gladbacherhof, ein zweifaktorieller Dauerfeldversuch mit 3 verschiedenen Betriebssystemen/Fruchtfolgen und 4 unterschiedlichen Bodenbearbeitungsvarianten angelegt. Ein besonderes Augenmerk wurde auf die Auswirkungen dieser beiden Faktoren auf die Ackerwildkräuter gelegt. In diesem Beitrag sollen insbesondere die Ergebnisse der Beikrautdeckungsgrade, das Artenspektrum der Begleitflora, das Auftreten von *Cirsium arvense* (L.) Scop. (Ackerkratzdistel) und die oberirdische Phytomasse der Beikräuter zur Ernte der Hauptfrüchte beschrieben werden.

### Material und Methoden

Der Versuchsstandort befindet sich in Villmar an der Lahn an den nordwestlichen Ausläufern des Taunus auf 170 m ü. NN (mittlere Lufttemperatur: 9,5 °C, durchschnittlicher Niederschlag p. a.: 649 mm, Bodentyp: Pararendzina bis erodierte Parabraunerde, Bodenart: schluffiger Lehm bis lehmiger Schluff, Ackerzahl: 66). Als Versuchsdesign wurde eine Spaltanlage in vierfacher Wiederholung mit dem Großparzellenfaktor Betriebssysteme und einer Kleinparzellengröße von 9 m x 14 m gewählt. In Tabelle 1 sind die jeweils sechsfeldrigen Fruchtfolgen der 3 Betriebssysteme dargestellt. Somit beträgt der Getreideanteil in allen 3 Betriebssystemen 50 %, der Hackfruchtanteil 16,7 %. Die Leguminosen umfassen jeweils einen Anteil von 33,3 %, aber in Gestalt von unterschiedlichen Arten und Bewirtschaftungsformen. Nach den Winterungen Weizen und Roggen wurden Zwischenfrüchte angebaut bzw. im System mit Viehhaltung eine Untersaat im Roggen zur Etablierung des anschließenden legumen Futterbaugemenges. Im System Gemischtbetrieb wurden im Durchschnitt 100 dt ha<sup>-1</sup> Rottemist pro Jahr gedüngt. Dies entspricht einem Viehbesatz von 1,0 GV ha<sup>-1</sup>. In beiden viehlosen Systemen verblieben sämtliche Koppelprodukte auf den Flächen. Die Gestaltung der 1. Rotation unterschied sich nur unwesentlich von der 2. Rotation. Mechanische Beikrautregulierungsmaßnahmen wurden praxisüblich in den Getreidebeständen einmal im Frühjahr mit Striegel, bei den Körnerleguminosen mehrmals mit Hacke und Striegel und in den Kartoffeln mehrmals mit Häufelgeräten durchgeführt. Vor diesen mechanischen Maßnahmen wurden, wenn es sinnvoll erschien, der Beikrautdeckungsgrad und das Artenspektrum mit Göttinger Zähl- und Schätzrahmen (Fläche 0,1 m<sup>2</sup>) an 4 Bereichen der Parzellen bestimmt. Das Auftreten von *C. arvense* (L.) Scop. wurde im Juni und die oberirdische Phytomasse der Beikräuter zur Ernte der Hauptfrüchte erhoben. Die varianzanalytischen Berechnungen und die multiplen Mittelwertvergleiche wurden mit dem Programmpaket SAS, Version 9.1.3, durchgeführt. Die Einzelheiten zur Methodik und zur Fruchtfolgegestaltung in der 1. Rotation sind an anderer Stelle ausführlich beschrieben (SCHULZ, 2012).

In Tabelle 2 wird der zweite Versuchsfaktor, d.h. die verschiedenen Systeme der Grundbodenbearbeitung, näher erläutert. Der Kontrollvariante P30, dem konventionellen, auf Krumentiefe wendenden Pflug, werden Systeme mit abnehmender Eingriffsintensität bis hin zur pfluglosen Variante SR30/15 gegenüber gestellt.

**Tab. 1** Fruchtfolgegestaltung in der 2. Rotation 2004 – 2009.*Tab. 1 Design of the crop rotations in the 2nd rotation 2004 – 2009.*

Fruchtfolgefeld	Jahr	GM-V (Gemischtbetrieb mit Viehhaltung)	VL-GB (Viehloser mit Grünbrache)	Betrieb	VL-MF (Viehloser nur Marktfrüchte)	Betrieb
1	2004	Luzerne-Kleegras	Hafer		Hafer	
2	2005	Luzerne-Kleegras	Grünbrache (Luzerne-Kleegras)		Ackerbohnen	
3	2006	Winterweizen I	Winterweizen		Winterweizen	
4	2007	Kartoffeln	Kartoffeln		Kartoffeln	
5	2008	Winterweizen II	Körnererbsen		Körnererbsen	
6	2009	Winterroggen	Winterroggen		Winterroggen	

