

Diasporenbankanalyse zum Nachweis gefährdeter Segetalarten auf ehemaligen Ackerstandorten: Keimlingsauflaufverfahren versus Freilandauflaufverfahren

– Christine Kurtz und Thilo Heinken –

Zusammenfassung

Im Rahmen des DBU-Projekts „100 Äcker für die Vielfalt“ für den Schutz heimischer Ackerwildkrautvegetation wurden im Osten von Brandenburg sieben potenzielle Schutzackerflächen untersucht. Auf den sandigen bis lehmigen, z. T. basen- und kalkreichen Brachen oder Grünlandstandorten in Hanglage, die seit 2, 20 oder 50 Jahren nicht mehr ackerbaulich genutzt werden, wuchsen zur Zeit der Ackernutzung gefährdete Segetalarten wie *Agrostemma githago*, *Arnoseris minima*, *Nigella arvensis* und *Stachys annua*. Um herauszufinden, ob die genannten Arten noch in der Diasporenbank präsent sind, wurden Bodenproben in je drei Plots je Untersuchungsfläche entnommen und im Keimlingsauflaufverfahren (KAV) im Botanischen Garten analysiert. In einem zweiten Versuchsansatz – dem Freilandauflaufverfahren (FAV) – wurde der Boden kleinflächig (16 m²) im Bereich der Bodenprobenahmen umgebrochen. Bislang gibt es nur wenige Studien, die entsprechende Methoden verglichen haben.

Auf den Flächen im Freiland konnten – auch bei langjähriger Brache – zwischen 21 und 47 Segetalarten nachgewiesen werden, darunter sieben der acht der gesuchten gefährdeten Arten (Zielarten). Es ist jedoch zweifelhaft, ob alle nachgewiesenen Arten seit der Stilllegung als Samen überdauert haben. Funde in Vegetationslücken und auf Wildschweinwühlstellen weisen darauf hin, dass einige Segetalarten fortwährend reproduktiv gewesen sein könnten. Durch das KAV konnte meist nur ein Nachweis der häufigen, nicht gefährdeten Arten erbracht werden, die vielfach auch auf Äckern verbreitet sind. Prozentual lag der Anteil der Therophyten höher als beim FAV (im Mittel 53% vs. 45%). Insgesamt wurden durch das KAV nur etwa zwei Drittel des Artenspektrums des FAVs erfasst (108 vs. 152 Arten). Dennoch waren auch einige Arten nur beim KAV aufgelaufen, vermutlich aufgrund des veränderten Mikroklimas und abweichender Bodenverhältnisse am Keimschalenstandort.

Für die Suche nach seltenen Arten ist das FAV generell besser geeignet, da hier der Diasporenvorrat auf einer vergleichsweise großen Fläche aktiviert wird und somit auch Arten mit individuenarmer Diasporenbank regelmäßig erfasst werden. Die geringe Wahrscheinlichkeit, Arten beim KAV aufzufinden, resultiert darüber hinaus aus der räumlichen Variabilität der Verteilung der Diasporen als Folge limitierter Ausbreitung von der Mutterpflanze und kleinräumig variierender Standortbedingungen. Diese Variabilität begründet auch, warum die Artenspektren beim KAV innerhalb einer Untersuchungsfläche größere Unterschiede aufwiesen als beim FAV. Da sich manche der untersuchten ehemaligen Ackerstandorte bereits zu artenreichen Trockenrasen entwickeln, wird nicht empfohlen, diese wieder in Ackernutzung zu nehmen. Durch kleinflächiges Umbrechen könnten jedoch die Zielarten beider Habitats gefördert werden; eine höhere Artendiversität wäre die Folge.

Abstract: Seed-bank analysis to detect endangered weed species on former arable fields: seedling-emergence method versus seed-bank activation in the field

Within the DBU-project “100 Äcker für die Vielfalt”, for the protection of native weed communities, seven potential sites of “conservation fields” were studied in Eastern Brandenburg (Germany). These were fallow fields or grasslands which had not been used as arable fields for 2, 20 or 50 years. On the sites on slopes with sandy to loamy soils, which were partly rich in bases and calcium carbonate, endangered weed species like *Agrostemma githago*, *Arnoseris minima*, *Nigella arvensis*, and *Stachys annua* have been observed during former periods of agriculture. To test whether these plant species are still present in the seed bank, soil samples were taken in three plots per site and the seed bank was analysed using the seedling-emergence method in trays in a common garden. In a second approach – seed-bank activation in the field – the soil was ploughed on 16-m² plots where the soil samples had been taken. Until now, only very few studies have compared these two methods.

On the ploughed sites between 21 and 47 weed species, including seven of the eight endangered target species, were detected even after long-lasting abandonment. However, it is doubtful whether the seeds of all detected species originated from the last period of cultivation. Single occurrences in vegetation

gaps or rooting places of wild boar suggest that some weed species have been able to survive in small populations. Using the seedling-emergence method mainly abundant, not endangered plant species were detected. The percentage of therophytes was higher in the seedling-emergence study than in the field approach (mean 53% vs. 45%). Here only two thirds of the species detected in the field approach have been found (108 vs. 152). However, some species appeared only in the seedling-emergence experiment, probably due to different microclimatic and soil conditions during the trial.

For the detection of rare species, the field approach is generally more appropriate, since the seed bank is activated on a relatively large area and thus the probability of detecting even rare species is much higher. Moreover, the low probability of finding certain species using the seedling-emergence method results from the spatial variability of the seed distribution in the soil, since most seeds are deposited close to the mother plant. This, together with small-scale heterogeneity of site conditions, also accounts for the differences in species composition between the two methods. As some of the studied sites are currently developing into species-rich dry grasslands, we do not recommend resuming utilization as arable fields. However, small-scale ploughing may support target species of both habitat types and thus enhance plant species diversity.

Keywords: arable weeds, diaspore bank, restoration ecology, short-term persistent, spatial seed distribution.

1. Einleitung

Ackerwildkrautvegetation ist ein wesentlicher Teil unserer Kulturlandschaft. Im Lauf der Geschichte des Feldbaus sind die Ackerwildpflanzen (Segetalpflanzen) aus verschiedenen natürlichen Lebensräumen in die Äcker eingewandert; einige Arten haben sich erst unter den ackerbaulichen Bewirtschaftungsformen entwickelt (SCHNEIDER et al. 1994). Als „Unkräuter“ wurden Segetalarten seit jeher bekämpft. Laut HOFMEISTER & GARVE (2006) steht heute jede zweite Segetalart in mindestens einem deutschen Bundesland auf der Roten Liste der gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen (KORNECK et al. 1996). Damit besitzt die Gruppe den höchsten Prozentsatz an gefährdeten Arten in Deutschland (ALBRECHT 2003). Von den bei HOFMEISTER & GARVE (2006) aufgeführten 323 Sippen sind in Deutschland nach der Roten Liste 71 bundesweit gefährdet; 9 davon gelten als ausgestorben oder verschollen, und weitere 13 Segetalarten sind vom Aussterben bedroht. Als Hauptursachen für den Bestandsrückgang gelten die Aufgabe der traditionellen extensiven Nutzungsformen, die intensive Düngung mit Mineralstickstoff und der Herbizideinsatz. Auch vielen Insekten und Vögeln wurde auf diese Weise die Habitatgrundlage entzogen (z. B. HEYDEMANN 1983, GEIGER et al. 2010).

Segetalarten sind an die Bewirtschaftungsformen des Ackers angepasst. Unterbleibt die Inkulturnahme, werden die konkurrenzwachen Segetalpflanzen durch höherwüchsige Stauden und mehrjährige Gräser zurückgedrängt. Vor diesem Hintergrund ist die jüngste Entwicklung im Landbau als problematisch anzusehen: Seit den 1980er Jahren wurden immer häufiger Ackerflächen stillgelegt; die Nutzungsaufgabe betraf vor allem Grenzertragsstandorte (HOFMEISTER & GARVE 2006). Viele Arten der Kalkscherbenäcker, sauren Sandäcker sowie Krumenfeuchtezeiger sind seitdem in ihrem Bestand zurückgegangen (VAN ELSSEN et al. 2006).

Das im August 2006 gestartete DBU-Projekt „100 Äcker für die Vielfalt“ hat sich zum Ziel gesetzt, in jedem Naturraum Deutschlands eine Mindestzahl an Schutzäckern einzurichten. Auf diesen Flächen werden durch geeignete Bewirtschaftungsmaßnahmen zumeist seltene Segetalarten gefördert, um die negative Bestandsentwicklung aufzuhalten (www.schutzaecker.de, 30.07.2010). Ein Beispiel für einen Schutzacker zeigt Abb. 1.

Primäres Ziel dieser Arbeit war die Untersuchung des Diasporenvorrats potenzieller Schutzackerflächen, um die Liste der Auswahlflächen für das Schutzackerprojekt gegebenenfalls zu erweitern. Die Analyse wurde auf sieben ehemaligen Ackerstandorten in Ostbrandenburg durchgeführt, für die das frühere Vorkommen heute als bedroht geltender Segetalarten belegt ist. Die Untersuchungsflächen liegen seit unterschiedlichen Zeiträumen (2 bis 50 Jahre) brach oder wurden in Intensivgrasland umgewandelt. Zu den im Schutzfokus stehenden Arten der Untersuchungsflächen zählen *Agrostemma githago*, *Arnoseria*



Abb. 1: Schutzacker bei Mallnow mit Blühaspekten von *Anthemis tinctoria*, *Centaurea cyanus*, *Papaver rhoeas* und *Tripleurospermum maritimum*. Im Hintergrund die Oderhänge mit kontinentalen Trockenrasen (Foto: T. Heinken, 21. Juni 2008).

Fig. 1: Conservation field near Mallnow with flowering aspects of *Anthemis tinctoria*, *Centaurea cyanus*, *Papaver rhoeas* and *Tripleurospermum maritimum*. In the background slopes of the Oder valley with continental dry grasslands (Photo: T. Heinken, 21 June 2008).

minima, *Camelina microcarpa* subsp. *sylvestris*, *Consolida regalis*, *Euphorbia exigua*, *Filago arvensis*, *Nigella arvensis*, *Silene noctiflora*, *Stachys annua*, *Valerianella dentata* und *Veronica praecox*; sie werden im Folgenden als Zielarten bezeichnet. Die meisten dieser Arten haben ihren Verbreitungsschwerpunkt auf lehm- und kalkreichen Ackerstandorten.

Es wurde vermutet, dass sich im Boden der Untersuchungsflächen noch keimfähige Samen der genannten Arten befinden. Ein Versuch in Thüringen von WÄLDCHEN (2004) konnte belegen, dass die meisten Segetalarten langlebige Diasporen besitzen. Sie hatte nach dem Umbruch von alten Ackerbrachen zahlreiche, auch gefährdete Segetalarten gefunden. Bereits CHIPPINDALE & MILTON (1934) fanden heraus, dass die Diasporenbank von Äckern meist artenreicher ist als die oberirdische Vegetation. Nach BARRALIS & CHADOEUF (1980) sowie ALBRECHT & PILGRAM (1997) repräsentiert die Vegetation auf Äckern nur 1 bis 10 Prozent der Gesamtartenzahl.

Ähnlich wie in den genannten Studien wurde der Diasporenvorrat durch die „seedling emergence method“ analysiert; daneben wurde auch eine Freilandmethode erprobt (vgl. WÄLDCHEN et al. 2005). Da es bislang nur wenige Studien gibt, in denen die Artenzusammensetzung und auch die Abundanz der Einzelarten im Keimlings- und Freilandaufbauverfahren vergleichend betrachtet wurden (BOSSUYT et al. 2007), steht diese Frage im Mittelpunkt der vorliegenden Arbeit. Außerdem ist es von Interesse, ob die aufgelaufenen Segetalarten als Diasporen seit der Ackerstilllegung im Boden überdauert haben, oder ob sich eine reproduktive Restpopulation erhalten konnte. Aus den Untersuchungsergebnissen werden schließlich naturschutzfachliche Beurteilungen für die Umsetzung von Maßnahmen abgeleitet.

