

Zur Diasporen-Keimfähigkeit von Segetalpflanzen

– Untersuchungen in Nord-Thüringen –

Das plötzliche Wiederauftreten von Ackerwildkrautarten nach spontanen Umbrüchen ehemals beackelter und dann anderweitig genutzter oder brachgefallener Flächen regte zu einer vertiefenden Betrachtung der Lebensdauer von Diasporen dieser Pflanzen an. Im Rahmen einer Diplomarbeit an der FH Eberswalde wurde neben einer intensiven Literaturrecherche ein Feldversuch zur Prüfung der Keimfähigkeit unter natürlichen Bedingungen ausgewertet. Auf ehemaligen Ackerflächen im südlichen Kyffhäusergebirge wurde durch Umbrechen des Bodens eine Initialmaßnahme zur Aktivierung der Diasporenbank ergriffen. Die im Versuch erzielten Ergebnisse wurden mit den Ergebnissen der Literaturrecherche verglichen und bewertet. Es ist festzustellen, dass stark abweichende Angaben zur Langlebigkeit einiger Arten vorliegen. Dies erklärt sich daraus, dass die ermittelten Werte offenbar vor allem von den konkreten Versuchsbedingungen und von den verschiedenen Lagerungsbedingungen abhängen. Mit allen Vorbehalten kann man feststellen, dass ca. 50 % der Ackerwildkräuter Thüringens eine Überlebensfähigkeit ihrer Verbreitungseinheiten von mehr als 20 Jahren besitzen! Nur neun Arten besitzen eine vorübergehende (transiente) Diasporenbank und können weniger als ein Jahr überdauern. So ist festzustellen, dass gerade in häufig gestörten Lebensräumen viele Arten zu finden sind, deren Populationen oft über sehr dauerhafte Diasporen verfügen. Diasporenbanken spielen für populations- und vegetationsdynamische Prozesse, vor allem nach Störungen der Ökosysteme eine große Rolle. Sie sollten stärker bei Belangen des Arten- und Biotopschutz wie auch in den „Roten Listen“ Berücksichtigung finden. Dies gilt vor allem bei Extensivierungsmaßnahmen intensiv genutzter Standorte.

Stichworte: Samenbank, Lebensdauer, Ackerwildkräuter, Gefährdete Pflanzenarten

Germination capacity of weed seeds – investigations in the north of Thuringia

The subject of this article is the survival of buried weed seeds in the soil. The spontaneous recurrence of weeds in former arable lands after tilling inspired us to investigate the longevity of their seeds. In the context of a dissertation at the University of Applied Sciences Eberswalde we analyzed the germination capacity under field conditions in addition to an intensive literature research. To mobilize the diaspore bank fallow land in the south of the Kyffhäuser-Mountains had been ploughed. The results of the field tests had been compared with the results of the literature research. Data about the longevities of weed seeds are exceptionally variable in the literature. The main sources of this variability are the different test and storage conditions. With all reserves we could ascertain that more than 50 % of the seeds of weed plants in Thuringia can germinate after more than 20 years in the soil. Only nine species form a transient diaspore bank and survive less than one year. I.e., that particularly in frequently disturbed habitats, as for instant agricultural crop land, a lot of species will be found, which dispose of a diaspore bank with a high persistence. Especially after disturbances of ecosystems diaspore banks have a great influence on the dynamics of populations and communities. The diaspore banks should be considered more in conservation programmes and the Red Lists. This applies especially to extensification of arable lands with intensive land use.

Keywords: diaspore bank, longevity, weed, endangered plant species

1 Einleitung

Im Rahmen der floristischen Erforschung des Kyffhäusergebirges (BARTHEL & PUSCH 1999) wurden wiederholt sehr seltene Ackerwildkräuter (Segetalarten), wie der Gelbe Günsel (*Ajuga chamaepitys*) und der Einjährige Ziest (*Stachys annua*) in von Wildschweinen umgebrochenen Halbtrockenrasen (ehemalige Ackerbrachen) gefunden. Weitere ähnliche Beobachtungen auf entbuschten Weideflächen (Auswurzelung der Gebüsche) und die Tatsache, dass zu den o. g. Segetalarten keine Angaben zur Keimfähigkeitsdauer der Samen im Boden in der Literatur gefunden werden konnten, gaben den Anlass für die nachfolgend dargestellten Untersuchungen. In Zusammenarbeit zwischen Herrn Dr. Pusch, Leiter des Naturschutzgroßprojektes Kyffhäuser beim Landratsamt Kyffhäuserkreis, und der FH Eberswalde konnten im Rahmen einer Diplomarbeit weiterführende Untersuchungen zur Keimfähigkeitsdauer von Segetalpflanzen erfolgen (WÄLDCHEN 2004).