**Tab. 2** Beschreibung der Bodenbearbeitungssysteme.*Tab. 2 Description of the systems of soil tillage.*

	P30	ZP30/15	P15	SR30/15
	Krumentiefe Bearbeitung mit dem Pflug	Regelmäßig Zweischichtenpflug	Max. Bearbeitungstiefe 15 cm mit dem Pflug	Regelmäßig Schichtengrubber + Rotoregge
<b>Stoppelbearbeitung</b>	Grubber 15 cm	Zweischichtenpflug 30/15 cm	Grubber oder Pflug 15 cm	Schichtengrubber + Rotoregge 30/15 cm
<b>Herbstbearbeitung</b>	Pflug 30 cm	Pflug 15 cm	Pflug 15 cm	Rotoregge 15 cm

## Ergebnisse

Bei den Erhebungen der Beikraut-Deckungsgrade im Fruchtfolge-Bodenbearbeitungs-Versuch Gladbacherhof wurde von einer Unterscheidung in mono- und dikotyle Kräuter abgesehen, da zu den Boniturterminen bis auf einige Exemplare von *Apera spica-venti* L. (Gemeiner Windhalm) nur Dicotyledoneae auftraten. In denjenigen Jahren mit unterschiedlichen Hauptfrüchten in den 3 Fruchtfolgen konnten jeweils nur die beiden Betriebssysteme mit den gleichen Früchten für eine zweifaktorielle Auswertung zusammengefasst werden. Beim Vergleich der Betriebssysteme (in Tabelle 3 nicht dargestellt) wurde lediglich im Jahr 2009 in Winterroggen ein signifikanter Unterschied, d.h. ein höherer Beikraut-Deckungsgrad im Gemischtbetrieb GM-V als in beiden viehlosen Systemen, ermittelt.

Hinsichtlich der Bodenbearbeitungsvarianten sind die Ergebnisse der Deckungsgrade in Tabelle 3 jeweils als Summe aller Wildkräuter wiedergegeben. Zunächst fällt das allgemein niedrige Niveau des Deckungsgrades auf. In 2005 (Ackerbohnen) und in 2008 (Winterweizen) ergaben sich keine nachweislichen Unterschiede. Dagegen wies das System Zweischichtenpflug ZP30/15 in 2004 (Hafer) einen signifikant höheren Beikraut-Deckungsgrad als P30 auf. In den Jahren 2006 (Winterweizen) und 2009 (Winterroggen) wurden die signifikant höchsten Werte in der pfluglosen Variante SR30/15 gefunden, allerdings in beiden Jahren auf sehr niedrigem Niveau.

**Tab. 3** Beikraut-Deckungsgrad (%) im Frühjahr vor mechanischen Regulierungsmaßnahmen in Abhängigkeit von den Systemen der Bodenbearbeitung.

**Tab. 3** Coverage of weeds (%) in spring before mechanical regulatory measures dependent on the systems of soil tillage.

Jahr	Betriebssysteme	Hauptfrüchte Anbaujahr	im	Bodenbearbeitungssysteme			
				P30	ZP30/15	P15	SR30/15
2004	GM-V	Luzerne-Kleegras		Erhebung nicht sinnvoll			
	VL-GB + VL-MF	Hafer		3,83 b	6,41 a	5,67 ab	5,58 ab
2005	GM-V + VL-GB	Luzerne-Kleegras		Erhebung nicht sinnvoll			
	VL-MF	Ackerbohnen		1,65 a	3,88 a	2,63 a	2,63 a
2006	GM-V + VL-GB + VL-MF	Winterweizen		0,15 b	0,59 b	0,17 b	2,97 a
2007	GM-V + VL-GB + VL-MF	Kartoffeln		Erhebung nicht sinnvoll			
2008	GM-V	Winterweizen		4,19 a	5,44 a	4,69 a	7,09 a
	VL-GB + VL-MF	Erbsen		Erhebung nicht sinnvoll			
2009	GM-V + VL-GB + VL-MF	Winterroggen		1,39 b	1,89 b	1,77 b	3,42 a

Innerhalb der Zeilen unterscheiden sich Mittelwerte mit ungleichen Buchstaben signifikant (Tukey-Test,  $\alpha = 0,05$ ).