2. Untersuchungsgebiet

Vier der sieben Untersuchungsflächen (s. Tab. 1) im Bundesland Brandenburg liegen im Lebuser Land (6 bis 20 km nordwestlich von Frankfurt/Oder), zwei im Talzug bei Buckow im Naturpark Märkische Schweiz, und eine befindet sich im südöstlichen Barnim (8 km südlich von Wriezen). Die 0,4 bis 3,8 ha großen Flächen gliedern sich in ein kleinteiliges, heterogenes Landschaftsmosaik ein, in dem sich konventionell bewirtschaftete Äcker, Trockenrasen sowie kleine Gehölzgruppen abwechseln.

Brandenburg liegt in einer Übergangszone zwischen atlantischem und kontinentalem Klima. Innerhalb Brandenburgs ist das Oderbruch und seine Umgebung die klimatisch am stärksten kontinental geprägte Region. Die Niederschläge erreichen hier nur Jahresmittel von 480 bis 550 mm. Die Sommer sind mit Durchschnittstemperaturen von über 18 °C im Juli warm; im Winter werden mit durchschnittlich etwa -1° C im Januar relativ niedrige Temperaturen erreicht. Der kontinentale Einfluss ist im Inneren der Barnimer und Lebuser Hochflächen etwas gemäßigter; in den Stauchendmoränengebieten mit Höhenlagen zwischen 110 und 158 m ü. NN. erreichen die Jahresniederschläge mittlere Werte von 550 bis 600 mm (KRAUSCH 2003).

Der Osten Brandenburgs ist Teil der Jungmoränenlandschaft des nordostdeutsch-polnischen Tieflandes. Hier liegen die flachwelligen Barnimer und Lebuser Grundmoränenplatten, die durch die Weichselkaltzeit (v. a. Frankfurter Staffel des Brandenburger Stadiums und Angermünder Staffel des Pommerschen Stadiums) geprägt wurden. Kennzeichnend sind die Sanderüberschüttungen und zahlreichen Rinnentäler. Für die Bodenbildung im Untersuchungsgebiet (Braun- bzw. Parabraunerden) waren Sande und Kiese, sandig-lehmige Grundmoränen und Geschiebemergel bedeutsam (KRAUSCH 2003).

In Tab. 1 sind im oberen Bereich Untersuchungsflächen mit (ausschließlich) sauren Böden angeordnet, es folgen diejenigen mit eher basenreichen. Innerhalb der beiden Gruppen sind die Brachen nach dem Alter geordnet. Aktuell werden die sieben ehemaligen Ackerstandorte gemulcht oder mit Schafen bzw. Rindern beweidet. Vorrangig auf den Weideflächen haben sich bereits Arten der umgebenden kontinentalen Trockenrasen etabliert. Für die Stilllegung oder Umnutzung der früheren Äcker gab es unterschiedliche Gründe: Mergelhaltige Böden sind schwer zu bearbeiten, und auf den Sandböden ist der Ertrag gering. Weitere Faktoren wie die isolierte Lage und die kleine Fläche sowie die Hangneigung begründen die Einstellung der Ackernutzung.

3. Methoden

3.1. Keimlingsauflaufverfahren (KAV)

Die Beprobung erfolgte im Juli 2008 an Stellen, für die das frühere Vorkommen der Zielarten vermutet wird. Für die Analyse der Diasporenbank wurden auf jeder Untersuchungsfläche drei Plots (A, B, C) mit einer Größe von je 16 m² eingemessen. Diese wurden in kleinere Rasterzellen mit einer Flächengröße von 1 m² unterteilt. Aus jeder Rasterzelle wurden mit einer Handschaufel zwei Bodenproben gleichmäßig bis zu einer Tiefe von 15 cm entnommen. Das Volumen einer Probe betrug ca. 100 cm³. Alle 32 Einzelproben einer 16 m²-Fläche eines Quadrats wurden zu einer Mischprobe vereinigt.

Zur Untersuchung der Diasporenbank wurde das Keimlingsauflaufverfahren („seedling emergence method“, TER HEERDT et al. 1996) gewählt. Diese Methode hat den Vorteil, dass nur die keimfähigen Samen erfasst werden, wogegen bei der Elutriation (Schlammspülung) nicht zwischen lebenden und abgestorbenen unterschieden werden kann. Nach der Probenahme wurde das Bodenmaterial getrocknet, durch ein Sieb (Maschenweite: 10 mm) gedrückt um größere Brocken zu zerkleinern, und Wurzeln sowie verbliebene größere Steine wurden entfernt.

Da die meisten Segetalarten aus den obersten Zentimetern des Bodens keimen (BUHLER 1995), wurde das Bodenmaterial in einer 8 mm dünnen Schicht in Pikierschalen (50 x 32 x 5 cm) über einer Basis (30 mm) aus sterilem Torfsubstrat ausgebracht. Für jede Untersuchungsfläche wurden sechs Schalen (2 je Plot) gefüllt. Von der gesammelten Bodenmenge fanden nur 5040 cm³ (ca. 53%) Verwendung. Um auszuschließen, dass sich keimfähige Samen im Torf befinden, wurden zusätzlich sieben Keimschalen mit diesem Basissubstrat gefüllt (= Kontrolle). Zur Unterbringung der Schalen im Botanischen Garten der Universität Potsdam diente ein Tunnelzelt. Es war mit lichtdurchlässiger Gaze bespannt, so dass

Tabelle 1: Lage und Charakteristik der Untersuchungsflächen
 Bodenart nach AG BODEN (1994), Kurz-Zeichen der Bodenartenuntergruppen. (Mu: Mulchmahd, W_R: Rinderbeweidung, W_S: Schafbeweidung)
 Table 1: Position and characteristics of the study sites
 Soil type according to AG BODEN (1994), abbreviations of soil type subgroups. (Mu: mulch mowing, W_R: cattle grazing, W_S: sheep grazing)

Untersuchungs- fläche	Lage	Koordinaten	Höhe über NN	Neigung, Exposition	Lage im Relief	Bodenart	Boden- pH	Alter der Brache (Jahre)	Nutzung	Zielarten, Gefährdungsgrad (RISTOW et al. 2006)
Boosßen	NSG Boosßener Teichgebiet	N 52°22'51'' E 14°29'07''	56 m	eben	Plateau	Su4	4,6	3 – 4	Mu	<i>Agrostemma githago</i> , 1
Bollersdorf	An der L35 bei Bollersdorf, NP Märkische Schweiz	N 52°34'29'' E 14°02'00''	72 m	5° S	Hang	Sl2	5,1	20	Mu	<i>Arnosotis minima</i> , 2
Buckow	NW-Beckenrand des Schermtütelsees, NP Märkische Schweiz	N 52°34'26'' E 14°02'58''	70 m	2° NE 30° S, SW	Hang	Sl2, Lts	5,8 – 6,9	20	W _S	<i>Arnosotis minima</i> , 2 <i>Nigella arvensis</i> , 2
Batzlow	NSG Bartzlower Mühlenfließ- Büchitztal	N 52°38'46'' E 14°07'32''	53 m	15° E, S, W	Mittelhang, Rinne	Sl2, Lts	6,5 – 7,1	20	Mu	<i>Stachys annua</i> , 1
Carzig	NSG Oderhänge Mallnow	N 52°28'04'' E 14°28'04''	32 m	15° N, SE	Rinne	Su2, Sl3, Ls3	6,7 – 7,5	2	W _R	<i>Alyssum alyssoides</i> , 3 <i>Camelina microcarpa</i> , 3 <i>Consolida regalis</i> , 3 <i>Euphorbia exigua</i> , 2 <i>Filago arvensis</i> , 2 <i>Nigella arvensis</i> , 2 <i>Silene noctiflora</i> , 2 <i>Valerianella dentata</i> , 2
Dolgelin	Oderbruchrand bei Dolgelin	N 52°30'00'' E 14°26'11''	30 m	20 – 30° N, NE, E eben	Hang	Slu, Ls3, Ts2, Tl	6,9 – 7,2	20	W _S	<i>Euphorbia exigua</i> , 2 <i>Nigella arvensis</i> , 2
Lietzen	NSG Lietzener Mühlental	N 52°27'45'' E 14°19'35''	49 m	30° S	Hang	Tl	6,8	ca. 50	W _S	<i>Camelina microcarpa</i> , 3 <i>Consolida regalis</i> , 3 <i>Euphorbia exigua</i> , 2 <i>Filago arvensis</i> , 2 <i>Valerianella dentata</i> , 2 <i>Veronica praecox</i> , 2

Diasporeneinflug und Bodenerosion durch Wind und Niederschlag weitgehend verhindert wurden. In regelmäßigen Abständen wurde gegossen. Periodisch wurden auch Trockenphasen eingelegt, um durch Quellungs- und Schrumpfungsprozesse die Dormanz möglichst vieler Samen zu brechen (s. PROBERT 1992). Die diasporenhaltige Erdschicht war dabei vollständig lufttrocken. Durch regelmäßige Bodenlockerung wurde die Keimung stimuliert (ROBERTS 1981) und die Etablierung von Moosen eingedämmt. Auflaufende Pflanzen wurden bestimmt, gezählt und aus den Schalen entfernt. Einige Pflanzen konnten nur bis zur Gattung identifiziert werden; sie wurden nur für die Keimlingszählung registriert und nicht in weitere statistische Auswertungen einbezogen.

Die Keimlingsanalyse dauerte von August 2008 bis August 2009, unterbrochen von der winterlichen Stratifikation. Gegen Ende des Versuchs war die Keimbereitschaft stark zurückgegangen; trotzdem waren noch immer lebende Diasporen im Boden vorhanden, da auch zum Abschluss noch immer vereinzelte Pflanzen aufkamen. Die Dichte der bis zum Versuchsende aufgelaufenen Diasporen pro Quadratmeter wurde nach folgender Formel berechnet:

$$\text{Diasporenzahl/m}^2 = \text{Zahl der Keimlinge} \times \text{Probenahmetiefe (m)} / \text{Probevolumen (m}^3\text{)}$$

Da zur Begrenzung der Bodenmenge nur bis zu einer Tiefe von 15 cm beprobt wurde und nicht alle lebensfähigen Diasporen im Untersuchungszeitraum zur Keimung gelangten, wurde so sicher nicht die gesamte Diasporendichte erfasst. Allerdings konnte ALBRECHT (2004) nachweisen, dass nach einer fünfjährigen Stilllegungsperiode 82,6% aller Diasporen in den obersten 10 cm lagern; die restlichen fand er in einer Tiefe von 10–20 cm.

3.2. Freilandauflaufverfahren (FAV)

Ende Oktober 2008 wurde auf allen Untersuchungsflächen im Bereich der Plots für das KAV mit einem BCS Einachser (11 PS) gegrubbert. Um Randeffekte durch die angrenzende Vegetation zu minimieren, wurde die ursprüngliche 16 m²-Fläche um 50 cm an allen Rändern erweitert. Schwerer Lehm- und Tonboden konnte nicht bis zur gewünschten Tiefe (15 cm) umgebrochen werden; an einigen Stellen wurde nur die Oberfläche „geschrämmt“. Infolge des steilen Geländes konnten bei Lietzen nur zwei statt drei Grubberflächen angelegt werden. Bei Booßen wurde stellenweise nur der oberflächennahe Boden umgebrochen, bedingt durch eine dichte Grasnarbe. Auf den Flächen erfolgten in vierzehntägigen Abständen von April bis Juli 2009 Vegetationsaufnahmen. Es wurde die von REICHELT & WILMANN (1973) erweiterte Braun-Blanquet-Skala verwendet. Bei einigen Brachen hatten Wildschweine den Boden zerwühlt. Die Segetalflora an den Wühlstellen wurde zusätzlich in die Beobachtung einbezogen und Vegetationsaufnahmen dieser Standorte wurden mit ausgewertet.

