

Langzeiteffekt der Umstellung auf Ökologischen Landbau auf den Diasporenvorrat der Segetalflora (Untersuchungen im Ökohof Seeben, 1994 bis 2011)

Long-term effects of conversion to organic farming on the weed seed bank (Investigations on the Ökohof Seeben, 1994-2011)

Christian Wittmann*, Arne Petruschke und Olaf Christen

Universität Halle, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, 06099 Halle (Saale)

*Korrespondierender Autor, christian.wittmann@landw.uni-halle.de



DOI 10.5073/jka.2014.443.057

Zusammenfassung

Der langfristige Anpassungsprozess der Segetalflora an die extensivierte Flächennutzung durch Ökologischen Landbau wird für einen ca. 350 ha großen, vom Ökohof Seeben einheitlich bewirtschafteten Landschaftsausschnitt im Mitteldeutschen Trockengebiet dokumentiert. An ortskonstanten Beobachtungspunkten wurden die Diasporenvorräte im Anschluss an eine zweijährige Umstellungsphase in den Jahren 1994, 1996 und 1998 sowie 2004 und 2011 erfasst. Die Bestimmung der Vorräte erfolgte mittels Auskeimungsmethode für 20 Beobachtungspunkte mit je vier Teilflächen. Umfang, Zusammensetzung und Struktur der beobachteten Diasporenvorräte weisen für jeden Beobachtungsstandort eine ausgeprägte zeitliche Dynamik auf. Allgemein steigt der Umfang der Diasporenvorräte während der betrachteten 18 Jahre von 17.420 auf 33.200 Diasporen qm^{-2} stetig an. Von 1994 bis 2011 sind Diasporen von insgesamt ca. 80 Arten nachzuweisen. Mit zunehmender Dauer des Ökologischen Landbaus treten standorttypische Segetalarten (*Consolida regalis* u.a.) wieder vermehrt auf. Zwei Drittel des Gesamt-Diasporenvorrats bilden jedoch acht ubiquitäre Arten. Ihre Anteile ändern sich in unterschiedlichem Ausmaß. Die resultierenden Dominanzverhältnisse zeigen dabei zwischen den Zeitabschnitten nur geringe Veränderungen. 1994 liegt der Evenness-Wert bei 0,70 und 2011 bei 0,73. Anhand von Massengemeinschaftskoeffizienten werden deutliche Unterschiede zwischen den Diasporenvorräten der Beobachtungsflächen sichtbar. Die Variation zwischen den einzelnen Beobachtungsstandorten ist wesentlich höher als die zeitabhängigen Veränderungen. Im untersuchten Agrarraum – dessen Böden durchweg gute Ertragsfähigkeit aufweisen – bleibt die auch vor der Bewirtschaftungsumstellung existente Standortdifferenzierung der Segetalflora erhalten.

Stichwörter: Diasporenvorrat, Dauerflächen, Langzeitbeobachtung, Ökologischer Landbau

Abstract

Long term adaptation of weed flora to extensive land use (organic farming) was analysed. 350 acres were equally managed by Ökohof Seeben in central German dry region. At permanent observation points seed banks were investigated in 1994, 1996 and 1998 as well as in 2004 and 2011 after a two-year transition period. The determination of seed banks was carried out by using greenhouse emergence assay for 20 observation points, each with 4 subplots. Size, composition and structure of the observed seed banks showed distinct time-dependent changes for each site. Seed bank density rose from 17,420 to 33,200 seeds qm^{-2} during the 18 year observation period. From 1994 to 2011 seeds of approximately 80 species were detected. As organic farming continued site-typical weed species (e.g. *Consolida regalis*) increased in number. However, two-thirds of the total seed bank consisted of eight ubiquitous species. Their proportion changed to varying degrees. The resulting dominance relationships showed only minor changes over time. In 1994 and 2011 the evenness value was at 0.70 and 0.73, respectively. By use of mass community coefficients distinctly differences between the seed banks of the different plots were found. The variation between the observation points is substantially greater than the time-dependent changes. In the examined area – of which soils show consistently good yield capacity – the location differentiation of weed flora that existed before introduction of organic farming is maintained.

Keywords: Long-term study, organic farming, permanent plots, weed seedbank

Einleitung

Bei konventionell-intensiver Flächennutzung ist allgemein die Uniformierung und eine floristische Verarmung von Agrarflächen festzustellen (HILBIG und BACHTHALER, 1992). Der Ökologische Landbau wird dagegen als Chance zur Erhaltung bzw. Regeneration einer hohen biologischen Diversität angesehen (KÖPKE, 2002). Unkräuter sind wichtige Bestandteile der Agroökosysteme. Gleichzeitig

ist die Verhinderung von Schädwirkungen des Unkrautaufretens für eine landwirtschaftliche Ertragssicherung unerlässlich. Sowohl aus landwirtschaftlicher Sicht, als auch aus Sicht eines Arten- und Biotopschutzes erscheint es daher sinnvoll, die bei einer entsprechenden Bewirtschaftungsumstellung eintretenden Veränderungen zu erfassen und zu analysieren (BISCHOFF und MAHN, 1994).