P30 = Krumentiefe Bearbeitung mit Pflug ZP30/15 = Zweischichtenpflug

P15 = Maximale Bearbeitungstiefe 15 cm SR30/15 = Schichtengrubber + Rotoregge

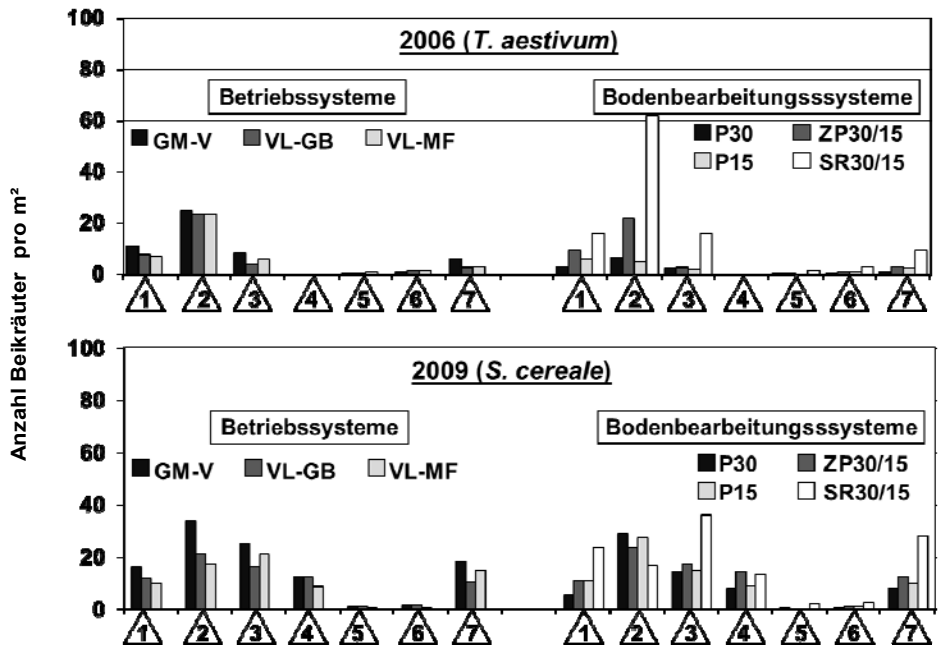
Im Rahmen des Dauerfeldversuchs Gladbacherhof geht es bezüglich des Beikraut-Artenspektrums im Frühjahr nicht um eine detaillierte herbologische Pflanzenaufnahme. Es soll vielmehr der Aspekt des Auftretens von Leit- oder Problemunkräutern dargelegt werden. Auch soll geprüft werden, ob vermehrt unerwünschte Wildkräuter, wie z. B. giftige Arten, vorkommen.

In Abbildung 1 sind die Ergebnisse der beiden Jahre 2006 und 2009 beispielhaft aufgeführt. In diesen Jahren stand in allen 3 Betriebssystemen jeweils die gleiche Feldfrucht. Somit ist ein Vergleich aller Betriebs- und Bodenbearbeitungssysteme möglich. Die 6 häufigsten Arten sind separat aufgeführt, alle weiterhin gefundenen Arten sind unter „Sonstige“ zusammengefasst.

Bei allen Boniturterminen und in sämtlichen Varianten lagen die ermittelten Werte für *Galium aparine* L. (Klettenlabkraut) um ein mehrfaches über den sogenannten „Schadsschwellen“ wie sie für den konventionellen Landbau definiert worden sind (BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT 2011; GERHARDS, 2010).

Im Jahr 2006 war die Gesamtanzahl der Beikräuter unter Winterweizen mit durchschnittlich 43,5 Stück pro m<sup>2</sup> relativ gering. Aus einer großen Spannweite von 225 resultierte eine vergleichsweise hohe Standardabweichung von 52,0. Es traten die beiden Arten *Galium aparine* L. (Klettenlabkraut) und *Stellaria media* L. (Vogel-Sternmiere) ohne bedeutende Unterschiede zwischen den

Betriebssystemen hervor. Hinsichtlich der Bodenbearbeitungssysteme wurde für alle Beikrautarten mit deutlichen Unterschieden der jeweils höchste Wert bei der pfluglosen Variante SR30/15 gefunden.



GM-V = Gemischtbetrieb mit Viehhaltung  
 VL-GB = Viehloser Betrieb mit Grünbrache  
 VL-MF = Viehloser Betrieb nur Marktfrüchte  
 P30 = Krumentiefe Bearbeitung mit Pflug  
 P15 = Maximale Bearbeitungstiefe 15 cm

ZP30/15 = Zweischichtenpflug  
 SR30/15 = Schichtengrubber + Rotoregge

△1 = *Galium aparine* L. (Klettenlabkraut)

△5 = *Lamium purpureum* L. (Rote Taubnessel)

△2 = *Stellaria media* L. (Vogelmiere)

△6 = *Matricaria maritima* L. (Geruchl. Kamille)

△3 = *Veronica persica* Poir. (Pers. Ehrenpreis)

△7 = Sonstige

△4 = *Capsella bursa-pastoris* L. (Gemeines Hirtentäschel)

**Abb. 1** Anzahl der verschiedenen Beikräuter ( $m^{-2}$ ) in den Jahren 2006 und 2009 in Abhängigkeit von Betriebssystem und Bodenbearbeitung.