3.3. Vergleichs-Vegetationsaufnahmen

Um die Effekte der beiden Verfahren der Diasporenbankanalyse zu quantifizieren, wurden die Untersuchungsflächen vegetationskundlich charakterisiert. Dazu wurden an jeweils zwei, für die gesamte Brache bzw. das Grasland repräsentativen, Stellen Vegetationsaufnahmen (je 50 m²) gemacht, ebenfalls unter Anwendung der oben genannten Skala. Die Aufnahme der Vegetation erfolgte im September/Oktober 2008 sowie von April bis Juli des folgenden Jahres und bildete auch die Basis in der Diskussion um die zukünftige Nutzung der Flächen.

3.4. Datenauswertung

Als Zielarten wurden alle nach der Roten Liste in Brandenburg (RISTOW et al. 2006) gefährdeten Segetalarten definiert. Die Zuordnung zur Kategorie „Segetalart“ (= Segelart i. w. S.) erfolgte nach HOFMEISTER & GARVE (2006). Da die Autoren unter diesem Begriff viele mehrjährige Arten aufführen, die auch in anderen Biotoptypen häufig sind, wurde in einigen Auswertungen noch eine Untergruppe „segetale Therophyten“ abgespalten, die alle Segetalarten enthält, bei denen es sich nach der BIOLFLOR-Datenbank (KLOTZ et al. 2002) um Therophyten handelt (s. Tab. 4 im Anhang).

Ziel der statistischen Analyse war ein Vergleich der Untersuchungsflächen und Versuchsmethoden hinsichtlich der Keimlings- und Artenzahlen sowie der Artenspektren. Zum statistischen Vergleich der Keimlingszahlen zwischen den Untersuchungsflächen wurde eine Varianzanalyse (ANOVA) mit Tukey post-hoc Test durchgeführt. Dafür wurden die Daten zunächst auf Normalverteilung mittels Kolmogorov-Smirnov-Test geprüft (KESEL et al. 1999). Durch eine Korrelationsanalyse nach PEARSON (JANSSEN & LAATZ 2005) wurde der Zusammenhang zwischen der Arten- und Keimlingszahl beim KAV untersucht. Die Beziehung zwischen den Artenzahlen des Freiland- und Keimlingsauflaufverfahrens wurde mit einem SPEARMAN Rangkorrelationstest nach KANJI (1999) analysiert. Um Unterschiede in

den Artenzahlen zwischen dem FAV und dem KAV aufzuzeigen, wurde ein t-Test für Paardifferenzen (KESEL et al. 1999) durchgeführt. Hierfür wurden für jede Untersuchungsfläche die drei (Lietzen: zwei) Keimschalen den zugehörigen Freilandflächen gegenübergestellt. Für den Vergleich der Artenspektren zwischen den Auflaufverfahren war der Sørensen-Index (Ähnlichkeitsindex: $SI = 2C/(A + B)$) geeignet. Dabei bezeichnet C die Anzahl der Arten, die in beiden Auflaufverfahren vorkommen, A und B stehen für die Gesamtartenzahlen in den einzelnen Versuchseinheiten. Ein Index von 0 bedeutet, dass keine gemeinsamen Arten vorhanden sind, bei einem Index von 1 stimmen die Vergleichsflächen völlig überein (SØRENSEN 1948 zit. nach DIERSCHKE 1994). Um die Ähnlichkeitsindizes des FAVs und KAVs zu vergleichen, wurde ebenfalls der t-Test für Paardifferenzen angewandt.

Die statistische Auswertung wurde mit Hilfe des Programms SPSS 15.0 (SPSS Inc., Chicago, USA, 2005) durchgeführt. Die wissenschaftlichen Artnamen folgen WISSKIRCHEN & HAEUPLER (1998).

4. Ergebnisse

4.1. Keimlingsauflaufverfahren (KAV)

Unter den insgesamt 3491 Keimlingen waren 108 Pflanzenarten in den 42 Pikierschalen (ohne Kontrolle) aufgelaufen. 2,7% der Keimlinge konnten nicht bis zur Artebene identifiziert werden. Da nur in fünf der sieben Kontrollschalen jeweils eine Pflanze auflief, brauchten die Daten nicht korrigiert zu werden. Unter den Keimlingen dominierten Kräuter (85%). Zu den häufigsten Krautarten zählten *Arabidopsis thaliana*, *Arenaria serpyllifolia*, *Cerastium semidecandrum*, *Chenopodium album*, *Rumex acetosella* s.l. und *Veronica arvensis*; bei den Gräsern waren es *Apera spica-venti* und *Poa pratensis* (Tab. 2). In den meisten Keimschalen traten nur wenige Arten in hoher Keimlingsdichte auf.

Für Lietzen und Carzig wurden mit 3.050 bzw. 3.525 Diasporen/m² die niedrigsten, für Bollersdorf mit 28.125 Diasporen/m² die höchste Dichte errechnet (Abb. 2). Obwohl die Diasporendichten innerhalb einer Untersuchungsfläche mit Ausnahme von Buckow und Dolgeln stark variierten, gab es signifikante Unterschiede zwischen den Untersuchungs-

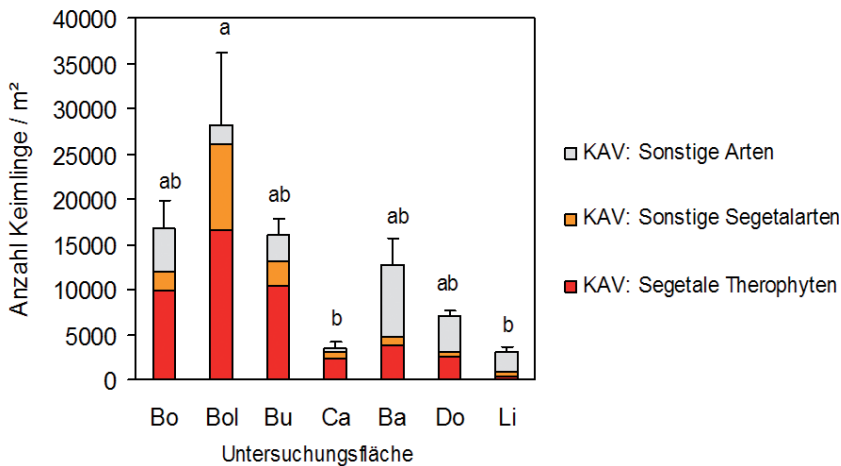


Abb. 2: Keimlingsdichte im Keimlingsauflaufverfahren (KAV), nach Artengruppen unterschieden; die sechs Keimschalen einer Untersuchungsfläche (Plots A, B, C) wurden jeweils zusammengefasst (Mittelwerte und Standardfehler). Säulen mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant hinsichtlich der Gesamtkeimlingszahl (ANOVA df = 6, F = 4,799, p = 0,007; mit Tukey post-hoc Tests); Ba: Batzlow, Bo: Booßen, Bol: Bollersdorf, Ca: Carzig, Do: Dolgeln, Li: Lietzen.

Fig. 2: Seedling density in the seedling-emergence method (KAV), differentiated according to species groups (therophytic weeds, weeds in a broader sense, others); the six trays of each study site (plots A, B, C) were pooled (mean values and standard errors are given). Bars sharing the same letter do not differ significantly with regard to the total number of seedlings (ANOVA df = 6, F = 4.799, p = 0.007; with Tukey post-hoc tests); Ba: Batzlow, Bo: Booßen, Bol: Bollersdorf, Ca: Carzig, Do: Dolgeln, Li: Lietzen.

Tabelle 2: Vergleich des Keimlingsauflaufverfahrens (KAV) und des Freilandauflaufverfahrens (FAV) anhand der jeweils fünf häufigsten Arten (Fettdruck)

Table 2: Comparison of the seedling-emergence method (KAV) and the seed-bank activation in the field (FAV), based on the five most frequent species (bold face)

Untersuchungs- fläche	Arten	Häufige Arten KAV (Individuen)			Häufige Arten FAV (Artmächtigkeit)		
		A	B	C	A	B	C
Booßen	<i>Apera spica-venti</i>	29	13	9	2m	2m	2m
	<i>Tripleurospermum maritimum</i>	42	38	33	1	2a	2a
	<i>Arabidopsis thaliana</i>	12	98	12	1	2m	2m
	<i>Daucus carota</i>	45	9	1	2a	1	1
	<i>Hypericum perforatum</i>	56			+		
	<i>Holcus lanatus</i>	4	2	10	2m	2m	2m
	<i>Agrostis capillaris</i>	15			2a	2m	2m
	<i>Dactylis glomerata</i>		1		2b	2a	2a
Bollersdorf	<i>Erophila verna</i>	47	235	2	2m	2a	2m
	<i>Apera spica-venti</i>	43	16	56	2a	2a	2a
	<i>Equisetum arvense</i>	84	187	10			
	<i>Rumex acetosella</i> s.l.	16	56		1	2a	+
	<i>Chenopodium album</i>	18	9	24	+	1	r
	<i>Cerastium semidecandrum</i>	18	16	6	2b	2m	2a
	<i>Veronica arvensis</i>	18	9	11	2m	1	2m
	<i>Senecio vernalis</i>			1	1	2m	2m
Buckow	<i>Cerastium semidecandrum</i>	14	108	9	1	2a	1
	<i>Arenaria serpyllifolia</i>	62	36	44	1	1	+
	<i>Veronica arvensis</i>	26	10	30		1	1
	<i>Arabidopsis thaliana</i>	11	36	8		2m	R
	<i>Picris hieracioides</i>	7	9	31		1	1
	<i>Achillea millefolium</i>	3	7	12	1	2m	2m
	<i>Daucus carota</i>	2		2	1	1	2m
	<i>Medicago lupulina</i>	2		3	1		2a
	<i>Arrhenatherum elatius</i>				1	1	1
Carzig	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	1	4	12		1	1
	<i>Arenaria serpyllifolia</i>		16	6		1	1
	<i>Plantago major</i>	9	1	2	1		+
	<i>Chenopodium album</i>		7	4		+	+
	<i>Apera spica-venti</i>			9			1
	<i>Lolium perenne</i>	1	2		2m	2b	2b
	<i>Anagallis arvensis</i>	1		1	1	1	1
	<i>Medicago lupulina</i>	3			1	1	1
	<i>Euphorbia exigua</i>				1	1	1
Batzlow	<i>Trifolium repens</i>				1	1	1
	<i>Poa pratensis</i>	12	35	51	1	2m	1
	<i>Veronica arvensis</i>	8	60	5	1	2m	2m
	<i>Trifolium campestre</i>	23		116	+	r	1
	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	7	6	2	+	1	+
	<i>Urtica dioica</i>	6	20		r	+	
	<i>Dactylis glomerata</i>	2	6	6	1	2b	1
	<i>Taraxacum off. Sect.</i>		1		1	2m	1
	<i>Ruderalia</i>						
Dolgelin	<i>Agrimonia eupatoria</i>				1	1	1
	<i>Daucus carota</i>	17	13	7	2m	2m	1
	<i>Trifolium campestre</i>		6	17	1	1	1
	<i>Veronica arvensis</i>	17	16	8		2m	1
	<i>Poa pratensis</i>	6	8	4	+		1
	<i>Cerastium semidecandrum</i>	16		1		+	
	<i>Picris hieracioides</i>	1	4	2	2m	1	1
	<i>Achillea millefolium</i>		2	1	2m	1	2m
	<i>Arrhenatherum elatius</i>				2m	2m	2a

Untersuchungs- fläche	Arten	Häufige Arten KAV (Individuen)			Häufige Arten FAV (Artmächtigkeit)		
		A	B	C	A	B	C
Lietzen	<i>Picris hieracioides</i>	3	11	-	1	2m	-
	<i>Bromus erectus</i>	6	5		2b	2b	
	<i>Poa pratensis</i>	1	10		+	1	
	<i>Conyza canadensis</i>	5	1				
	<i>Cerastium holosteoides</i>		6				
	<i>Achillea millefolium</i>		2		1	1	
	<i>Lotus corniculatus</i>				1	1	
	<i>Pimpinella saxifraga</i>				1	1	

flächen (Abb. 2): Während die vorherrschend sauren, sandigen Standorte (Booßen, Bollersdorf, Buckow) höhere Diasporendichten als die basenreichen Mergelstandorte aufwiesen, gab es keine klare Abhängigkeit vom Alter der Brache (vgl. Tab. 1, Abb. 2). Die lokale Diasporendichte einzelner Arten war z. T. beträchtlich, z. B. bei *Arabidopsis thaliana* (7.350 Diasporen/m², Booßen), *Daucus carota* (3.875 Diasporen/m², Booßen), *Erophila verna* (17.500 Diasporen/m², Bollersdorf), *Poa pratensis* (3.825 Diasporen/m², Batzlow), *Trifolium campestre* (5.210 Diasporen/m², Batzlow), *Veronica arvensis* (4.500 Diasporen/m², Batzlow). Bei Bollersdorf, Carzig und Buckow gehörten ca. 90% der Keimlinge zu den Segetalpflanzen, während sie bei Lietzen, Batzlow und Dolgelin den geringeren Anteil ausmachten (33–44%, Abb. 2). Innerhalb dieser Gruppe gehörten die meisten zur Lebensform der Therophyten. Bei Booßen, Bollersdorf und Buckow wurden die höchsten Dichten an segetalen Therophyten festgestellt (> 10.000 Diasporen/m²); bei Lietzen (der ältesten Brache) waren es lediglich 400 Diasporen/m².