In Mittel- und Ostdeutschland haben sich seit den 1990iger Jahren zahlreiche, nach den Regeln des Ökologischen Landbaus wirtschaftende Betriebe etabliert. Betriebsgrößen und die Größen der Schlägeinheiten dieser Betriebe übersteigen die zuvor im Ökologischen Landbau üblichen Dimensionen. In der Regel wurden die umgestellten Flächen zuvor konventionell-intensiv genutzt. Die im Mitteldeutschen Agrarraum betroffenen Standorte weisen häufig eine hohe Ertragsfähigkeit auf. Der Anpassungsprozess der Segetalflora an den Ökologischen Landbau wird durch diese Produktions- und Standortbedingungen bestimmt. Untersuchungen zur Entwicklung der Segetalflora nach Umstellung auf Ökologischen Landbau liegen unter anderem für einen bayerischen Standort von ALBRECHT (2008) und von NEUMANN *et al.* (2005) für die Bedingungen in Schleswig-Holstein vor.

Die Anpassung etablierter Pflanzengemeinschaften an geänderte Bewirtschaftungsbedingungen erfordert ausreichend lange Zeiträume. Sie sind Resultat eines hochkomplexen Wirkungsgefüges zwischen den etablierten Pflanzengemeinschaften, den Standort- und Witterungsbedingungen, den angebauten Fruchtarten und der konkreten Gestaltung der Anbauverfahren. Mit dem Ziel einer langfristigen Dokumentation der Wirkung des Ökologischen Landbaus auf die Segetalflora zuvor konventionell genutzter Flächen, erfolgen im Raum Seeben seit 1994 kontinuierlich Aufnahmen zum Unkrautaufretens. Die Resultate der Erhebungen zu den Diasporenvorräten sollen hier im Überblick dargestellt werden.

Material und Methoden

Das Untersuchungsgebiet ist ein Agrarraum im nördlichen Randbereich der Stadt Halle (Saale). Hier sind wenig gegliederte, große ebene Ackerflächen mit hoher Ertragsfähigkeit landschaftsprägend. In seinem westlichen Teil umfasst das Gebiet jedoch auch einen reicher strukturierten, hügeligen Landschaftsteil. Klimatisch wird der Agrarraum mit Jahresniederschlägen zwischen 450 und 500 mm dem Mitteldeutschem Trockengebiet zugerechnet. Neben den im Wesentlichen vorkommenden z.T. degradierten (Norm-)Tschernosemen und Braunerde-Tschernosemen existieren auf verhältnismäßig engem Raum nebeneinander weitere Bodentypen (Rendzina, Parabraunerde, Pelosol und Gley). Die Untersuchungen erfolgen auf Ackerflächen die insgesamt ca. 350 ha umfassen. Ihre Nutzungsgeschichte ist unterschiedlich. Ein Teil der Flächen wurde bis 1992 obstbaulich genutzt. Auf einzelnen langjährig ackerbaulich genutzten Flächen erfolgte konzentrierter Futterbau. Seit 1994 werden die Ackerflächen einheitlich durch den, überwiegend auf Marktfruchtanbau ausgerichteten, Ökohof Seeben genutzt. Die durchschnittlichen Anbauverhältnisse während der Untersuchungsabschnitte sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Zwischen den einzelnen Schlägen bestehen jedoch z.T. deutliche Unterschiede.

Die Beobachtung der Diasporenvorräte erfolgte auf 20 im Gelände verteilten, ortstreu eingemessenen, 100 m² großen Flächen. Je Beobachtungsstandort wurden 4 Teilflächen zu jeweils 25 m² getrennt erfasst (8 Einstiche mit einem 3,5 cm-Bohrer und 30 cm Tiefe). Eine erste Beprobung der Beobachtungspartellen fand im Frühjahr 1994 statt. Alle weiteren Probenahmen wurden im Spätherbst (November/Dezember) durchgeführt. Im ersten Untersuchungsabschnitt erfolgten sie in Zweijahres-Intervallen 1994, 1996 und 1998, im Weiteren dann in den Jahren 2004 und 2011. Es ergeben sich nach dem Aussetzen der konventionellen Bewirtschaftung im Jahr 1992 so drei vergleichbar lange Zeitabschnitte von sechs bzw. sieben Anbaujahren. Der Diasporengehalt der Proben wurde durch Registrierung aller aufgelaufenen Pflanzen, des in Keimschalen angesetzten Bodenmaterials (Kultivierungsmethode), bestimmt (WITTMANN und HINTZSCHE, 2000).

Tab. 1 Durchschnittliche Anteile einzelner, nach ihrer Bedeutung für das Unkrautauftreten gruppierter, Fruchtarten auf den Beobachtungsparzellen.

Tab. 1 Average percentage of individual crops on the observation plots, grouped according to their importance for the occurrence of weed.