**Fig. 1** Abundance of the different weeds ( $m^{-2}$ ) in the years 2006 and 2009 dependent on farm type and soil tillage.

Im Jahr 2009 lag die durchschnittliche Gesamtanzahl an Beikräutern mit 85,3 Stück pro  $m^2$  unter Winterroggen fast doppelt so hoch wie 2006. Hier betrug die Spannweite 135, die Standardabweichung des Mittelwerts 34,5. Neben den bereits 2006 vorherrschenden beiden Arten wurden weiterhin *Veronica persica* Poir. (Persischer Ehrenpreis), *Capsella bursa-pastoris* L. (Gemeines Hirtentäschel) und „Sonstige“ in nennenswertem Umfang bonitiert. Bei den Betriebssystemen ist eine leichte Tendenz der höchsten Werte jeweils bei GM-V festzustellen.

Bei den Bodenbearbeitungssystemen wies die pfluglose Variante SR30/15 besonders in den folgenden Kategorien mit Abstand die höchsten Werte auf: *G. aparine* L., *V. persica* Poir et und „Sonstige“.

Aufgrund der großen Bedeutung von *C. arvense* (L.) Scop. (Ackerkratzdistel) wurde das Auftreten dieses Beikrauts separat erfasst. In Tabelle 4 ist der oberirdische Phytomasseanfall jeweils im Juni aufgeführt. In den Kulturen Luzerne-Klee gras, Kartoffeln und Winterweizen 2008 waren Erhebungen aus unterschiedlichen Gründen nicht sinnvoll. Häufig auftretende Nullwerte schränken die Aussagekraft statistischer Parameter ein. Zudem konnten große Unterschiede der Mittelwerte häufig nicht als signifikant ausgewiesen werden.

Bezüglich der Betriebssysteme (nicht dargestellt) traten hohe Mittelwerte im Jahr 2004 in den beiden viehlosen Betriebssystemen und im Jahr 2009 besonders in VL-MF auf. Während *C. arvense* (L.) Scop. im System GM-V schon in der 1. Rotation kaum auftrat, hat sich der Besatz im viehlosen System VL-MF gegenüber VL-GB in der 2. Rotation weiterhin erhöht.

**Tab. 4** Oberirdische Phytomasse von *C. arvense* (L.) Scop. (Ackerkratzdistel) [kg TM ha<sup>-1</sup>] in Abhängigkeit von den Systemen der Bodenbearbeitung.

**Tab. 4** Aboveground phytomass of *C. arvense* (L.) Scop. (Canada thistle) [kg DM ha<sup>-1</sup>] dependent on the systems of soil tillage.

Jahr	Betriebssysteme	Hauptfrüchte Anbaujahr	Bodenbearbeitungssysteme			
			im P30	ZP30/15	P15	SR30/15
2004	GM-V	Luzerne-Klee gras	Erhebung nicht sinnvoll			
	VL-GB + VL-MF	Hafer	94,3 ab	27,2 b	49,7 b	330 a
2005	GM-V + VL-GB	Luzerne-Klee gras	Erhebung nicht sinnvoll			
	VL-MF	Ackerbohnen	22,1 a	3,69 a	5,37 a	55,6 a
2006	GM-V + VL-GB + VL-MF	Winterweizen	0,0169 a	0,0035 a	0,0030 a	0,0049 a
2007	GM-V + VL-GB + VL-MF	Kartoffeln	Erhebung nicht sinnvoll			
2008	GM-V	Winterweizen	Erhebung nicht sinnvoll			
	VL-GB + VL-MF	Erbsen	9,96 a	12,2 a	10,6 a	7,36 a
2009	GM-V + VL-GB + VL-MF	Winterroggen	26,4 a	17,9 a	12,3 a	28,8 a

Innerhalb der Zeilen unterscheiden sich Mittelwerte mit ungleichen Buchstaben signifikant (Tukey-Test,  $\alpha = 0,05$ ).