Die Gesamtartenzahl variierte von 24 (Lietzen) bis 45 (Batzlow). Es deutet sich eine positive Korrelation zwischen der Artenzahl und der Keimlingsdichte an (Abb. 3); der Zusammenhang ist jedoch nicht signifikant ($r_s = 0,61$, $p = 0,15$). In Einzelexemplaren oder mit sehr geringer Individuenzahl konnten auch Diasporen von drei in Brandenburg gefährdeten Arten nachgewiesen werden: *Euphorbia exigua* (Zielart), *Potentilla incana* und *Veronica praecox* (Zielart). Vier weitere Arten stehen auf der Vorwarnliste: *Centaurea jacea*, *Cerastium brachypetalum*, *Myosurus minimus* und *Ranunculus bulbosus*. Das Vorkommen von *M. minimus* und *V. praecox* konnte nicht im FAV, sondern ausschließlich durch die Keimlingsanalyse im Botanischen Garten bestätigt werden.

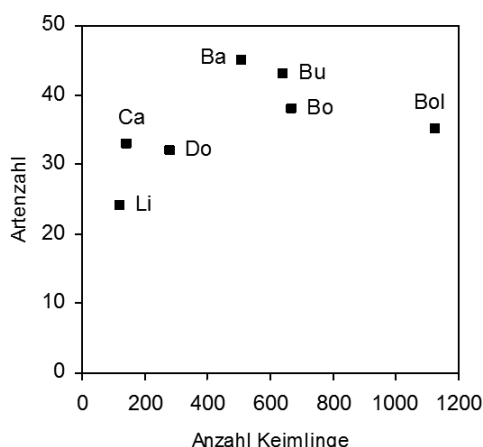


Abb. 3: Keimlingsauflaufverfahren (KAV): Beziehung zwischen gesamter Keimlings- und Artenzahl bei den sieben Untersuchungsflächen (Abkürzungen s. Abb. 2).

Fig. 3: Seedling emergence method (KAV): Relation between overall number of seedlings and total species diversity of the seven study sites (abbreviations see Fig. 2).

4.2. Freilandauflaufverfahren (FAV)

Beim FAV wurde ein größeres Artenspektrum als beim KAV gefunden. Insgesamt konnten 152 Arten dokumentiert werden; die häufigsten sind in Tab. 2 aufgeführt. Insbesondere die Frühjahrs-Ackerwildkräuter wie *Veronica hederifolia* und *Erophila verna* hatten auf den Freilandflächen gute Wachstumsbedingungen. Vor allem auf den schwer zu bearbeitenden Böden (z. B. Lietzen) fand sich ein großes Spektrum an Grünland-, Ruderal- und Trockenrasenarten (z. B. *Bromus erectus*, *Picris hieracioides*, Tab. 2). Mit Ausnahme von Lietzen konnten auf den Freilandflächen zahlreiche Segetalarten registriert werden. Die meisten Arten wurden auf den Flächen gefunden, die erst einige Jahren aus der Produktion genommen wurden (Booßen, Carzig). Auffallend war jedoch die geringe Anzahl an Keimlingen segetaler Therophyten bei Carzig.

Auf den sandigen und schwach sauren Böden von Booßen und Bollersdorf und stellenweise auf der Buckower Brache kamen azidophile Arten wie *Apera spica-venti*, *Centaurea cyanus* und *Rumex acetosella* s.l. vor. Auf schwach kalkhaltigen Geschiebemergel-Standorten (Batzlow, teilweise Buckow, Carzig, Dolgelin) traten *Consolida regalis*, *Euphorbia helioscopia* und *Descurainia sophia* auf. Auf beiden Standorttypen waren beispielsweise *Anagallis arvensis*, *Myosotis ramosissima*, *Tripleurospermum maritimum*, *Veronica hederifolia* und *Viola arvensis* verbreitet.

An Zielarten wurden *Agrostemma githago*, *Consolida regalis*, *Euphorbia exigua*, *Silene noctiflora*, *Stachys annua* und *Veronica praecox* gefunden. Bis auf *E. exigua* waren es stets nur wenige Individuen pro Plot. Einige konnten vermutlich seit der Nutzungsumstellung eine reproduktionsfähige Population aufrecht erhalten, denn in den Drillreihenlücken oder der lückigen Trockenrasenvegetation traten auch außerhalb der Grubberflächen einige kümmerliche Exemplare auf (*E. exigua*).

4.3. Artenzusammensetzung der beiden Auflaufverfahren im Vergleich

Durch das FAV konnten im Durchschnitt ein Drittel mehr Arten als beim KAV nachgewiesen werden; bei Dolgelin waren es sogar doppelt so viele (Abb. 4). Beide Versuchsmethoden unterschieden sich hinsichtlich der Artenzahl hochsignifikant (gepaarter t-Test; df = 19, T = 10,103, p < 0,001). Auch bezüglich der Segetalarten waren, mit Ausnahme von Lietzen,

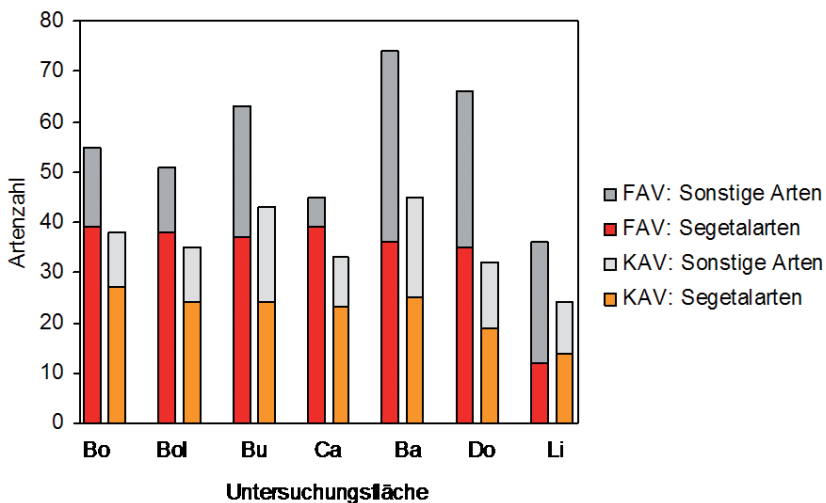


Abb. 4: Vergleich der Gesamtarten- und Segetalartenzahl von Freilandauflaufverfahren (FAV) und Keimlingsauflaufverfahren (KAV) (Abkürzungen s. Abb. 2).

Fig. 4: Comparison of total number of species and number of weed species found by seed-bank activation in the field (FAV) and seedling-emergence method (KAV) (abbreviations see Fig. 2).

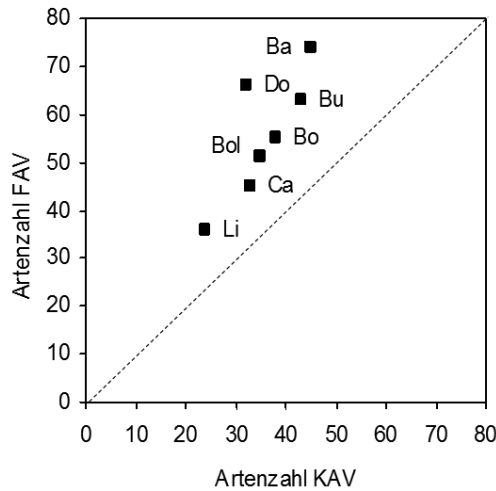


Abb. 5: Beziehung zwischen der Artenzahl des Keimlingsauflaufverfahrens (KAV) und des Freilandauf-
laufverfahrens (FAV). Die gestrichelte Linie bezeichnet gleiche Artenzahlen bei beiden Verfahren
(Abkürzungen s. Abb. 2).

Fig. 5: Species diversity relation between seedling-emergence method (KAV) and seed-bank activa-
tion in the field (FAV). The dotted line indicates same species numbers in both approaches (abbreviations
see Fig. 2).

Tabelle 3: Ähnlichkeiten (Sørensen-Index) in der Artenzusammensetzung zwischen und innerhalb von
Freilandauf-
laufverfahren (FAV) und Keimlingsauflaufverfahren (KAV)
Angegeben ist jeweils der Index für die drei Plots jeder Untersuchungsfläche.

Table 3: Similarity (Sørensen-Index) in species composition between and within the seed-bank activa-
tion in the field (FAV) and the seedling-emergence method (KAV) for the three study plots of each site

Vergleich		FAV / KAV			FAV / FAV		KAV / KAV	
Untersuchungsfläche	Plot	A	B	C	B	C	B	C
Booßen	A	0,61	-	-	0,65	0,68	0,57	0,62
	B	-	0,63	-	-	0,69	-	0,77
	C	-	-	0,6	-	-	-	-
Bollersdorf	A	0,52	-	-	0,71	0,76	0,75	0,67
	B	-	0,57	-	-	0,74	-	0,68
	C	-	-	0,55	-	-	-	-
Buckow	A	0,39	-	-	0,47	0,64	0,41	0,64
	B	-	0,4	-	-	0,55	-	0,46
	C	-	-	0,46	-	-	-	-
Carzig	A	0,37	-	-	0,44	0,36	0,33	0,27
	B	-	0,45	-	-	0,6	-	0,44
	C	-	-	0,42	-	-	-	-
Batzlow	A	0,53	-	-	0,58	0,59	0,51	0,57
	B	-	0,44	-	-	0,55	-	0,35
	C	-	-	0,46	-	-	-	-
Dolgelin	A	0,32	-	-	0,55	0,57	0,56	0,41
	B	-	0,49	-	-	0,56	-	0,54
	C	-	-	0,41	-	-	-	-
Lietzen	A	0,35	-	-	0,64	-	0,34	-
	B	-	0,29	-	-	-	-	-

auf den Freilandflächen zwei Drittel mehr Arten gekeimt (gepaarter t-Test; $df = 19$, $T = 7,06$, $p < 0,001$). Mit durchschnittlich 60% lag jedoch der prozentuale Anteil der Segetalpflanzen beim KAV höher. Dementsprechend war hier auch der Anteil der Therophyten mit einer Ausnahme (Carzig) erhöht. Beim KAV konnten durchschnittlich 53% zu den Therophyten gezählt werden, beim FAV waren es im Mittel nur 45%.