Fruchtartengruppe	1992-1998	1999-2004	2005-2011	Gesamtzeitraum
Mehrschnittige Fruchtarten & Brachen	26,4 %	19,2 %	9,3 %	18,2 %
Sommerungen (Getreide & Blattfrüchte)	37,9 %	35,0 %	30,7 %	35,0 %
Hackfrüchte (Aussaat ab Mai)	2,7 %	9,2 %	7,1 %	6,8 %
Winterungen (Getreide & Blattfrüchte)	30,0 %	36,7 %	52,9 %	40,0 %

Je Erfassungstermin standen 80 Datensätze zur Verfügung. Prüfungen des zeitlichen Einflusses auf die Diasporenvorräte erfolgten mit dem Friedman-Test. Unterschiede zwischen den Erfassungsterminen wurden durch multiple Zwei-Gruppen-Vergleiche mit dem Wilcoxon-Mann-Whitney-Test, einschließlich Korrektur nach der Bonferroni-Methode, ermittelt ($p \leq 0,05$). Bei der rechenstechnischen Umsetzung und der Erstellung der Grafiken kam die Statistiksoftware R 3.0.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2013) zum Einsatz.

Ergebnisse

Der im Rahmen der vorliegenden Arbeit früheste Zeitpunkt der Erfassung der Diasporenvorräte liegt am Ende der Umstellungsphase auf Ökologischen Landbau. Vor und während der Bewirtschaftungsumstellung sind die Diasporenvorräte nicht dokumentiert. Die Werte der Erstbeobachtung vom Frühjahr 1994 spiegeln jedoch die Bedingungen der vorangegangenen Vegetationsperioden wider. Diese und die nach der Ernte 1994 ermittelten Diasporenvorräte dienen als Vergleichsbasis für die Beobachtung der Entwicklung des Diasporenpotentials.

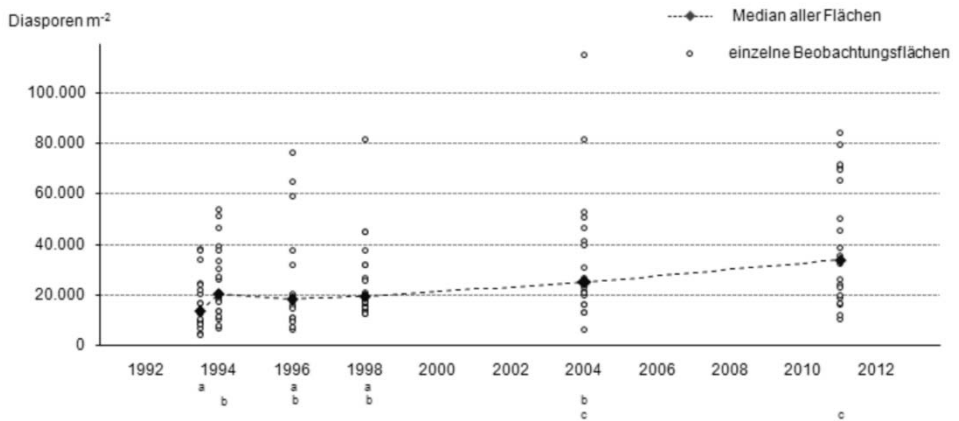


Abb. 1 Diasporenvorräte der Beobachtungsflächen in Abhängigkeit von der Dauer der Bewirtschaftung durch Ökologischen Landbau (Termine mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant bei $p \leq 0,05$).

Fig. 1 Seedbank on the sampling plots depending on the duration of organic farming (Dates with similar letters are not significantly different at $p \leq 0.05$).

Während des Gesamtuntersuchungszeitraums sind auf den beobachteten Flächen Diasporengehalte von minimal 2.990 Diasporen m^{-2} bis zu maximal 122.460 Diasporen m^{-2} zu registrieren. Mit Fortdauer der Flächennutzung durch den Ökologischen Landbau steigt der Diasporenvorrat deutlich an. Von 17.420 Diasporen m^{-2} (Median Frühjahr und Herbst 1994)

unmittelbar nach der Umstellungsphase verdoppelt sich die Diasporendichte auf 33.200 Diasporen m⁻² im Jahr 2011. Beim Vergleich der Zeitabschnitte sind jedoch nur die Unterschiede zwischen den Diasporenvorräten der Erfassungstermine bis 1998 und dem des Jahres 2011 statistisch zu sichern.

Die zeitlich enge Erfassung der Diasporenvorräte im ersten Untersuchungsabschnitt macht eine ausgeprägte Fluktuation der Diasporendichten sichtbar (Abb. 1). Der geringste Diasporenvorrat ist am ersten Erfassungstermin, im Frühjahr 1994 zu registrieren. Nach der Ernte 1994 übersteigt die ermittelte Diasporendichte alle weiteren bis zum Jahr 1998 gemessenen Werte. 1996 ist die Diasporendichte wieder geringer als im Herbst 1994. Ab diesem Zeitpunkt wächst sie dann aber kontinuierlich an. Die Diasporendichten dieses Untersuchungsabschnittes unterscheiden sich, abgesehen von der des Frühjahrs 1994, statistisch jedoch nicht vom Umfang des nach Ablauf des zweiten Sechs-Jahresabschnittes im Jahr 2004 vorhandenen Diasporenvorrates. Erst die Diasporendichte nach 20 Jahren extensivierter Flächennutzung ist signifikant höher als die des ersten Untersuchungsabschnittes.