Acker- oder Segetalpflanzen sind nach KÄSTNER et al. (2001) Pflanzenarten, die regelmäßige Eingriffe wie Pflügen des Bodens oder bestimmte Maßnahmen der Bodenpflege als Konkurrenten oder Begleiter in den Kulturen der Äcker, der Gärten und des Obst- und Weinbaues ertragen.

Viele Ackerpflanzen Europas stammen aus anderen Erdteilen und gehören nicht zur ursprünglich einheimischen Flora. So siedelten sich schon seit den frühesten Anfängen des Ackerbaues vor etwa 7 000 Jahren viele Arten vom Mittelmeerraum oder aus Osteuropa und Asien in Mittel- und Westeuropa an, verschleppt durch Saatgut und andere Handelsgüter. Der zunehmende Weltverkehr in den letzten Jahrhunderten bewirkte eine verstärkte Verschleppung der Ackerpflanzen von Kontinent zu Kontinent. Viele der in Mitteleuropa vorkommenden Arten stammen zum Beispiel aus Nord- und Südamerika. Dieser Ausbreitungsprozess wird sicher nie zum Abschluss kommen (HANF 1990).

Analysiert man das Spektrum der Ackerpflanzen nach der Herkunft und Einwanderungszeit der Sippen, so ergibt sich eine Dreiteilung (ARLT et al. 1991):

Apophyten sind Pflanzenarten, die bereits vor Beginn des Ackerbaues in natürlichen Pflanzengesellschaften vorhanden waren und in den neu geschaffenen Lebensräumen des Menschen zusätzliche Wuchsmöglichkeiten und gleichzeitige Ausbreitung fanden.

Archäophyten sind Pflanzenarten, die erst mit dem Beginn des Feldbaues aus Vorderasien und den mediterranen Ge-

bieten eingeschleppt und verbreitet wurden. Diese Pflanzengruppe bleibt aber in ihrer Bindung hauptsächlich an Äcker und Gärten beschränkt.

Neophyten sind Pflanzenarten, die ihre Ausbreitung der Erschließung neuer Verkehrs- und Handelswege seit dem Ausgang des Mittelalters verdanken. Sie sind nach 1500 in Europa erschienen.

Bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts war die Flora der Äcker Mitteleuropas so durch eine allmähliche Bereicherung und Differenzierung gekennzeichnet. Danach setzte eine gegenläufige Bewegung ein. Die Ablösung der alten, extensiven Bewirtschaftungsformen durch die moderne Intensivlandwirtschaft führte zu bedeutenden quantitativen und qualitativen Veränderungen der Segetalvegetation. Von etwa 350 Sippen der mitteleuropäischen Segetalflora gelten 121 in Deutschland als gefährdet, ausgestorben bzw. verschollen (SCHNEIDER et al. 1994).

Das Vorkommen von dauerhaften Diasporenbanken wird aus der Sicht des Arten- und Biotopschutzes bisher wenig berücksichtigt. Artenschutz bezieht sich bisher auf die wachsende und blühende Pflanze, jedoch kaum auf unsichtbare, überdauernde Sprosssteile oder Diasporen. Dies liegt auch daran, dass über die Prozesse der Überdauerung nur sehr wenig bekannt ist. Es ist trotzdem zu erwähnen, dass eine Art, die fähig ist, eine permanente Diasporenbank aufzubauen, d. h. ungünstige Bedingungen über Jahre oder gar Jahrzehnte bis Jahrhunderte zu überdauern, weniger gefährdet erscheint, als eine, die nur eine kurze Diasporenbank bildet. Das Wissen über eine permanente Diasporenbank von bestimmten Arten an ihren früheren Wuchsorten hilft, dieses Potential durch das Wiederherstellen von günstigen Bedingungen zu aktivieren.