Für die meisten Untersuchungsflächen konnten insgesamt zwischen 39 und 47 Segetalarten nachgewiesen werden, lediglich auf der 50 Jahre alten Brache bei Lietzen waren es mit 21 deutlich weniger (Tab. 4 im Anhang).

Aus Abb. 5 wird ersichtlich, dass die Artenzahlen zwischen Freiland- und Keimlingsauf-laufverfahren bis auf die Untersuchungsfläche Dolgeln sehr gut korrelieren ($r = 0,80$, $p < 0,05$; ohne Dolgeln: $r = 0,97$, $p < 0,001$). Die meisten Arten des KAVs wurden auch im Feld nachgewiesen. Im Mittel konnten beim FAV 10 Arten des KAVs nicht registriert werden. Die häufigsten Arten beim KAV wiesen auch im Freiland eine hohe Artmächtigkeit auf (z. B. *Trifolium campestre* bei Batzlow, *Cerastium semidecandrum* bei Buckow) (Tab. 2).

Die Unterschiede der Artenzusammensetzung zwischen den Freilandflächen des FAVs und den entsprechenden Keimschalen des KAVs einer Untersuchungsfläche sind bei fast allen Untersuchungsflächen relativ groß. Bei Booßen ähneln sich die Artenspektren am stärksten (SI: 0,6–0,63). Bei Buckow, Carzig und Dolgeln liegt der durchschnittliche SI bei 0,42, bei Lietzen nur bei 0,32 (Tab. 3, Spalten 3–5). Die Plots des FAVs einer Untersuchungsfläche sind signifikant ähnlicher als die Keimschalen des KAVs (Tab. 3, Spalten 6, 7 und 8, 9; t-Test für Paardifferenzen: $df = 18$, $T = 3,753$, $p < 0,001$). Die Unterschiede zwischen den Analyseverfahren können hierbei beträchtlich sein. So sind sich die Lietzener Freilandflächen beispielsweise relativ ähnlich (SI: 0,64); das spiegelt sich jedoch nicht im KAV wieder (SI: 0,34).

4.4. Artenzusammensetzung der Auflaufverfahren und Grasländer im Vergleich

Im Vergleich der Auflaufverfahren mit der Brachen- bzw. Graslandvegetation (Tab. 4 im Anhang) wird erkennbar, dass der Anteil der Segetalarten beim FAV und KAV stets größer war (Abb. 6). Trotzdem war die Zahl der Segetalarten in der Brachen- bzw. Graslandvegeta-

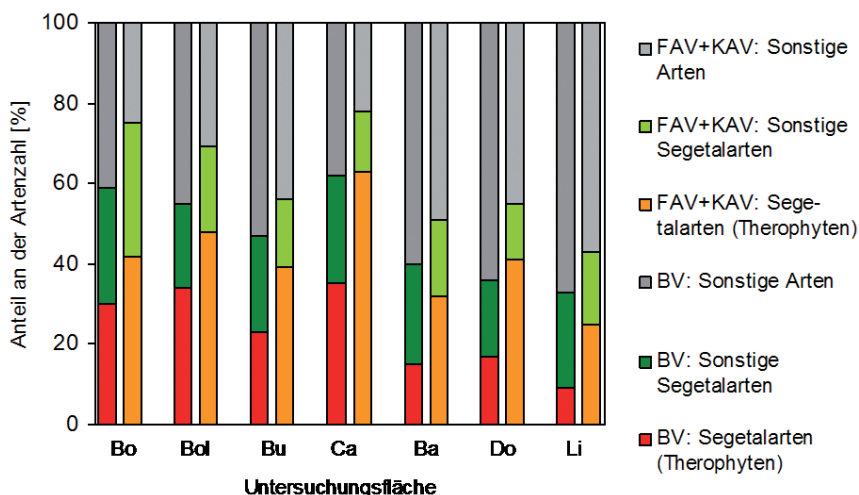


Abb. 6: Vergleich von Brachenvegetation (BV) und Vegetation der Auflaufverfahren (Freilandauflaufverfahren = FAV, Keimlingsauflaufverfahren = KAV): Anteil der segetalen Therophyten und der übrigen Segetalarten am gesamten Artenspektrum (Abkürzungen s. Abb. 2).

Fig. 6: Comparison of fallow vegetation (BV) and vegetation in the seed-bank analyses (seed-bank activation in the field = FAV, seedling-emergence method = KAV): Proportion of therophytic weeds and other arable weeds within the whole species spectrum (abbreviations see Fig. 2).

tion noch relativ hoch; im Durchschnitt konnten fast 50% der Arten hierzu gezählt werden. Unter den Arten der Brachenvegetation zählte durchschnittlich knapp nur ein Viertel zu den segetalen Therophyten, bei den Auflaufverfahren lag der Anteil bei 41%.

5. Diskussion

5.1. Entwicklung der Segetalarten-Diasporenbank unter Brache

Nach der ackerbaulichen Nutzungsperiode verändert sich die Diasporenbank quantitativ und qualitativ. ALBRECHT (2004) konnte auf Stilllegungsflächen eine Zunahme der Diasporenzahl von 7800 auf 48.000 pro m² in den ersten drei Jahren beobachten. Für diesen Anstieg waren hauptsächlich die annuellen Arten verantwortlich, die aufgrund der geringen Bestandsdeckung gute Etablierungsmöglichkeiten hatten. Schon im zweiten Stilllegungsjahr waren die meisten Annuellen in der aktuellen Vegetation jedoch fast vollständig durch mehrjährige Arten ersetzt worden; Lichtmangel war zum keimungshemmenden Faktor geworden. Im Diasporenvorrat nahmen die annuellen Arten dagegen nur langsam ab; bis zum 6. Jahr war ihre Dichte auf 17.600 Diasporen/m² zurückgegangen. Eine mögliche Ursache für den Rückgang der Diasporendichte ist, dass die meisten Segetalarten kurzlebige („short-term persistent“) (THOMPSON et al. 1997) Diasporen besitzen. Auch WALDHARDT et al. (2001) konnten durch Untersuchungen auf unterschiedlich alten Brachen zeigen, dass der Diasporenvorrat der Segetalarten exponentiell über die Zeit abnimmt; nach etwa 20 Jahren war die Diasporenbank dort weitestgehend verarmt. Mit der Reduktion der Diasporenzahl war auch immer eine Abnahme der Artenzahl verbunden.

Dagegen konnten bei den 20jährigen Brachen der vorliegenden Studie fast durchweg noch relativ viele lebensfähige Samen von annuellen Arten im Diasporenvorrat festgestellt werden, und auf den meisten Flächen waren über 40 Segetalarten nachgewiesen worden. Auch WÄLDCHEN et al. (2005) beobachteten, dass unter langjähriger Brache (> 50 Jahre) die Samen vieler Segetalarten keimfähig bleiben: Durch einen Freilandversuch und eine Literaturrecherche konnte eine hohe Überlebensfähigkeit der Diasporen (> 20 Jahre) für ca. 50% der Segetalarten Thüringens nachgewiesen werden. In der vorliegenden Arbeit deutet sich jedoch ebenso wie bei WÄLDCHEN et al. (2005) ein Zusammenhang zwischen dem Stilllegungszeitpunkt und der Größe des Segetalartenspektrums im Diasporenvorrat an. Bei den Untersuchungsflächen Booßen und Carzig liegt die Ackernutzungsperiode noch nicht lange zurück (< 4 Jahre); dementsprechend wurden hier auch die meisten Segetalarten gefunden. Auch bei der 20jährigen Bollersdorfer Brache waren vergleichsweise viele Segetalarten aufgelaufen. Die geringe Keimlingszahl annueller Segetalpflanzen bei Carzig ist möglicherweise auf den Herbizideinsatz in der vergangenen Nutzungsperiode zurückzuführen, der vielen Segetalarten eine erfolgreiche Reproduktion verwehrt hat.

5.2. Freiland- und Keimlingsauflaufverfahren (FAV und KAV) im Vergleich

Durch das FAV konnte ein größeres Artenspektrum als beim KAV nachgewiesen werden. Diese Differenz kommt vor allem durch die unterschiedliche Größe der untersuchten Flächen zustande. Beim FAV konnte im Gegensatz zum „punktuellen“ Analyseverfahren ein vergleichsweise großer Teil der Diasporenbank aktiviert werden. Beim KAV gewinnen kleinräumige Standortunterschiede an Bedeutung. Im Folgenden werden einige weitere Punkte diskutiert, die die Unterschiede in der Artenzusammensetzung zwischen KAV und FAV begründen.

5.2.1. Räumliche Variabilität der Diasporenbank und Beprobungsaufwand

Die Diasporen vieler Arten treten nicht homogen, sondern geklumpt auf, meist in der Nähe der Mutterpflanze (Czarnecka 2004, OLANO et al. 2005). So variierte die Diasporendichte auf Ackerstandorten bei MAYOR & DESSAINT (1998) von 400 bis 77.800 Diasporen/m² bzw. 2.765–43.272 Diasporen/m²). Die ungleiche Verteilung der Diasporen auf jedem Plot begründet die Unterschiede zwischen den Analyseverfahren. Da beim KAV häufig nur eine

Untermenge des Arteninventars der FAV erfasst wurde, sind auch die Unterschiede in der Artenzusammensetzung zwischen den Keimschalen fast immer größer als bei den zugehörigen Freilandflächen (Tab. 3, Spalten 6, 7 und 8, 9). Aus demselben Grund ergibt auch der Vergleich zwischen Keimschale und zugehöriger Freilandfläche meist große Differenzen (Tab. 3, Spalten 2–4). So stellten auch HANDLOVÁ & MÜNZBERGOVÁ (2006) fest, dass die Artenvielfalt zwischen einzelnen Teilflächen einer Untersuchungsfläche stärker differierte, wenn man die Ergebnisse des KAVs mit den Vegetationsaufnahmen verglich.

LAMBELET-HAUETER (1986) fand bei Diasporenbankuntersuchungen auf Ackerflächen heraus, dass selbst bei großen Probenmengen nicht immer alle vorhandenen Arten erfasst werden: Mit 20 Bodenproben à 490 cm³ konnten rund 90% der Arten nachgewiesen werden. GROSS (1990) ist für Ackerstandorte der Auffassung, dass sich ein vergleichbares Ergebnis erzielen lässt, wenn das Einzelprobevolumen nur 74 cm³ beträgt. Bei der eigenen Untersuchung wurden für jede Untersuchungsfläche 5040 cm³ Boden untersucht. Im Vergleich mit den Artenzahl-Bodenvolumenkurven von LAMBELET-HAUETER (1986) erfassten wir damit etwa 72% des Arteninventars. Da das KAV durchschnittlich etwa 66% des Arteninventars des FAVs umfasste, kann somit angenommen werden, dass auf den Freilandflächen ein Großteil des gesamten Artenspektrums der Untersuchungsflächen vorhanden war.

Beim KAV gelangen generell nur 1,3–6% der in den Proben vorhandenen lebenden Samen zur Keimung (BARRALIS & CHADOEUF 1980, ALBRECHT & PILGRAM 1997). Vor allem für Arten mit kleiner Diasporenbank, zu denen auch viele seltene Arten zählen, besteht daher nur eine geringe Wahrscheinlichkeit, sie durch das KAV nachweisen zu können. Zahlreiche Untersuchungen (u. a. BARRALIS et al. 1986, DESSAINT et al. 1990) haben gezeigt, dass für eine hinreichende Beschreibung der Diasporenbank von seltenen Arten mehrere hundert Proben getrennt ausgewertet werden müssen. Um den Arbeitsaufwand zu minimieren, empfiehlt ALBRECHT (1995) nur dort, wo die gesuchten Arten noch vergleichsweise häufig auftreten, wenige Plots mit vielen, voluminösen Proben zu analysieren. Für die vorliegende Untersuchung wurden demnach auf kleiner Fläche 3 x 32 Proben genommen, vorrangig an mergelhaltigen, strahlungsexponierten Standorten. Trotzdem wurde beispielsweise *Veronica triphyllos*, die auf den Freilandflächen auftrat, in keiner Keimschale gefunden (Tab. 4). Nach ALBRECHT (1989) besitzt *V. triphyllos* nur eine kleine Diasporenbank mit weniger als 100 Diasporen/m²; dies gilt auch für *Agrostemma githago*, *Consolida regalis* und *Stachys annua* (WESOŁOWSKI 1979). Im Gegensatz dazu gehörten Arten, die eine hundertmal größere Diasporenbank besitzen, als es ihrer vegetativen Abundanz entspricht (ALBRECHT & PILGRAM, 1997), zu den dominanten Spezies im KAV dieser Studie. Dazu zählen *Arabidopsis thaliana*, *Arenaria serpyllifolia* und *Cerastium semidecandrum*.