Mit ansteigender Diasporendichte wird auch die Differenzierung der Diasporenvorräte zwischen den Beobachtungspartellen größer. Zu allen Erfassungszeitpunkten ist die weite Streuung der Diasporendichten zwischen den einzelnen Beobachtungspartellen auffällig. Die mittleren absoluten Abweichungen (MAD) stehen in ähnlichen Verhältnissen zueinander, wie die Diasporendichten. Auch hier ist die MAD-Standardabweichung der Diasporendichten im Jahr 2011 mit 24.767 Diasporen m⁻² in etwa doppelt so hoch, wie die vom Frühjahr und Herbst 1994 mit 11.757 Diasporen m⁻².

Über den gesamten Untersuchungszeitraum betrachtet, setzen sich die Diasporenvorräte zu zwei Dritteln aus den Arten *Chenopodium album*, *Papaver rhoeas*, *Amaranthus retroflexus*, *Stellaria media*, *Thlaspi arvense*, *Lamium spec.*, *Tripleurospermum perforatum* und *Capsella bursa-pastoris* zusammen. Der Umfang des Diasporenvorrates dieser Arten variiert sowohl im zeitlichen Verlauf, als auch zwischen den Beobachtungsstandorten. Unter den Dominanzarten zeigt besonders *A. retroflexus* einen Schwerpunkt seines Auftretens am Beginn des Untersuchungszeitraums. Die Samenvorräte von *T. perforatum*, *P. rhoeas* und die *Lamium*-Arten erreichen dagegen 2011 ihre höchsten Dichtewerte.

In Tabelle 2 sind die Stetigkeit des Auftretens und die Mediane der Diasporendichten der Segetalarten, die mindestens an einem Erfassungstermin auf über 50 % der Beobachtungsflächen vorkommen bzw. die in mindestens einem Fall eine Diasporendichte über 10.000 Diasporen m⁻² erreichen, zusammengestellt. Die zum Teil geringen Dichten-Mediane der aufgelisteten Arten spiegeln die Heterogenität im Arteninventar der Diasporenvorräte wider. Kommt eine Art nur auf weniger als der Hälfte der Beobachtungsflächen vor, dann liegt der Dichte-Median vollständig bei null. Auf einzelnen Beobachtungsstandorten können diese Arten dennoch hohe Diasporendichten aufweisen. Zu den Differenzen zwischen den Beobachtungsflächen tragen neben den als Hauptarten ausgewählten Diasporen weitere Arten bei. Wie *A. retroflexus*, *Echinochloa crus-galli* oder *Solanum nigrum* weisen so auch *Chenopodium hybridum*, *Galinsoga parviflora* und *Senecio vulgaris* am Beginn der Bewirtschaftung durch den Ökologischen Landbaus vergleichsweise hohe Diasporenvorräte auf. Diese stickstoff- und wärmeliebenden Unkräuter kommen hier mit Schwerpunkt auf den Flächen mit obstbaulicher Vornutzung vor. Ihr Rückgang kann daher nur zum Teil der Extensivierung der Bewirtschaftung zugerechnet werden. Das zu registrierende Ansteigen der Diasporenvorräte von *T. perforatum*, *P. rhoeas*, den *Lamium*-Arten oder *Veronica hederifolia* 2011 ist gleichfalls nicht von der Änderung des Anbauspektrums zu trennen. Im Zeitraum 2004-2011 ist der Winterungsanteil der Fruchtfolgen deutlich höher, als in den davorliegenden Zeiträumen.

Tab. 2 Stetigkeit des Vorkommens und Mediane der Diasporendichten der im Untersuchungsgebiet registrierten Hauptarten.

Tab. 2 Continuity of occurrence and medians of seed densities of the main species recorded in the study area.