P30 = Krumentiefe Bearbeitung mit Pflug ZP30/15 = Zweischichtenpflug

P15 = Maximale Bearbeitungstiefe 15 cm SR30/15 = Schichtengrubber + Rotoreggee

Im Hinblick auf die Bodenbearbeitungssysteme (Tab. 4) konnten aufgrund der zahlreichen Nullwerte lediglich im Jahr 2004 signifikante Unterschiede, und zwar der höchste Besatz in SR30/15, festgestellt werden (nicht signifikant gegenüber P30). Zum Ende der 1. Rotation wurde

ein verstärktes Auftreten von *C. arvensis* (L.) Scop. im pfluglosen System SR30/15 ermittelt. Dagegen konnte dieser Anstieg in der 2. Rotation nicht bestätigt werden. Vielmehr fallen relativ hohe Werte für P30 auf, insbesondere gegenüber ZP30/15 und P15. Dies ist bemerkenswert, weil in der 1. Rotation für P30 stets niedrige Werte ermittelt wurden.

**Tab. 5** Phytomasse von Beikräutern im Luzerne-Kleegras und im Stroh der Druschfrüchte (dt TM ha<sup>-1</sup>) und die Wuchshöhe der Spätverunkrautung in Kartoffeln (cm) in Abhängigkeit von den Systemen der Bodenbearbeitung.

**Tab. 5** Phytomass of the weeds (dt DM ha<sup>-1</sup>) in alfalfa-grass and in the straw of grain crops and height of late weed infestation in potatoes (cm) dependent on the systems of soil tillage.

Jahr	Betriebssysteme	Hauptfrüchte Anbaujahr	im	Bodenbearbeitungssysteme			
				P30	ZP30/15	P15	SR30/15
2004	GM-V	Luzerne-Kleegras		2,35 a	2,48 a	3,28 a	2,74 a
	VL-GB + VL-MF	Hafer		0,20 ab	0,49 a	0,14 b	0,44 ab
2005	GM-V + VL-GB	Luzerne-Kleegras		2,11 a	2,06 a	1,85 a	1,77 a
	VL-MF	Ackerbohnen		0,42 a	1,28 a	0,33 a	0,44 a
2006	GM-V + VL-GB + VL-MF	Winterweizen 1)	GM-V	0,05 b	0,62 b	0,26 b	1,51 a
			VL-GB	0,09 b	0,54 b	0,21 b	1,51 a
			VL-MF	0,49 a	1,32 a	0,12 a	0,32 a
2007	GM-V + VL-GB + VL-MF	Kartoffeln		24,8 a	24,1 a	24,7 a	24,4 a
2008	GM-V	Winterweizen		0,09 a	0,11 a	0,18 a	0,24 a
	VL-GB + VL-MF	Erbsen		6,20 b	9,45 a	8,66 ab	10,5 a
2009	GM-V + VL-GB + VL-MF	Winterroggen 1)	GM-V	0,22 ab	0,10 b	0,23 ab	0,51 a
			VL-GB	0,06 a	0,05 a	0,17 a	0,81 a
			VL-MF	0,69 a	1,28 a	0,45 a	0,23 a

1) Signifikante Wechselwirkungen Betriebssystem x Bodenbearbeitungssystem

Innerhalb der Zeilen unterscheiden sich Mittelwerte mit ungleichen Buchstaben signifikant (Tukey-Test,  $\alpha = 0,05$ ).

P30 = Krumentiefe Bearbeitung mit Pflug ZP30/15 = Zweischichtenpflug

P15 = Maximale Bearbeitungstiefe 15 cm SR30/15 = Schichtengrubber + Rotoregge

Die beschriebenen Parameter Deckungsgrad und Artenspektrum der Begleitflora charakterisieren die Konkurrenzwirkung der Beikräuter auf die Kulturpflanzen in einem relativ frühen Wachstumsstadium. Dagegen erlaubt die Menge an oberirdischer Phytomasse der Beikräuter zum Erntezeitpunkt der Hauptfrüchte Rückschlüsse zu den Konkurrenzbeziehungen, besonders in späteren Wachstumsphasen. Dabei kann der Beikrautanteil im Getreide- und Körnerleguminosenstroh als ein sehr aussagekräftiger Konkurrenzindikator angesehen werden, weil besonders die hochwachsenden Beikräuter mit einem großen Massenwachstum erfasst werden. In Tab. 5 sind die oberirdischen Phytomassen der Segetalflora im Luzerne-Kleegras und im Stroh der Druschfrüchte aufgeführt. Die Spätverunkrautung in Kartoffeln ist in Form der Wuchshöhe erfasst.

Neben den dargestellten absoluten Beikrautmassen sind die Anteile am Gesamtertrag bei Luzerne-Kleegras bzw. die Anteile am Strohertrag bedeutend.