5.2.2. Artenzusammensetzung und Abundanz der Einzelarten in Abhängigkeit von Umweltfaktoren

Die Samenkeimung ist sehr stark von Umwelteinflüssen abhängig. MAYOR & DESSAINT (1998) konnten bei verschiedenen Arten zeigen, dass die Zahl gekeimter Samen pro m² von einem Jahr zum anderen um mehr als 100% variieren kann. Folglich können z. B. auch veränderte Temperatur- und Feuchteverhältnisse eine Ursache für die Differenzen in der Artenzusammensetzung zwischen den beiden Methoden sein.

Entscheidend für unsere Frage ist nicht, ob die gesuchten Arten noch in der Diasporenbank vorhanden sind, sondern ob eine Keimung unter natürlichen Bedingungen möglich ist. Demzufolge waren die Bodenproben nicht in einem Gewächshaus, sondern in einem Freiland-Tunnelzelt untergebracht worden. Doch auch in dieser Umwelt können bestimmte Keimungsreize fehlen. Andererseits kann eine Art, die unter Gewächshausbedingungen keimen konnte, im Freiland dormant bleiben. *Myosurus minimus* wurde beispielsweise nur beim KAV gefunden. Für den Krumenfeuchtezeiger gestalteten sich die Bedingungen hier günstiger als im Freiland, denn das Frühjahr 2009 war recht trocken gewesen.

Im Winter 2008/09 hatte es zwei bemerkenswerte Kältewellen gegeben. Anfang Januar lagen die Tiefstwerte im Untersuchungsgebiet unter –10 °C (www.wetteronline.de, 30.07.2010).

Es ist denkbar, dass es bei den Pflanzen im Zelt zu geringeren Verlusten kam, da sie sich an einem geschützteren Standort befanden. Bei den Plots in südexponierter Hanglage (Dolgelin, Lietzen, Buckow) kann auch Frostrocknis zu hoher Wintermortalität geführt haben. So konnte DEBAEKE (1988) für einige Segetalarten nachweisen, dass nur die größten Exemplare die Frostperiode überlebten. Da der Bodenumbruch erst Ende Oktober erfolgt war, verblieb für einige winterannuelle Arten möglicherweise nicht mehr genügend Entwicklungszeit.

Beim KAV werden lichtbedürftige Arten begünstigt. Da der Boden nur in einer dünnen Schicht aufgetragen und regelmäßig gelockert wird und beschattende Pflanzen entfernt werden, kann das Licht auf einen Großteil der Diasporen einwirken. Kleine Samen sind nach MILBERG et al. (2000) besonders lichtbedürftig. Sie beinhalten nicht genügend Speicherstoffe, um in tiefer gelegenen Bodenschichten keimen zu können, und ihre Keimlinge würden absterben, bevor sie die Oberfläche erreicht hätten (MILBERG et al. 1996). Tatsächlich besaßen die häufigsten Arten im KAV überwiegend kleine Diasporen ($\leq 0,1$ mg), z. B. *Arabidopsis thaliana*, *Arenaria serpyllifolia* und *Cerastium semidecandrum* (KLOTZ et al. 2002). Für diese Therophyten sind die Bedingungen beim KAV günstiger als im Freiland, weil sie aufgrund ihrer geringen Größe in einem geschlossenen Pflanzenbestand schnell ausgedunkelt werden und daher nur in Vegetationslücken auflaufen. Vermutlich wären auch auf den Freilandflächen noch mehr lichtbedürftige Segetalarten aufgelaufen, wenn die locker aufliegende Mulch- und Moosstreu sowie verbliebene Grashorste nicht stets einen Teil der Bodenfläche bedeckt hätten. Im Gegensatz zu dikotylen Arten, bei denen es viele Lichtkeimer gibt, sind viele Gräser lichtneutral (OPITZ VON BOBERFELD et al. 1999). Die geringe Abundanz der Grasarten in den Keimschalen unterstützt diese Hypothese. Wahrscheinlich werden aber auch weitere Faktoren die Gräserkeimung behindert haben.

5.2.3. Abschließende Beurteilung des Keimlingsauflaufverfahrens (KAV)

In unserer Studie entsprach die Keimlingsdichte beim KAV nur bei den häufigsten Arten der Pflanzendichte beim FAV. Ein vergleichbarer Versuch von BOSSUYT et al. (2007), die die Diasporenbank im Sediment eines entwässerten Sees untersuchten, kam zu ähnlichen Resultaten: Durchschnittlich keimten im Freiland mehr als doppelt so viele Arten, obwohl beim KAV eine längere Beobachtungszeit angesetzt worden war. Nach BOSSUYT et al. (2007) können durch das KAV nur zwei Merkmale realistisch wiedergegeben werden: die gesamte Keimlingsdichte und die relative Abundanz der häufigsten perennierenden Arten. Im Gegensatz zu BOSSUYT et al. (2007) dominierten bei unserer Untersuchung die Annuellen, während viele ausdauernde Arten in den Keimschalen fehlten. Bei OLANO et al. (2005) spiegelte das KAV dagegen die Ergebnisse des FAVs gut wider. Ihre Untersuchungen führten sie in semi-ariden Ökosystemen durch, wo annuelle Arten dominierten. Es ist also offenbar entscheidend, welche Pflanzengesellschaften betrachtet werden: In Abhängigkeit von der Häufigkeit der Arten sind stets verschiedene Gruppen besser oder schlechter im KAV repräsentiert.

Der große Unterschied zwischen Freiland- und Keimlingsauflaufverfahren in unserer Studie verdeutlicht, dass für die Analyse des Diasporenvorrats ehemaliger Ackerflächen stets das FAV die Methode der Wahl ist, da eine weitaus größere Segetalartenvielfalt nachgewiesen werden kann. Obwohl durch das zufällige Sammeln von Bodenproben stets nur ein sehr kleiner Teil, selten über 1%, der gesamten Studienfläche beprobt werden kann (PECO et al. 1998) und darum das potenzielle Artenspektrum einer Fläche wohl nur selten realistisch beurteilt werden kann, verwenden viele Studien aber bisher das KAV, um Empfehlungen für die zukünftige Nutzung bzw. Renaturierungsvorschläge abzuleiten (z. B. BEKKER et al. 1999, WOLTERS & BAKKER 2002, BOEDELTE et al. 2003).

5.3. Zielarten und Keimfähigkeitsdauer

Die Untersuchung hat gezeigt, dass unter langjähriger Brache noch ein verhältnismäßig großes Spektrum an Segetalarten vorhanden sein kann. Folglich scheinen viele Segetalpflanzen eine langlebige Diasporenbank zu besitzen. Auf Flächen, die erst seit zwei bzw. vier

Jahren aus der Produktion genommen (Booßen) bzw. in Weideland umgewandelt sind (Carzig), kann davon ausgegangen werden, dass noch nahezu der gesamte ursprüngliche Segetalartenbestand in der Diasporenbank vorhanden war. Mitunter wurden durch den Tritt von Weidetieren kleinflächig offene Bodenstellen geschaffen, sodass auch Arten mit kurzlebigen Samen (z. B. *Veronica triphyllos*, KNEVEL et al. 2005) überleben konnten. In den ersten Jahren nach der Umnutzung ist die Vegetation meist noch nicht flächendeckend ausgebildet, sodass die Segetalarten in Lücken fortwährend zur Keimung gelangen können. Bei den langjährigen Brachen wurden ebenfalls einige Segetalarten im Umfeld der umgebrochenen Flächen gefunden. Vermutlich waren also auch hier seit der Ackerstilllegung stets reproduktionsfähige Populationen vorhanden.

Einige Arten besitzen jedoch offenbar tatsächlich eine lange Keimfähigkeit, da sie auf den Flächen des FAVs in vergleichsweise hoher Abundanz auftraten (> 50/Fläche). Dazu zählen z. B. *Anagallis arvensis* (Überlebensdauer nach BOGENRIEDER & BÜHLER 1991 > 100 Jahre) und *Euphorbia exigua* (WÄLDCHEN 2004: 60 Jahre). Bemerkenswert ist das Vorkommen der in Brandenburg vom Aussterben bedrohten *Agrostemma githago* auf der Booßener Brache mit jeweils fünf Exemplaren auf zwei der drei Freilandflächen. Da sie seit der letzten ackerbaulichen Bewirtschaftung nur noch an wenigen, von den Untersuchungsflächen entfernten Stellen nachgewiesen worden war, ist davon auszugehen, dass die Pflanzen auf den Plots aus Samen hervorgegangen sind, die noch aus der Phase der 4 oder 5 Jahre zurückliegenden Ackernutzung stammen. Demnach sind die Samen von *A. githago* im Boden wahrscheinlich doch langlebiger, als es in der Literatur angegeben wird: SALZMANN (1954) und THOMPSON et al. (1997) gehen davon aus, dass sie nicht älter als ein Jahr werden können; KIVILAAN & BANDURSKI (1981) schränken die maximale Keimfähigkeitsdauer nicht so stark ein (< 5 Jahre). Für *Stachys annua* wird eine vergleichsweise hohe Keimfähigkeitsdauer angenommen (WÄLDCHEN 2004: > 60 Jahre). Diese Segetalart wurde mit einzelnen Exemplaren auf den Freilandflächen bei Batzlow sowie an Wildschweinwühlstellen der Brache gefunden. Auch aus früheren Vegetationserfassungen auf der Untersuchungsfläche ist bekannt, dass Restbestände an den Wühlstellen des Schwarzwilds vorhanden waren. Für den Erhalt der Population ist die Aktivität der Wildschweine vermutlich unerlässlich. *Amoseris minima* wurde auf den zwanzigjährigen Brachen nicht wieder gefunden. Es besitzt wahrscheinlich nur eine kurzlebige Diasporenbank; KÄSTNER et al. (2001) geben eine Keimfähigkeitsdauer von 5 Jahren an.

5.4. Optionen für die Untersuchungsflächen: Schutz von Acker- oder Grünland?

Es kann davon ausgegangen werden, dass das Vorkommen einiger Segetalarten auf den untersuchten Flächen auch in nächsten Jahren nicht erlöschen wird, da offener Boden, insbesondere in Steillagen, eine fortwährende Reproduktion ermöglicht; an anderen Stellen verhindern Wildschweine den Lückenschluss der Vegetation. Langfristig gesehen werden jedoch die kleinflächigen Keimstellen und die sporadisch auftretenden Bodenstörungen wahrscheinlich nicht ausreichen, um das Überleben der Populationen zu sichern. Folglich würde sich die Einrichtung eines Schutzackers auf vielen der untersuchten Brachen als sinnvoll erweisen. Doch der Umbruch langjähriger Brachen zugunsten gefährdeter Segetalarten birgt einen Zielkonflikt: Oft haben sich auf den flachgründigen und ertragsarmen Sand- bzw. Lehmstandorten nach der Stilllegung artenreiche Folgegesellschaften entwickelt. Auf der Untersuchungsfläche Dolgelin markiert das Artenspektrum mit *Briza media*, *Campanula sibirica*, *Helictotrichon pubescens*, *Potentilla incana* und *Salvia pratensis* bereits den Übergang zu den kontinentalen Trocken- und Halbtrockenrasen, die in Deutschland hauptsächlich auf das Odergebiet und das mitteldeutsche Trockengebiet beschränkt sind; einige der charakteristischen Arten haben in Brandenburg ihre westliche Verbreitungsgrenze. Für die meisten Untersuchungsflächen erscheint es daher günstiger, die Beweidung zugunsten der Trockenrasenentwicklung fortzusetzen. Außerdem wird beim Umbruch von Dauergrünland, der derzeit in Deutschland massiv stattfindet (BMELV 2008), Kohlendioxid als klimaschädliches Treibhausgas freigesetzt BMELV 2010 (www.klimawandel-und-klimaschutz.de/)

minderung-mitigation/treibhausgasemissionen, 06.01.2011). So wird aktuell auch nur für die Untersuchungsfläche Booßen versucht, das Schutzackerkonzept umzusetzen.