Segetalarten *	1994 (Frühj.)		1994		1996		1998		2004		2011	
	Stetigkeit (%)	Dichte (m ⁻²)	Stetigkeit (%)	Dichte (m ⁻²)	Stetigkeit (%)	Dichte (m ⁻²)	Stetigkeit (%)	Dichte (m ⁻²)	Stetigkeit (%)	Dichte (m ⁻²)	Stetigkeit (%)	Dichte (m ⁻²)
<i>Chenopodium album</i>	93,8	1.170	100,0	2.340	100,0	1.755	96,3	5.915	97,5	4.940	100,0	3.900
<i>Stellaria media</i>	95,0	1.430	97,5	1820	100,0	2.210	93,8	1.690	97,5	1.560	87,5	1.560
<i>Thlaspi arvense</i>	82,5	260	92,5	520	95,0	650	77,5	1.690	86,3	2.210	93,8	2.080
<i>Lamium spec.</i>	73,8	195	87,5	325	93,8	715	72,5	650	92,5	1.560	93,8	1.820
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	95,0	260	76,3	130	88,8	390	62,5	1.040	66,3	260	78,8	780
<i>Polygonum aviculare</i>	88,8	195	81,3	130	73,8	260	53,8	390	63,8	260	42,5	
<i>Viola arvensis</i>	56,3	130	60,0	130	56,3	130	38,8	390	65,0	260	56,3	130
<i>Veronica spec.</i>	60,0	130	93,8	260	70,0	130	43,8		61,3	260	71,3	910
<i>Papaver rhoeas</i>	50,0	65	60,0	130	55,0	130	32,5		51,3	130	82,5	2.080
<i>Amaranthus retroflexus</i>	90,0	1.105	96,3	1.170	80,0	650	56,3	650	43,8		15,0	
<i>Tripleurospermum perforatum</i>	42,5		51,3	130	58,8	130	40,0		77,5	650	96,3	2.080
<i>Coryza canadensis</i>	63,8	130	68,8	130	65,0	130	83,8	1.040	11,3		7,5	
<i>Veronica hederifolia</i>	38,8		56,3	130	58,8	130	42,5		58,8	260	72,5	390
<i>Poa annua</i>	78,8	195	65,0	130	70,0	130	22,5		6,3		2,5	
<i>Apera spica-venti</i>	57,5	130	75,0	130	23,8		8,8		12,5		13,8	
<i>Echinochloa crus-galli</i>	41,3		68,8	130	36,3		26,3		26,3		13,8	
<i>Solanum nigrum</i>	36,3		61,3	130	46,3		18,8		16,3		1,3	
<i>Cirsium arvense</i>	10,0		13,8		27,5		12,5		63,8	130	30,0	
<i>Myosotis arvensis</i>	33,8		17,5		28,8		15,0		26,3		22,5	
<i>Persicaria maculosa</i>	31,3		35,0		21,3		22,6		17,5		13,8	
<i>Fumaria officinalis</i>	6,3		8,8		10,0		3,8		11,3		13,8	
<i>Arabidopsis thaliana</i>	21,3		31,3		20,0		2,4		3,8		17,5	
<i>Sisymbrium spec.</i>	7,1		7,5		17,5		13,8		8,8		20,0	
Anzahl registrierter Arten	49		60		56		51		51		57	

*Anordnung der Arten nach der Stetigkeit ihres Auftretens im Gesamt-Zeitraum

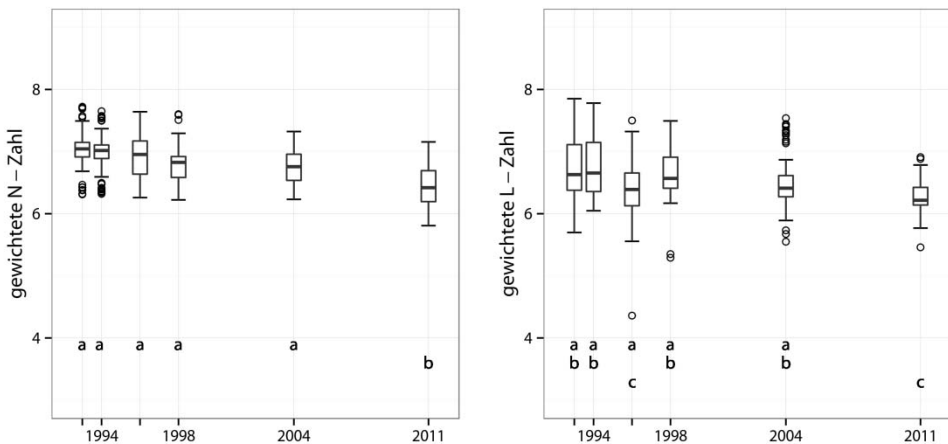


Abb. 2 Mediane mit Quartilen und Spannweiten für die gewichteten mittleren Stickstoff-Zahlen und die gewichteten mittleren Licht-Zahlen der Diasporenvorräte der Beobachtungsflächen in Abhängigkeit von der Dauer der Bewirtschaftung durch Ökologischen Landbau (Termine mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant bei $p \leq 0,05$).

Fig. 2 Medians with quartiles and spans for the weighted mean N-number and weighted mean L-number of the seedbank on the plots depending on the duration of organic farming (Dates with similar letters are not significantly different at $p \leq 0.05$).

Zu den Arten, die nicht den ausgewählten Kriterien für die Hauptarten entsprechen, zählen u. a. *Silene noctiflora* und *Consolida regalis*. Für diese standorttypischen Arten sind mit zunehmender Dauer der ökologischen Bewirtschaftung sowohl eine ansteigende Stetigkeit ihres Auftretens, als auch zunehmende Diasporendichten festzustellen.

Ellenbergsche Zeigerwerte ermöglichen eine Beschreibung des Arteninventars der Beobachtungsflächen hinsichtlich seines ökologischen Verhaltens gegenüber dem Faktor Verfügbarkeit von pflanzenaufnehmbarem Stickstoff und gegenüber den Lichtverhältnissen (ELLENBERG *et al.*, 1992). Eine Gewichtung der Einzelarten nach der Diasporendichte reduziert hierbei den Einfluss einer unvollständigen, zufallsbeeinflussten Arterfassung bei der Bestimmung der Diasporenvorräte. Durch die Berechnung von Mittelwerten können Pflanzengemeinschaften in ihrer Gesamtheit bewertet werden. Die mittleren gewichteten N-Zahlen der Beobachtungsflächen gehen mit anhaltenden Ökologischen Landbau kontinuierlich zurück. Die Diasporenvorräte ändern sich somit zugunsten von Arten, die ein geringeres Stickstoffangebot vertragen. Statistisch bedeutsam wird die Veränderung der Diasporenvorräte mit dem zeitlichen Fortschritt jedoch erst zum Erfassungstermin 2011. Die Anpassung der Segetalflora an Änderungen des Lichtangebotes in den Beständen wird mit der L-Zahl indiziert. Sie schwankt innerhalb des Untersuchungszeitraumes ohne eindeutige Tendenz. Die Unterschiede zwischen einzelnen Erhebungszeitpunkten sind z.T. bedeutsam. Mehrheitlich setzten sich die Diasporenvorräte aus Pflanzenarten zusammen, deren ökologisches Verhalten zwischen dem von Halbschattenpflanzen und dem von Halblichtpflanzen einzuordnen ist.