Erste konkrete Angaben zur langen Haltbarkeit von Samen in Gräbern und Böden liegen nach POSCHLOD (1991) etwa seit Mitte des 19. Jahrhunderts vor. Gegen Ende des 19. Jahrhunderts wurden auch erstmals gezielte Experimente durchgeführt, um Angaben zur Diasporen-Lebensdauer zu ermitteln (z. B. PETER 1893). So wurden in den vergangenen 150 Jahren umfangreiche Experimente und Beobachtungen zur Keimfähigkeit von Diasporen unter verschiedenen Bedingungen und in zahlreichen Lebensräumen durchgeführt (vgl. z. B. PETER 1893, 1894, WÄLDCHEN 2004, POSCHLOD & BINDER 1991) und die z. T. weit verstreuten Daten zusammengetragen.

2 Diasporenbank – Definition und Typen

Die Ausbreitungseinheiten von Pflanzen werden in der deutschsprachigen Fachliteratur als Diasporen (Griech.: diaspora = Zerstreung) bezeichnet. Im englischen Sprachgebrauch setzte sich der Begriff "seed" als Sammelbegriff für generative Diasporen zunehmend durch. Prinzipiell kann es sich bei Diasporen jedoch sowohl um generative Ausbreitungseinheiten, wie Sporen, Samen oder Früchte, als auch um vegetative Ausbreitungseinheiten handeln. In diesem Beitrag werden nur die generativen Ausbreitungseinheiten betrachtet. Neben der räumlichen Ausbreitung (dispersal in space) kann eine Diaspore der intra- und interspezifischen Konkurrenz zunächst dadurch entkommen, dass sie eine Diasporenbank im Boden aufbaut, wodurch eine Ausbreitung über die Zeit (dispersal in time) stattfindet (BONN & POSCHLOD 1998). Beim Aufbau einer Diasporenbank ist vor allem die Dormanz der Diasporen von Bedeutung, d. h. bestimmte interne (physiologische) und externe Faktoren verhindern ihre Keimung beziehungsweise versetzen die Diaspore in einen Ruhezustand.

THOMPSON et al. (1997) unterscheiden aufgrund der Phänologie der Diasporenbanken in Böden Samenpflanzen mit einer vorübergehenden Samenbank (transient seed bank) und einer

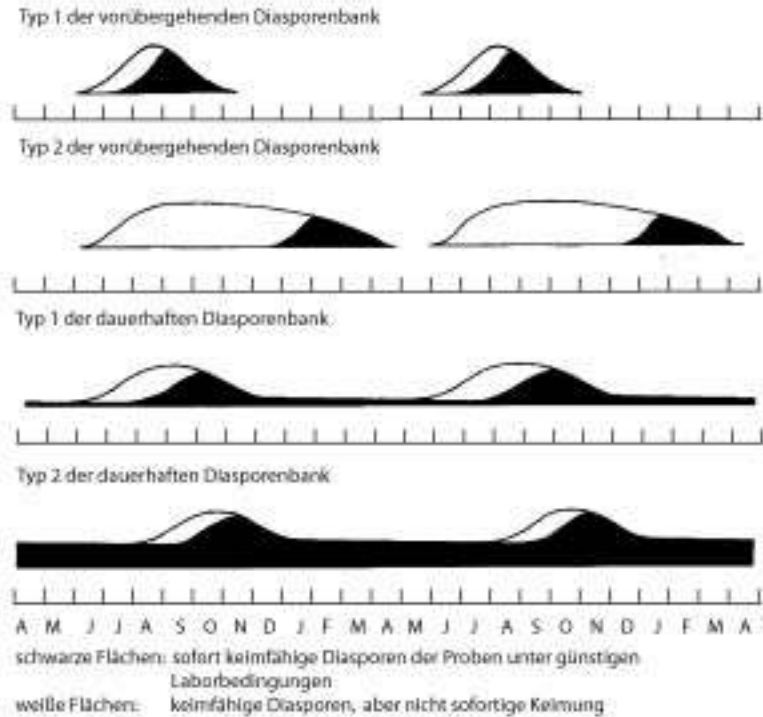


Abbildung 1: Schematische Darstellung von vier Diasporenbanktypen bei Samenpflanzen aufgrund des phänologischen Auftretens im Boden nach THOMPSON et al. (1997)