Schutzäcker sollten daher vornehmlich auf schon bestehenden Äckern eingerichtet werden. Ausnahmen sind gerechtfertigt, wenn für stark gefährdete Segetalarten die realistische Chance besteht, dass sie sich unter extensiver Bewirtschaftung erfolgreich vermehren werden. Der Umbruch sollte an ausgewählten Standorten auf kleiner Fläche (Mindestgröße: 0,25 ha) erfolgen. Darüber hinaus muss beachtet werden, dass nach einer langen Brachedauer nur noch ein Teil der ursprünglichen Segetalvegetation wieder aufläuft. ALBRECHT (2004) beobachtete die höchsten Artenzahlen im Diasporenvorrat von Ackerbrachen zwischen dem 2. und 5. Jahr nach Stilllegung. Unter dem Gesichtspunkt der pflanzlichen Artenvielfalt wird eine längere Brachedauer daher nicht empfohlen. Im Hinblick auf die betrachteten Flächen gibt es noch weitere Aspekte, die gegen die Einrichtung eines Schutzackers sprechen: Viele Brachen der Untersuchungsflächen sind Bestandteil von FFH-Lebensräumen, in denen das Verbot des Grünlandumbruchs gilt. Darüber hinaus befinden sich einige Flächen in Hanglage; sie wären unter ackerbaulicher Nutzung verstärkt erosionsgefährdet. Auch die Bewirtschaftung mit der heutigen Technik wäre in diesen Bereichen erschwert.

Als Kompromiss würde es sich jedoch anbieten, nur einen kleinen Teil der untersuchten Flächen umzubrechen. Auf einem kleinflächigen Pflügacker (ohne Einsaat) könnten nicht nur die Segetalarten zur Keimung gelangen; es würden auch frühe Sukzessionsstadien der Trockenrasenentwicklung gefördert. So hätte die vorgeschlagene Maßnahme vermutlich keine negativen Folgen für die Diversität des Trockenrasens. Es empfiehlt sich, den Pflügacker in jedem Jahr an einer anderen Stelle anzulegen, um einen größeren Teil des Diasporenvorrats zu aktivieren. Bei Arten mit langlebigen Samen würden sich wahrscheinlich auch nach einer 5jährigen Rotationspause immer noch arten- und individuenreiche Bestände ausbilden.

Danksagung

Wir möchten uns vor allem bei folgenden Kollegen ganz herzlich für die praktische Vorbereitung der Feldversuche, die engagierte Unterstützung bei der Literaturrecherche und die Hinweise zum Manuskript bedanken: Dr. T. van Elsen (Witzenhausen), F. Gottwald (Joachimsthal), G. Haase (Straußberg), S. Meyer (Göttingen) und N. Wedl (Müncheberg).

Tabelle 4: Vergleich der im Freiland- und Keimlingsauflaufverfahren gefundenen Arten mit der Brachen- bzw. Graslandvegetation

Vorkommen der Segetalarten (weiß: Brachen- bzw. Graslandvegetation, grau: Freiland- und Keimlingsauflaufverfahren, ST: Segetaler Therophyt, *: Zielart)

Table 4: Comparison of seed-bank species composition (seed-bank activation under field conditions and seedling-emergence method) and fallow and grassland vegetation, respectively.

Occurrence of weed species (white: fallow vegetation, grey: seed bank activation in the field, ST: annual weed species, *: target species)

Segelart	ST	Booßen	Bollersdorf	Buckow	Carzig	Batzlow	Dolgelin	Lietzen
<i>Achillea millefolium</i>		x x	x x	x x		x x	x x	x x
<i>Agrostemma githago*</i>	+	x						
<i>Agrostis capillaris</i>		x x	x		x x			
<i>Agrostis gigantea</i>								x
<i>Agrostis stolonifera</i>		x x	x x			x		
<i>Allium oleraceum</i>		x				x		
<i>Anagallis arvensis</i>	+			x x	x	x	x	x
<i>Anchusa arvensis</i>	+	x x						
<i>Apera spica-venti</i>	+	x	x x	x	x	x		
<i>Aphanes arvensis</i>	+			x				
<i>Arabidopsis thaliana</i>	+	x x	x x	x x		x		
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	+			x x	x x	x x	x x	x x
<i>Artemisia vulgaris</i>		x x	x x	x x	x	x		
<i>Asparagus officinalis</i>								x x
<i>Bromus hordeaceus</i>	+		x x	x	x x	x	x x	
<i>Bromus sterilis</i>	+				x	x x	x	
<i>Bromus tectorum</i>	+						x	
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	+	x	x	x	x	x	x	x
<i>Centaurea cyanus</i>	+	x x			x			
<i>Cerastium holosteoides</i>		x x		x x	x x	x x	x x	x x
<i>Cerastium semidecandrum</i>	+		x x	x x	x	x x	x x	
<i>Chenopodium album</i>	+	x	x x	x x	x	x	x	x
<i>Cirsium arvense</i>		x x			x	x		x
<i>Consolida regalis*</i>	+		x	x	x		x	
<i>Convolvulus arvensis</i>		x x	x x	x	x	x x	x	x x
<i>Conyza canadensis</i>	+	x x	x x	x	x x		x	x
<i>Descurainia sophia</i>	+		x		x		x	
<i>Elymus repens</i>		x x	x x		x			
<i>Equisetum arvense</i>		x	x	x x	x	x x	x	x
<i>Erodium cicutarium</i>	+		x	x		x	x x	
<i>Erophila verna</i>	+	x x	x x		x		x	
<i>Erysium cheiranthoides</i>	+				x	x	x	
<i>Euphorbia exigua*</i>	+				x x		x x	
<i>Euphorbia helioscopia</i>	+		x	x x	x x	x	x x	x x
<i>Falcaria vulgaris</i>				x		x x	x x	x x
<i>Fallopia convolvulus</i>	+		x	x	x	x	x	
<i>Gagea pratensis</i>		x						
<i>Galium aparine</i>	+						x	x
<i>Geranium pusillum</i>	+	x			x x	x		
<i>Glechoma hederacea</i>		x						
<i>Holosteum umbellatum</i>	+						x	x
<i>Knautia arvensis</i>				x x				x x
<i>Lamium amplexicaule</i>	+	x						
<i>Lamium purpureum</i>	+	x x						
<i>Lathyrus tuberosus</i>						x		
<i>Linaria vulgaris</i>		x x						x

Segelart	ST	Booßen	Bollers- dorf	Buckow	Carzig	Batzlow	Dolgelin	Lietzen
<i>Lolium multiflorum</i>	+				x			
<i>Lolium perenne</i>		x x	x		x x		x	
<i>Matricaria recutita</i>	+				x	x		
<i>Medicago lupulina</i>	+			x x	x x	x	x x	x x
<i>Medicago x varia</i>		x x		x x		x x	x	x
<i>Myosotis arvensis</i>	+	x x	x x	x x	x	x x	x	
<i>Myosotis ramosissima</i>	+	x x	x x	x x		x x	x x	
<i>Myosotis stricta</i>	+	x x	x x					
<i>Myosurus minimus</i>	+	x	x					
<i>Nigella arvensis*</i>	+						x	
<i>Odontites vernus</i>	+	x						
<i>Papaver argemone</i>	+		x		x	x	x	
<i>Papaver dubium</i>	+				x		x	
<i>Papaver rhoeas</i>	+				x		x	
<i>Plantago lanceolata</i>		x x	x	x x		x x	x x	x x
<i>Plantago major</i>		x x		x	x x	x		
<i>Poa trivialis</i>						x x		
<i>Polygonum aviculare</i> s.l.	+	x	x		x x	x	x	
<i>Ranunculus bulbosus</i>					x	x x		
<i>Rumex acetosella</i> s.l.		x x	x x	x x	x		x	x
<i>Rumex crispus</i>		x x				x		
<i>Senecio vernalis</i>	+		x x		x			
<i>Setaria viridis</i>	+		x x	x	x		x	
<i>Silene latifolia</i> subsp. <i>alba</i>		x x	x x	x			x x	
<i>Silene noctiflora*</i>	+				x			
<i>Sonchus arvensis</i>					x			
<i>Sonchus oleraceus</i>	+	x x						
<i>Spergularia rubra</i>	+		x					
<i>Stachys annua*</i>	+					x		
<i>Stellaria graminea</i>				x x				
<i>Stellaria media</i>	+	x x	x	x	x x	x x		
<i>Symphytum officinale</i>						x		
<i>Taraxacum</i> sect. <i>Ruderalia</i>			x x	x x	x x	x x	x x	x x
<i>Thlaspi arvense</i>	+		x		x			
<i>Trifolium arvense</i>	+		x x	x x				
<i>Trifolium pratense</i>				x x		x x	x	
<i>Trifolium repens</i>				x	x x	x x	x x	
<i>Tripleurospermum</i> <i>maritimum</i>	+	x x	x	x	x			
<i>Valerianella locusta</i>	+		x	x			x	
<i>Veronica arvensis</i>	+	x x	x x	x x	x x	x x	x	
<i>Veronica hederifolia</i>	+	x x	x	x	x x	x		
<i>Veronica persica</i>	+				x	x		
<i>Veronica polita</i>	+			x	x x	x		x
<i>Veronica praecox*</i>	+			x				
<i>Veronica triphyllos</i>	+	x	x	x	x			
<i>Vicia angustifolia</i>	+	x x	x x	x x		x x	x x	
<i>Vicia hirsuta</i>	+	x	x x	x x		x	x	
<i>Vicia tetrasperma</i>	+	x x	x	x x		x x	x x	
<i>Vicia villosa</i>	+	x	x	x x				x
<i>Viola arvensis</i>	+	x x	x x	x	x	x	x	
Artenzahl segetale Therophyten		20 26	19 33	16 31	14 36	13 26	15 29	4 10
Artenzahl Segetalarten		38 44	28 44	30 44	23 47	29 42	25 39	15 21