Das zentrale Kriterium zur Beurteilung der Diversität (α -Diversität) einer Pflanzengemeinschaft ist die Anzahl der vorkommenden Arten. Die im Diasporenvorrat ermittelte Artenzahl entspricht erfassungsmethodisch bedingt nur der Anzahl der Arten, die eine Mindestdiasporendichte erreichen. Arten mit geringer Diasporendichte lassen sich nur mit sehr hohem Aufwand sicher erfassen. Zudem sind in der vorliegenden Untersuchung, auf Grund ihrer problematischen Bestimmbarkeit, *Lamium*-, *Veronica*- (ausgenommen *V. hederifolia*), *Vicia*-, *Sisymbrium*- und *Rumex*-Arten jeweils als Gruppe gezählt. Damit unterscheiden sich die ermittelten Artenzahlen des Diasporenvorrates von der Artenzahl üblicher vegetationskundlicher Erhebungen. Sie ist jedoch unabhängig von den, das Artaufreten beeinflussenden Auflaufbedingungen.

Im analysierten Probenmaterial wurden insgesamt ca. 80 Arten registriert. An den einzelnen Erfassungsterminen beträgt die Gesamt-Artenanzahl 49 bis 60 Arten. Die Mediane der Mittleren Artenzahlen der Beobachtungsflächen variieren im Untersuchungszeitraum von 11 bis 21 Arten je Aufnahmefläche. Sie sind in den ersten Jahren nach der Bewirtschaftungsumstellung bis zum Jahr 1996 höher als im weiteren Verlauf des Ökologischen Landbaus. Zwischen den Erfassungsterminen 1998, 2004 und 2011 existieren keine signifikanten Unterschiede der Mittleren Artenzahlen.

Zur Charakterisierung der Artendiversität ist neben der Artenanzahl, die Einbeziehung der Populationsdichten sinnvoll. Eine numerische Beschreibung von Pflanzengemeinschaftsstrukturen ist mit der Evenness, dem Verhältnis des Shannon-Indexes zum Maximalwert des Shannon-Indexes, möglich. Trotz deutlichen Anstiegs der Diasporenvorräte zeigen die Mengenverhältnisse zwischen den Arten beim Vergleich der Zeitabschnitte nur geringe Veränderungen. Im Frühjahr 1994 liegt der Evenness-Wert bei 0,70 und im Herbst 2011 bei 0,73. Nach dem starken Ansteigen von Artenzahl und Diasporendichte im Anbaujahr 1994 sinkt der Evenness-Wert auf 0,67 ab. 1998 erreicht er den im Beobachtungszeitraum registrierten Maximalwert von 0,78. Die Unterschiede der Evenness-Werte sind jedoch beim Wahrscheinlichkeitsniveau von 0,05 statistisch nicht bedeutsam.

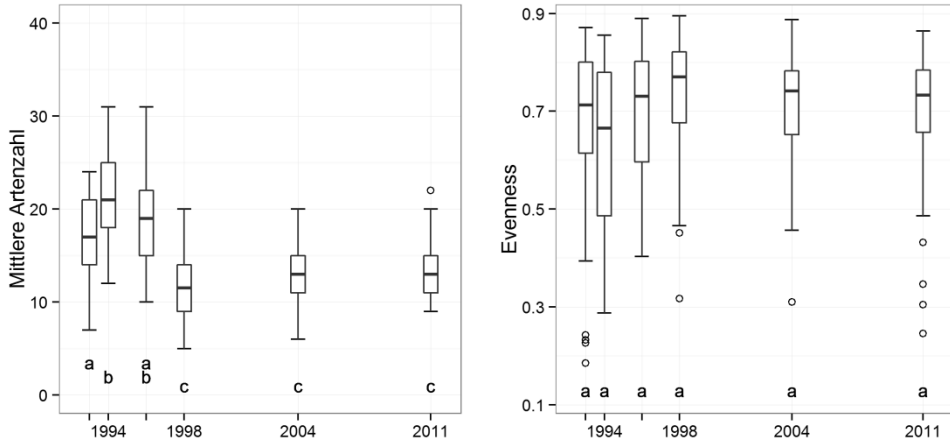


Abb. 3 Mediane mit Quartilen und Spannweiten für die Mittlere Artenzahl und die Evenness der Beobachtungsflächen in Abhängigkeit von der Dauer der Bewirtschaftung durch Ökologischen Landbau (Termine mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant bei $p \leq 0,05$).

Fig. 3 Medians with quartiles and spans for the mean species number and evenness on the sampling plots depending on the duration of organic farming (Dates with similar letters are not significantly different at $p \leq 0.05$).