Die Beikrautanteile im Luzerne-Kleegras im Jahr 2004 betragen mit 2,35 bis 3,28 dt TM ha<sup>-1</sup> bzw. 1,77 bis 2,11 dt TM ha<sup>-1</sup> im Jahr 2005 lediglich 1,8 % respektive 1,9 % vom Gesamtertrag. Diese sehr geringen Mengen sind kaum als nachteilig für die Ertragsbildung zu bewerten. Auch im Stroh des Winterweizens 2008 (0,09 bis 0,24 dt TM ha<sup>-1</sup>) mit durchschnittlich 0,3 % und des Winterroggens 2009 (0,05 bis 1,28 dt TM ha<sup>-1</sup>) mit durchschnittlich 0,7 % am Gesamtstrohertrag wurden nur wenige Begleitpflanzen registriert. Die Spätverunkrautung in 2007 übte insofern keinen Einfluss auf die Ertragsbildung der Kartoffeln aus, da der Kulturpflanzenbestand aufgrund feuchter Witterung schon in der ersten Julidekade abgestorben war.

Deutlich höhere Wildkrautanteile wurden lediglich im Jahr 2008 in der Sommerung Erbse (6,20 bis 10,5 dt TM ha<sup>-1</sup>) mit durchschnittlich 33,3 % am Gesamtstrohertrag ermittelt. Hinsichtlich der Betriebssysteme ergab sich 2004 im Hafer eine signifikant höhere Beikrautmasse im reinen Marktfruchtensystem VL-MF als in VL-GB (nicht dargestellt). Bezüglich der Bodenbearbeitungsvarianten wurde im gleichen Jahr in ZP30/15 mehr Wildkrautmasse als in P15 festgestellt. In 2006 wurden bei signifikanten Wechselwirkungen zwischen Betriebssystem und Bodenbearbeitung in GM-V und VL-GB jeweils die höchsten Werte in der pfluglosen Variante SR30/15 ermittelt. Auf insgesamt sehr hohem Niveau in 2008 bei Hafer wies das System P30 einen signifikant niedrigeren Wert als ZP30/15 und SR30/15 auf.

## Diskussion

Aus Sicht des Umweltschutzes ist eine hohe Diversität von Flora und Fauna auch auf landwirtschaftlich genutzten Flächen wünschenswert. Nach v. ELSÉN *et al.* (2011) gelten Agrarökosysteme jedoch als die am stärksten vom quantitativen und qualitativen Artenverlust betroffenen Biotoptypen. In diesem Zusammenhang sprechen sie von der „Nektarwüste Getreidefeld“. Infolgedessen sei auch die Tierwelt der Äcker stark zurückgegangen.

Im Feldversuch Gladbacherhof wurde, im Vergleich zu konventionellen „Schadschwellen“ (BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT 2011; GERHARDS, 2010), häufig ein niedriges Niveau des Beikraut-Deckungsgrads und der Abundanz der Begleitpflanzen ermittelt. Negative Effekte der Segetalflora auf das Ertragsniveau der Kulturpflanzen können weitgehend ausgeschlossen werden. Dies wurde in früheren Beiträgen dargelegt (z. B. SCHULZ *et al.*, 2009). Es traten kaum Differenzierungen durch die Betriebssysteme auf. Insgesamt kann die „Ackerwildkraut-Vegetation als floristisch stark verarmt“ bezeichnet werden, wie v. ELSÉN und HOTZE (2008) sie auch für einen intensiv ökologisch bewirtschafteten nordhessischen Standort beschreiben. Dabei ist die Stetigkeit einzelner Arten, z. B. *S. media* L. (Vogel-Sternmiere) oder *V. persica* Poir. (Persischer Ehrenpreis), hoch, aber deren Deckungsgrad zum Zeitpunkt der Bonituren gering. Mit keinem der untersuchten Betriebssysteme gelingt es jedoch seltene Pflanzenarten, die von HOFMEISTER und GARVE (2006) als gefährdet oder vom Aussterben bedroht eingestuft werden, zu fördern.

Im Allgemeinen wird auf ökologisch bewirtschafteten Ackerflächen eine artenreichere Segetalflora als auf konventionellen erwartet (v. ELSÉN, 1996). Im Dauerfeldversuch Gladbacherhof wird aber ein



gewisses Dilemma auch der ökologischen Landbausysteme deutlich: Einerseits sind Pflanzen der Ackerbegleitflora erwünscht, andererseits wird eine intensive Beikrautregulierung durchgeführt, die das Förderungspotential von Flora und Fauna stark einschränkt. Innerhalb der einzelnen Fruchtfolgen ist jedoch eine Fluktuation des Arteninventars der Segetalflora feststellbar. Üblicherweise wird nach Luzerne-Kleegras mit einer geringeren Individuenanzahl an Ackerwildkräutern und mit weniger blühenden Individuen als nach anderen Feldfrüchten gerechnet. SPRENGER (2005) begründet dies u.a. mit der allelopathischen Wirkung der Pflanzenrückstände. Auch durch die häufige Schnittnutzung kommen Begleitpflanzen nicht zur Blüte. Gerade die Gemenge aus *M. sativa* und *Poaceen* in den Betriebssystemen Gemischtbetrieb mit Viehhaltung GM-V und viehloser Betrieb mit Grünbrache VL-GB würden aber die Möglichkeit zur Etablierung seltener Wildpflanzen bieten, deren Samen in die Saatgutmischung aufgenommen werden könnten. Dies würde jedoch seltenere Nutzungstermine bedingen, damit sowohl Nutz- als auch Begleitpflanzen zur Blüte gelangen. Dadurch könnten insbesondere auch Bodenbrüter gefördert werden. Im System mit Viehhaltung GM-V gehen späte Schnitttermine allerdings mit geringeren Grundfutterqualitäten einher. Hier tritt also ein Zielkonflikt zwischen Ökonomie und Ökologie auf.