Figure 1: Illustration of the four types of the seed bank of spermatophyta on the basis of their phenological appearance in the soil according to THOMPSON et al. (1997)

dauerhaften Samenbank (persistent seed bank). Auf die Überlebensdauer eines Samens bezogen bedeutet dies kürzer als ein Jahr bzw. länger als ein Jahr. Weiterhin unterteilen sie beide Samenbanken in jeweils zwei Typen. Arten die sofort keimen können, also nach dem Samenfall im Sommer oder im Herbst auflaufen, vertreten Typ 1 der vorübergehenden Samenbank (Abb. 1). Typ 2 dieser Samenbank stellen diejenigen Arten dar, die den Winter überdauern und im Frühjahr in Lücken der Vegetation auflaufen können. Im Laufe der darauf folgenden Vegetationsperiode sind die Diasporen im Boden nicht mehr nachzuweisen. Die hier angegebene Dormanz wird durch die Kältestratifikation über den Winter aufgehoben. Arten, deren Großteil der produzierten Samen im Herbst keimen, jedoch eine kleine Samenbank das ganze Jahr über aufrecht erhalten, stellen den Typ 1 der dauerhaften Samenbank dar. Arten, bei denen nur ein geringer Teil der produzierten Samen im Herbst oder Frühjahr aufläuft, vertreten den Typ 2 der dauerhaften Diasporenbank. Die Diasporen dieser Arten besitzen meist eine angeborene Dormanz und es ist deshalb über das ganze Jahr eine große Samenbank zu finden. Charakteristisch für alle Arten mit einer dauerhaften Diasporenbank ist, dass sich durch externe Faktoren (z. B. Dunkelheit) sekundär eine Dormanz der Diasporen erzwingen oder induzieren lässt (vgl. Abb. 1). Nach THOMPSON et al. (1997) bleibt die Einteilung der Samenbanken in diese 4 Typen sehr unbefriedigend, wenn über die Langlebigkeit der Diasporen im Boden Aussagen gemacht werden müssen. Aus diesem Grund wird heute die dauerhafte Diasporenbank in eine mittelfristige oder persistente (short-term persistent) und in eine langfristige oder permanente (long-term persistent) Diasporenbank aufgeteilt. Dabei bedeutet persistent eine Lebensdauer von 1–5 Jahren und permanent eine Lebensdauer von mehr als 5 Jahren (nach BAKKER [1989] zitiert in THOMPSON et al. [1997]).

Es ist jedoch zu erwähnen, dass nicht nur die oben genannten keimungsbiologischen Eigenschaften der Diasporen, sondern

auch Größe und Gewicht häufig auf den Diasporenbanktyp schließen lassen. Setzt man die Angaben über die Lebensdauer im Boden in Beziehung zu den Diasporengewichten, so lässt sich erkennen, dass die Samen schwerer Diasporen zumindest in bearbeiteten Böden höchstens etwa 5 Jahre lebensfähig bleiben. Längere Lebensfähigkeit findet sich dagegen nur bei leichten Diasporen. In manchen Fällen besitzen die Diasporen aufgrund einer harten Schale eine erzwungene Dormanz, die durch Stratifikation aufgehoben werden kann (POSCHLOD 1991). Die Zeit, die Diasporen im Boden überleben können, ist nicht nur artspezifisch, sie hängt auch von einigen Standortfaktoren ab. So nimmt z. B. die Anzahl der lebensfähigen Diasporen in einem regelmäßig kultivierten Boden stärker ab als in einem ungestörten. Die Bereitschaft zu keimen, also die Beendigung der Samenruhe, wird bei Ackerwildkräutern durch Licht- und Temperaturreize und/oder eine bessere Sauerstoffversorgung ausgelöst, wie sie die mechanische Bodenbearbeitung verursacht (ROBERTS & FEAST 1973).

Außerdem wird die Lebensdauer deutlich von der mikrobiellen Aktivität des Bodens beeinflusst. Nach KOCH (1968) werden junge gesunde Samen offensichtlich durch Mikroorganismen nur wenig geschädigt. Frische Samen können Schutzstoffe gegen den Befall durch Mikroorganismen enthalten. Diese Schutzwirkung wird mit zunehmendem Alter geringer und der Same kann mehr und mehr von Mikroorganismen befallen werden. Hartschalige Samen kommen teilweise erst dann zur Keimung, wenn Pilze und Bakterien Teile der Samenbank angegriffen haben. In zeitweise austrocknenden, humus- und nährstoffarmen Böden halten sich Diasporen länger als an Standorten mit ausgeglichenem Nährstoff- und Wasserhaushalt (SCHNEIDER et al. 1994).