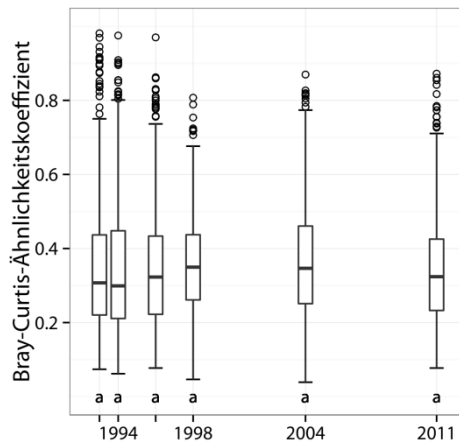


Abb. 4 Mediane mit Quartilen und Spannweiten für die Bray–Curtis-Ähnlichkeitskoeffizienten des Vergleichs der Diasporenvorräte der Beobachtungspartellen untereinander an den einzelnen Erfassungsterminen. (Termine mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant bei $p \leq 0,05$).

Fig. 4 Medians with quartiles and spans for the Bray–Curtis Similarity Coefficients of the comparison of the seed bank of each observation plots among themselves at different recording dates. (Dates with similar letters are not significantly different at $p \leq 0.05$).

Wesentlich für die Vielfalt der Segetalflora im Untersuchungsgebiet (β -Diversität) ist das Ausmaß der Differenzierung der Diasporenvorräte zwischen den einzelnen Beobachtungsflächen. Für den kombinierten Vergleich von Artenzusammensetzung und Populationsdichten zweier Pflanzengemeinschaften eignet sich der Bray-Curtis-Ähnlichkeitskoeffizient. Er gibt das Verhältnis der Summe der jeweils niedrigsten Populationsdichten gemeinsamer Arten zur Summe der

Populationsdichten des Vergleichsobjektes 1 und des Vergleichsobjektes 2 an. Das asymmetrische Ähnlichkeitsmaß bestimmt die Ähnlichkeit nur auf der Basis von Daten ungleich Null. Je ähnlicher die verglichenen Objekte sind, desto näher ist der Bray-Curtis-Koeffizient bei eins. In Prozent ausgedrückt entspricht er dem häufig verwendeten Percentage similarity-Massengemeinschaftskoeffizienten. In die Vergleiche der Diasporenvorräte der Beobachtungspartellen an einem Erfassungstermin untereinander und in die Bestimmung der Ähnlichkeit der Diasporenvorräte der einzelnen Beobachtungspartellen zwischen zwei Erfassungsterminen gehen je Beobachtungsfläche jeweils vier Teilflächen ein. Die Diasporenvorräte dieser Teilflächen unterscheiden sich an den Beobachtungsstandorten schon untereinander mit einem durchschnittlichen Ähnlichkeitskoeffizienten von 0,78. Dies hat eine Reduktion der Ähnlichkeitswerte aller durchgeführten Vergleiche zur Folge. Zwischen den Diasporenvorräten der nur ein bzw. zwei Jahre auseinanderliegenden Erfassungstermine sind die Unterschiede naturgemäß geringer, als die bei sechs- bzw. siebenjährigem zeitlichen Abstand. Zwischen den Diasporenvorräten der drei sechs- bzw. siebenjährigen Untersuchungsabschnitte beträgt die Ähnlichkeit noch ca. 40 %. Werden die Vorräte der Beobachtungsflächen untereinander innerhalb der einzelnen Erfassungsjahre verglichen, dann ergeben sich Ähnlichkeitskoeffizienten von ca. 0,3 (Abb. 4). In Bezug zu den zeitabhängigen Unterschieden sind die Differenzen zwischen den Diasporenvorräten der einzelnen Beobachtungsflächen je Erfassungstermin größer. Die Unterschiede zwischen den Beobachtungsstandorten bleiben in ihrer Größenordnung über den gesamten Untersuchungszeitraum nahezu konstant.

Diskussion

Das beobachtete Ansteigen der Gesamt-Diasporendichte, die Veränderungen des Auftretens und die Entwicklung der Dominanzstrukturen nach der Umstellung der zuvor intensiv genutzten Flächen auf Ökologischen Landbau, bestätigen die Ergebnisse der Untersuchungen anderer Autoren (SJRSEN, 2001; GRAZIANI *et al.*, 2012). Ein Aussetzen hochwirksamer chemischer Unkrautbekämpfungsmaßnahmen führt in der Regel zu starkem Unkrautaufreten. Die Segetalflora passt sich an die neuen Bedingungen an. Veränderungen der Strukturen der Unkrautgemeinschaften treten dabei schneller auf als Änderungen im Arteninventar (MAHN, 1984). Die Länge dieses Anpassungsprozesses hängt von der Dauer des Ökologischen Landbaus und vom Ausmaß der damit verbundenen Standortveränderungen ab. Flächen mit hoher Ertragsfähigkeit weisen hier ein hohes Pufferungsvermögen auf. Darüber hinaus liegt das Untersuchungsgebiet in einer Region, in der vor der Umstellung auf den Ökologischen Landbau schon seit dem 19. Jahrhundert intensive landwirtschaftliche Nutzung existierte. Zuwanderungen von Segetalarten werden durch die vorherrschende Flächennutzungsstruktur eingeschränkt. Der Artenzahl unmittelbar nach der Bewirtschaftungsumstellung folgt ein Minimum nach sieben Jahren, danach steigt die Artendiversität wieder etwas an. Dieser Anstieg der Artenzahlen mit fortgesetzter Dauer des Ökologischen Landbaus ist bei einer ausgeprägten Wertestreuung jedoch statistisch nicht bedeutsam. Auch BECKER und HURLE (1998) beschreiben eine, unter Praxisbedingungen, gegenüber den mittelfristig ökologisch bewirtschafteten Flächen nur geringfügig höhere Artenzahl bei langfristigem ökologischem Landbau.