In den Richtlinien des Anbauverbandes GAA ist aufgeführt, dass „eine harmonische Begleitflora die Entwicklung der Kulturpflanzen und die Entwicklung einer artenreichen Flora und Fauna begünstigen kann“ (GAA, 2012). Trotzdem ist im Ökologischen Landbau der tief wendende Pflug das vorherrschende Gerät der Grundbodenbearbeitung, obwohl das Prinzip des „reinen Tisches“ der Förderung von Blühpflanzen entgegensteht. Falls sich im Dauerfeldversuch Gladbacherhof hinsichtlich der Beikraut-Deckungsgrade Differenzierungen durch die Bodenbearbeitung ergaben, wies das System P30 (tief wendender Pflug) in der Regel die niedrigsten, das pfluglose System SR30/15 die höchsten Werte auf. Gleiches gilt für die Anzahl der Beikräuter.

Auch in den Untersuchungen von SPRENGER und BELDE (2003) zu den Einflüssen einer differenzierten Primärbodenbearbeitung zählen *G. aparine* L. (Klettenlabkraut) und *V. persica* Poir. (Persischer Ehrenpreis) zu den stetigsten Arten. Einen signifikanten Einfluss auf die populationsbiologischen Parameter Diasporendichte, Individuendichte, Anzahl der blühenden Individuen und oberirdische Phytomasse übte die Bodenbearbeitung jedoch nicht aus (SPRENGER, 2005). Allerdings wurde in diesem Versuch lediglich in 2 Jahren der untersuchten 7-feldrigen Fruchtfolge auf die wendende Pflugarbeit verzichtet.

EYSEL *et al.* (2001) stellen für einen Bodenbearbeitungsversuch in Rheinland-Pfalz fest, dass seltene oder gefährdete Arten der Segetalflora niedrige Frequenzen aufweisen. Die unterschiedlichen Varianten der Bodenbearbeitung hatten auch hier keinen Einfluss.

*C. arvensis* (L.) Scop. (Ackerkratzdistel) ist ein ausdauerndes Wurzelunkraut, das sich, wenn es erst etabliert ist, im Ökologischen Landbau nur schwer wieder zurückdrängen lässt (DIERAUER *et al.*, 2004). Nach mechanischen Verletzungen durch ackerbauliche Maßnahmen reagiert es häufig mit einem verstärkten Wurzel- und Sprossaustrieb. Daher ist es ein gefürchtetes Unkraut gerade bei der Umstellung auf ein pflugloses Bodenbearbeitungssystem. Im Feldversuch Gladbacherhof kam es dagegen im Laufe der Jahre zu einer Abnahme von *C. arvensis* (L.) Scop. in dem System ohne Bodenwendung.

Außerdem überlagern die Auswirkungen einer intensiven mechanischen Beikrautregulierung offensichtlich die Effekte der verschiedenen Bodenbearbeitungssysteme. Nach v. ELSSEN (1996) resultieren diese mechanischen Eingriffe in einer Verarmung und einer Vereinheitlichung der Ackerwildkraut-Vegetation.

Für den praktischen Landwirt steht in der Regel die direkte oder befürchtete negative Ertragswirksamkeit der Segetalflora im Vordergrund. Aus Sicht des Artenschutzes ergeben sich somit nur geringe Vorteile durch eine reduzierte Intensität der Bodenbearbeitung.