Literatur

- AG BODEN (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. – Hrsg.: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und Geologische Landesämter, 4. Aufl., Hannover: 394 S.
- ALBRECHT, H. (1989): Untersuchungen zur Veränderung der Segetalflora an sieben bayrischen Ackerstandorten zwischen den Erhebungszeiträumen 1951/68 und 1986/88. – Diss. Bot. 141: 1–201.
- (1995): Modelluntersuchung und Literatúrauswertung zum Diasporenvorrat gefährdeter Wildkräuter in Ackerböden. – Schriftenr. Stiftung zum Schutze gefährd. Pfl. 5: 123–140.
- (2003): Suitability of arable weeds as indicator organisms to evaluate species conservation effects of management in agricultural ecosystems. – Agric. Ecosyst. Environ. 98: 201–211.
- (2004): Entwicklung der Diasporenbank in Ackerböden sechs Jahre nach der Stilllegung. – Z. Pflanzenkrankh. 14: 49–56.
- & PILGRAM, M. (1997): The weed seed bank of soils in a landscape segment in southern Bavaria, II. Relation to environmental variables and to surface vegetation. – Plant Ecol. 131: 31–43.
- BARRALIS, G. & CHADOEUF, R. (1980): Etude de la dynamique d'une communauté adventice: I. évolution de la flore adventice au cours du cycle végétatif d'une culture. – Weed Res. 20: 231–237.
- , – & GOUET, J.P. (1986): Essai de détermination de la taille de l'échantillon pour l'étude du potentiel semencier d'un sol. – Weed Res. 26: 291–297.
- BEKKER, R.M., LAMMERTS, E.J., SCHUTTER, A. & GROOTJANS, A.P. (1999): Vegetation development in dune slacks: the role of persistent seed banks. – J. Veg. Sci. 10: 745–754.
- BMELV (2008): Beantwortung der schriftlichen Frage Nr. 10/225 der MdB Cornelia Behm durch Staatssekretär Gert Lindemann vom 03.11.2008.
- BOEDELTE, G., BAKKER, J.P. & TER HEERDT, G.N.J. (2003): Potential role of propagule banks in the development of aquatic vegetation in backwaters along navigation canals. – Aquat. Bot. 77: 53–69.
- BOGENRIEDER, A. & BÜHLER, M. (1991): Zwischen Beharren und Wandel – Pflanzengesellschaften unter dem Einfluss des wirtschaftenden Menschen. – Ber. Naturforsch. Ges. Freiburg i. Br. 81: 25–64.
- BOSSUYT, B., VAN WICHELEN, J. & HOFFMANN, M. (2007): Predicting future community composition from random soil seed bank sampling – evidence from a drained lake bottom. – J. Veg. Sci. 18: 443–450.
- BUHLER, D.D. (1995): Influence of tillage systems on weed population dynamics and management in corn and soybean in the central USA. – Crop Sci. 35: 1247–1258.
- CHIPPINDALE, H.G. & MILTON, W.E.J. (1934): On the viable seeds present in the soil beneath pastures. – J. Ecol. 22: 508–531.
- CZARNECKA, J. (2004): Microspatial structure of the seed bank of xerothermic grassland – Intracommunity differentiation. – Acta Soc. Bot. Poloniae 73: 155–164.
- DEBAEKE, P. (1988): Dynamique de quelques dicotylédones adventices en culture de céréale. II. Survie, floraison et fructification. – Weed Res. 28: 265–279.
- DESSAINT, F., BARRALIS, G., BEURET, E., CAIXINHAS, M.L., POST, B.J. & ZANIN, G. (1990): Etude coopérative EWRS: la détermination du potentiel semencier: I. Recherche d'une relation entre la moyenne et la variance d'échantillonnage. – Weed Res. 30: 421–429.
- DIERSCHKE, H. (1994): Pflanzensoziologie. Grundlagen und Methoden. – Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart: 684 S.
- GEIGER, F., BENGTSSON, J., BERENDSE, F., WEISSER, W.W., EMMERSON, M., MORALES, M.B., CERYNGIER, P., LIIRA, J., TSCHARNTKE, T., WINQVIST, C., EGGERS, S., BOMMARCO, R., PÄRT, T., BRETAGNOLLE, V., PLANTEGENEST, M., CLEMENT, L.W., DENNIS, C., PALMER, C., ONATE, J.J., GUERRERO, I., HAWRO, V., AAVIK, T., THIES, C., FLOHRE, A., HÄNKE, S., FISCHER, C., GOEDHART, P.W. & INCHAUSTI, P. (2010): Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. – Bas. Appl. Ecol. 11: 97–105.
- GROSS, K.L. (1990): A comparison of methods for estimating seed numbers in the soil. – J. Ecol. 78: 1079–1093.
- HANDLOVÁ, V. & MÜNZBERGOVÁ, Z. (2006): Seed banks of managed and degraded grasslands in the Krkonoše Mts., Czech Republic. – Folia Geobot. 41: 275–288.
- HEYDEMANN, B. (1983): Aufbau von Ökosystemen im Agrarbereich und ihre langfristigen Veränderungen. – Daten Dokum. Umweltschutz 35: 53–83.
- HOFMEISTER, H. & GARVE, E. (2006): Lebensraum Acker. – 2. Aufl., Kessel, Remagen: 272 S.
- JANSSEN, J. & LAATZ, W. (2005): Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows: Eine anwendungsorientierte Einführung in das Basissystem und das Modul Exakte Tests. 5. Aufl. – Springer, Berlin: 769 S.

- KANJI, G.K. (1999): „100 Statistical Tests“. – SAGE Publications Ltd., London: 215 S.
- KÄSTNER, A., JÄGER, E.J. & SCHUBERT, R. (2001): Handbuch der Segetalpflanzen Mitteleuropas. – Springer, Wien: 609 S.
- KESSEL, B., JUNGE, M. & NACHTIGALL, W. (1999): Einführung in die angewandte Statistik für Biowissenschaftler. – Birkhäuser, Biel: 264 S.
- KIVILAAN, A. & BANDURSKI, R.S. (1981): The one hundred-year period for Dr. Beal's seed viability experiment. – *Am. J. Bot.* 68: 1290–1292.
- KLOTZ, S., KÜHN, I. & DURKA, W. (2002): BIOLFLOR – eine Datenbank mit biologisch ökologischen Merkmalen zur Flora von Deutschland. – *Schriftenr. Vegetationsk.* 38: 1–334.
- KNEVEL, I.C., BEKKER, R., KUNZMANN, D., STADLER, M. & THOMPSON, K. (2005): The Leda traitbase collecting and measuring standards of life-history traits of the Northwest European Flora. – LEDA Traitbase project. <http://www.leda-traitbase.org>. Zugriff am 10.09.2009.
- KORNECK, D., SCHNITTLER, M. & VOLLMER, I. (1996): Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen (Pteridophyta et Spermatophyta) Deutschlands. – *Schriftenr. Vegetationsk.* 28: 21–187.
- KRAUSCH, H.-D. (2003): Geobotanische Übersicht über das Oderbruch. – In: SCHROEDER, J.H. & BROSE, F. (Hrsg.): Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg, Nr. 9: Oderbruch – Märkische Schweiz – Östlicher Barnim: 128–131. Selbstverlag Geowissenschaftler in Berlin und Brandenburg e.V., Berlin.
- LAMBELET-HAUETER, C. (1986): Analyse de la flore potentielle, en relation avec la flore réelle, en grandes cultures de la région genevoise. – *Candollea* 41: 299–323.
- MAYOR, J.P. & DESSAINT, D.F. (1998): Influence of weed management strategies on soil seedbank diversity. – *Weed Res.* 38: 95–105.
- MILBERG, P., ANDERSSON, L. & NORONHA, A. (1996): Seed germination after short-duration light exposure: implications for the photo-control of weeds. – *J. Appl. Ecol.* 33: 1469–1478.
- , – & THOMPSON, K. (2000): Large-seeded species are less dependent on light for germination than small-seeded ones. – *Seed Sci. Res.* 10: 99–104.
- OLANO, J.M., Caballero, I., Loidi, J. & Escudero, A. 2005: Prediction of plant cover from seed bank analysis in a semi-arid plant community on gypsum. – *J. Veg. Sci.* 16: 215–222.
- OPITZ VON BOBERFELD, W., NEUHAUS, K. & STERZENBACH, M. (1999): Keimungsdynamik verschiedener Gräserökotypen. – *Arbeitsgem. Grünland u. Futterbau d. Ges. Pflanzenbauwiss. Bericht* 43. Jahrestagung Bremen: 204–206.
- PECO, B., ORTEGA, M. & LEVASSOR, C. (1998): Similarity between seed bank and vegetation in Mediterranean grassland, a predictive model. – *J. Veg. Sci.* 9: 815–828.
- PROBERT, R.J. (1992): The role of temperature in germination ecophysiology. – In: FENNER, M. (ed.): *Seeds – The ecology of regeneration in plant communities*. CAB, Wallingford: 285–326.
- REICHELT, G. & WILMANN, O. (1973): Vegetationsgeographie. Praktische Arbeitsanweisungen. – Westermann, Braunschweig: 212 S.
- RISTOW, M., HERRMANN, A., ILLIG, H., KKLÄGE, H.-C., KLEMM, G., KUMMER, V., MACHATZI, B., RÄTZEL, S., SCHWARZ, R. & ZIMMERMANN, F. (2006): Liste und Rote Liste der etablierten Gefäßpflanzen Brandenburgs. – *Natursch. Landschaftspfl. Bbg.* 4, Beiheft: 1–162.
- ROBERTS, E.H. (1981): The interaction of environmental factors controlling loss of dormancy in seeds. – *Ann. Appl. Biol.* 5: 552–555.
- SALZMANN, R. (1954): Untersuchungen über die Lebensdauer von Unkrautsamen im Boden. – *Mitt. Schweizerisch. Landwirtschaft* 2: 170–176.
- SCHNEIDER, C., SUKOPP, U. & SUKOPP, H. (1994): Biologisch-ökologische Grundlagen des Schutzes gefährdeter Segetalpflanzen. – *Schriftenr. Vegetationsk.* 26. Bonn-Bad Godesberg: 356 S.
- TER HEERDT, G.N.J., VERWEIJ, G.L., BEKKER, R.M. & BAKKER, J.P. (1996): An improved method for seed bank analysis, seedling emergence after removing the soil by sieving. – *Funct. Ecol.* 10: 144–151.
- THOMPSON, K., BAKKER, J.P., BEKKER, R.M. (1997): The soil seed banks of North West Europe: methodology, density and longevity. – University Press, Cambridge: 276 S.
- VAN ELSEN, T., BERG, M., DRENCKENHAHN, D., DUNKEL, F. G., EGGERS, T., GARVE, E., KAISER, B., MAQUARDT, H., PILOTEK, D., RODI, D. & WICKE, G. (2006): Karlstadter Positionspapier zum Schutz der Ackerwildkräuter. – *Z. Pflanzenkrankh. Sonderh.* 20: 527–533.
- WÄLDCHEN, J. (2004): Untersuchungen zur Lebensdauer der Diasporen ausgewählter Segetalpflanzen der Flora Thüringens. – Unveröff. Diplomarbeit FH Eberswalde.
- , PUSCH, J., LUTHARDT V. (2005): Zur Diasporen-Keimfähigkeit von Segetalpflanzen. – *Beitr. Forstwirtsch. Landsch.ökol.* 39: 145–156.

- WALDHARDT, R., FUHR-BOSSDORF, K. & OTTE, A. (2001): The significance of the seed bank as a potential for the reestablishment of arable-land vegetation in a marginal cultivated landscape. – *Web Ecol.* 2: 83–87.
- WESOŁOWSKI, M. (1979): Type composition and number of weed seeds in the soils of the South-East Poland. I. Soils of the lowland region. – *Ann. Univ. Mariae Curie, Sect. E* 34: 23–36.
- WISSKIRCHEN, R. & HAEUPLER, H. (1998): *Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands.* – Ulmer, Stuttgart: 765 S.
- WOLTERS, M. & BAKKER, J.P. (2002): Soil seed bank and driftline composition along a successional gradient on a temperate salt marsh. – *Appl. Veg. Sci.* 5: 55–62.

Christine Kurtz
Puschkinstr. 40
D-15236 Frankfurt (Oder)
E-Mail: ChristineKurtz@web.de

PD Dr. Thilo Heinken
Institut für Biochemie und Biologie
Biodiversitätsforschung/Spezielle Botanik
Maulbeerallee 1
D-14469 Potsdam
E-Mail: heinken@uni-potsdam.de

Manuskript eingereicht am 08.08.2010, endgültig angenommen am 21.01.2011.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Tuexenia - Mitteilungen der Floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft](#)

Jahr/Year: 2011

Band/Volume: [NS_31](#)

Autor(en)/Author(s): Kurtz Christine, Heinken Thilo

Artikel/Article: [Diasporenbankanalyse zum Nachweis gefährdeter Segetalarten auf ehemaligen Ackerstandorten: Keimlingsauflaufverfahren versus Freilandauflaufverfahren 105-126](#)