Neben den, mit der Extensivierung pflanzenbaulicher Verfahren, einhergehenden veränderten Bedingungen wirkt sich insbesondere die Fruchtfolge auf die Diasporenvorräte aus. Auf den beobachteten Ackerschlägen orientierten sich Fruchtfolgegestaltung, Bodenbearbeitung und Unkrautbekämpfung an den Erfordernissen einer wirtschaftlichen Betriebsführung und erfolgten unabhängig vom Untersuchungsprogramm. Während des Beobachtungszeitraumes reduzierte sich unter anderem der Umfang des unkrautunterdrückenden Ackerfütterbaus bis auf ca. 10 % im Abschnitt 2004 - 2011. Fruchtfolgen mit einem hohen Anbauumfang konkurrenzstarker Fruchtarten können jedoch auch unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus das Auffüllen des Diasporenvorrates verhindern (DUBOIS *et al.*, 1998; ALBRECHT, 2008).

Im Bodensamenpotential spiegeln sich Standort und Bewirtschaftung wider. Die beschriebenen Beobachtungen dokumentieren die, während 18 Jahren Flächennutzung durch Ökologischen Landbau, eingetretenen Veränderungen. Als charakteristisch zeigen sich die Beständigkeit des Spektrums der dominierenden Unkrautarten, die Aufrechterhaltung einer verhältnismäßig ausgeglichenen Dominanzstruktur und die Beibehaltung von Unterschieden zwischen den einzelnen Beobachtungsstandorten.

Literatur

- ALBRECHT, H., 2008: A Effects of introducing organic farming on the population ecology and diversity of arable weeds. J. Plant Diseases and Protection, Special Issue **XXI**, 357-362.
- BECKER, B. und K. HURLE, 1998: Unkrautflora auf Feldern mit unterschiedlich langer ökologischer Bewirtschaftung. Z. Pfl.Krankh. Pfl.Schutz, Sonderh. **XVI**, 155-161.
- DUBOIS, D., C. SCHERRER, L. GUNST, W. JOSSI und W. STAUFFER, 1998: Auswirkungen verschiedener Landbauformen auf den Bodenvorrat an Unkrautsamen in den Langzeitversuchen Chaiblen und DOK. Z. Pfl.Krankh. Pfl.Schutz, Sonderh. **XVI**, 67-74.
- ELLENBERG, H., H. E. WEBER, R. DÜLL, V. WIRTH, W. WERNER und D. PAULIBEN, 1992: Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobot. **18**, 1-258.
- GRAZIANI, F., A. ONOFRI, E. PANNACCI, F. TEI und M. GUIDUCCI, 2012: Size and composition of weed seedbank in long-term organic and conventional low-input cropping systems. Europ. J. Agronomy **39**, 52-61.
- HILBIG, W. und G. BACHTHALER, 1992: Wirtschaftsbedingte Veränderungen der Segetalvegetation in Deutschland im Zeitraum 1950-1990. Angew. Bot. **66**, 192-200.
- KÖPKE, U., 2002: Umweltleistungen des Ökologischen Landbaus. Ökologie & Landbau **122**, 6-18.
- MAHN, E.-G., 1984: Structural changes of weed communities and populations. Vegetario **58**, 79-85.
- NEUMANN, H., O. GEWEKE, I. MAUSCHERNING, W. SCHÜTZ, R. LOGES, H. ROWECK und F. TAUBE, 2005: Effekte der Umstellung auf ökologischen Landbau auf die Segetalflora zweier Ackerbaubetriebe in Schleswig-Holstein. In: *Ende der Nische, Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau*. HEß, J., RAHMANN, G. (Hrsg.), Kassel, University Press GmbH, 623-626.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2005: R: A language and environment for statistical computing. <http://www.r-project.org/>.
- SJURSEN, H., 2001: Change of the weed seed bank during the first complete six-course crop rotation after conversion from conventional to organic farming. Biological Agriculture and Horticulture **19**, 71-90.
- WITTMANN, C. und E. HINTZSCHE, 2000: Die Entwicklung der Segetalflora nach Umstellung auf öko-logischen Landbau. In: *Die Entwicklung von Fauna, Flora und Boden nach Umstellung auf ökologischen Landbau. Untersuchungen auf einem mitteldeutschen Trockenlößstandort*. HÜLSBERGEN, K.-J., W. DIEPENBROCK (Hrsg.), Halle (S.), UZU-Schriftenreihe, 239-258.