## Literatur

- BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (Hg.), 2011: Integrierter Pflanzenschutz, Leitunkräuter in Getreide. Online verfügbar unter: [http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/merkblaetter/p\\_40353.pdf](http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/merkblaetter/p_40353.pdf), zuletzt geprüft am 02.12.2013.
- DIERAUER, H.-U., U. EBERT und B. JOREK, 2004: Ackerkratzdistel. Erfolgreich regulieren im Ökologischen Landbau; Ausgabe Deutschland. Mainz: Bioland-Verlag (Merkblatt / FiBL, Bioland; KÖN).
- ELSEN VAN, T., 1996: Wirkungen des Ökologischen Landbaus auf die Segetalflora. In: Diepenbrock, W. (Hg.): Langzeiteffekte des Ökologischen Landbaus auf Fauna, Flora und Boden. Beiträge der wissenschaftlichen Tagung am 25.04.1996 in Halle/Saale; Zwischenbericht: Berichtszeitraum 1994/1995; ein Projekt der Boco-Stiftung. Halle: Institut für Acker- und Pflanzenbau, S. 143 – 152.
- ELSEN VAN, T. und C. HOTZE, 2008: Die Integration autochthoner Ackerwildkräuter und der Kornrade in Blühstreifenmischungen für den Ökologischen Landbau. In: Journal of Plant Diseases and Protection, Special Issue **XXI**, 373 – 378.
- ELSEN VAN, T., S. MEYER, F. GOTTWALD, S. WEHKE, C. HOTZE, M. DIETRICH, B. BLÜMLEIN, J. METZNER und C. LEUSCHNER, 2011: Ansätze zur nachhaltigen Sicherung der botanischen Artenvielfalt auf Schutzäckern – eine Aufgabe für Biobetriebe. In: Leithold, G.; Becker, K.; Brock, C.; Fischinger, S.; Spiegel, A.-K.; Spory, K.; Wilbois, K.-P.; Williges, U. (Hg.): Beiträge zur 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Gießen, 16. – 18. März 2011. Berlin: Köster, Bd. 1, S. 173 – 176. Online verfügbar unter: <http://orgprints.org/17674/>, zuletzt geprüft am 16.10.2013.
- EYSEL, G., U. HAMPL und H. KARRASCH, 2001: Vegetationsökologische Effekte wendender und nicht wendender Bodenbearbeitung im Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung (PÖB). In: Reents, H. J. (Hg.): Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Freising, 6. – 8. März 2001. Berlin: Köster, S. 217 – 220.
- GÄA, 2012: Gää-Richtlinien Erzeugung. Gää e.V. Vereinigung ökologischer Landbau. Stand 12/2012, Dresden. [http://gaae.de/userfiles/file/Richtlinien/richtlinien\\_erzeugung.pdf](http://gaae.de/userfiles/file/Richtlinien/richtlinien_erzeugung.pdf), zuletzt geprüft am 17.10.2013.
- GERHARDS, R., 2010: Konkurrenz zwischen Unkraut und Kulturpflanzen. Online verfügbar unter: [https://turbo.uni-hohenheim.de/other/lehre0910/Gerhards\\_Konkurrenz.pdf](https://turbo.uni-hohenheim.de/other/lehre0910/Gerhards_Konkurrenz.pdf), zuletzt geprüft am 26.11.2010.
- HOFMEISTER, H. und E. GARVE, 2006: Lebensraum Acker. Remagen: Verlag Kessel, S. 291.
- SCHULZ, F., C. BROCK und G. LEITHOLD, 2009: Effekte unterschiedlicher Systeme der Grundbodenbearbeitung auf Erträge und Beikraut im Dauerfeldversuch Gladbacherhof. In: Mayer, J.; Alföldi, T.; Leiber, F. (Hg.): Beiträge zur 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Zürich, 11. – 13. Februar 2009. Berlin: Köster, Bd. 1, S. 22 – 25. Online verfügbar unter: <http://orgprints.org/14272/>, zuletzt geprüft am 16.10.2013.
- SCHULZ, F., 2012: Vergleich ökologischer Betriebssysteme mit und ohne Viehhaltung bei unterschiedlicher Intensität der Grundbodenbearbeitung. Dissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen. Giessener Schriften zum Ökologischen Landbau 5, Verlag Dr. Köster, Berlin. Online verfügbar unter: <http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2012/9058/>, zuletzt geprüft am 16.10.2013.
- SPRENGER, B., 2005: Auswirkungen reduzierter Bodenbearbeitung und Vorfrucht auf die Unkrautvegetation. In: Heß, J. (Hg.): Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Kassel, 1. – 4. März 2005. Kassel: Kassel Univ. Press, S. 23 – 26. Online verfügbar unter: <http://orgprints.org/3817/>, zuletzt geprüft am 16.10.2013.
- SPRENGER, B. und M. BELDE, 2003: Auflaufraten von Ackerwildpflanzen auf ökologisch bewirtschafteten Flächen des Forschungsverbundes Agrarökosysteme München (FAM). In: Freyer, B. (Hg.): Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Wien, 24. – 26. Februar 2003. Wien: Universität für Bodenkultur Institut für Ökologischen Landbau, S. 533 – 534. Online verfügbar unter: <http://orgprints.org/1456/>, zuletzt geprüft am 16.10.2013.