3 Vorgehensweise und Methode

3.1 Untersuchungsgebiet

Die Untersuchungsflächen befinden sich nach HIEKEL et al. (2004) im Naturraum Kyffhäuser. Das Kyffhäusergebirge liegt südlich des Harzes (ca. 60 km nördlich von Erfurt) und zum größten Teil im Bundesland Thüringen. Mit einer Größe von etwa 60 Quadratkilometern ist es das kleinste Mittelgebirge Deutschlands. Dieses Gebirge liegt eingebettet zwischen den Tälern der Goldenen Aue im Norden und der Diamantenen Aue im Süden. Genauer betrachtet befindet sich der Untersuchungsraum auf dem Zechsteingürtel am Südrand des Gebirges und gehört den Gemeinden Bad Frankenhausen und Rottleben an. Extrem niedrige mittlere Jahresniederschläge (z. T. unter 450 mm) bei einem durchschnittlichen Jahresmittel der Temperatur zwischen 8,5 und 9 °C sowie relativ starken Temperaturschwankungen geben dem Klima deutlich kontinentale Züge. Durch die steile Hanglage, die große Wasserdurchlässigkeit der an der Oberfläche oft anstehenden Gipsgesteine und die häufigen Winde können die lokalklimatischen Bedingungen der Südhänge des Kyffhäusergebirges noch extremer, d. h. noch trockener und wärmer werden.

Der Südteil des Gebirges wird von skelettreichen, zum Teil tonigen Lehmböden eingenommen. Diese sind als flachgründige, basische, stark austrocknende Rendzinen ausgebildet. Die Standorte werden nur noch vereinzelt als Äcker und als Grünland genutzt. In weiten Teilen beschränkt sich die Nutzung auf eine Beweidung mit Schafen.

3.2 Methoden

Zunächst wurde eine Florenliste der wichtigsten in Thüringen wild vorkommenden Ackerwildkräuter erstellt. Diese basierte im wesentlichen auf den thüringenweiten Untersuchungen zur Erfassung förderwürdiger Ackerrandstreifen von J. Pusch zwischen 1993 und 2004 (vgl. PUSCH et al. 1996 und PUSCH & BARTHEL 2001). Sie beinhaltet 177 typische Kalk- als auch

Sandackerarten. Zu diesen Arten wurde dann mit Hilfe von Literaturauswertungen versucht, Angaben zur Keimfähigkeitsdauer der Diasporen zu ermitteln. Um möglichst viele Literatur-, sonstige bzw. bisher unpublizierte Angaben zu erhalten, wurden außerdem mehrere, in verschiedenen Bundesländern tätige Fachleute (siehe Danksagung) zur Thematik befragt.

Neben der Literaturrecherche fand ein Feldversuch zur Prüfung der Keimfähigkeit unter natürlichen Bedingungen statt. Um den Vorrat lebensfähiger Diasporen zu bestimmen, wurde die Methode des Auflaufverfahrens angewandt. Hierzu wurden gezielt ehemalige Ackerflächen (ausnahmslos Kalkäcker) ausfindig gemacht, die z. T. seit Jahrzehnten brach gelegen haben. Im Laufe der Zeit entwickelten sich hier vor allem artenreichere Halbtrockenrasen (mit Aufrechter Trespe [*Bromus erectus*], Skabiosen-Flockenblume [*Centaurea scabiosa*], Sichelblättrigem Hasenohr [*Bupleurum falcatum*], Wilder Möhre [*Daucus carota*], Dänischem Tragant [*Astragalus danicus*] und auch Frühlings-Adonisröschen [*Adonis vernalis*]). Bei der Auswahl der Aufnahmeflächen wurde der Schwerpunkt darauf gelegt, naturschutzfachlich möglichst hochwertige Flächen und unterschiedliche Zeiträume der Brachlegung zu erfassen (10-, 15-, 50- und 60-jährige Brachen). Auf diesen Flächen erfolgte durch Umbrechen des Bodens eine Aktivierung der Diasporenbank (Abb. 2). Mitte Oktober 2003 wurden auf den Flächen 1, 2, 4 und 5 (siehe Tabelle 1 auf der Seite 148) jeweils zwei Streifen von je 1 m × 15 m maschinell ca. 15 cm tief ge-



Abbildung 2: Beispiel einer umgebrochenen Untersuchungsfläche im Herbst 2003

Figure 2: Example of one investigation area, which was ploughed in autumn 2003

Tabelle 1: Lage und Charakteristik der Untersuchungsflächen am Südrand des Kyffhäusergebirges n BFH nördlich von Bad Frankenhausen

Table 1: Location and trait of the investigation area at the south slope of the Kyffhäuser-Mountains N BFH in the north of Bad Frankenhausen

Flächen-Nr.	1	2	3	4	5	6	7
Lage	Weintal nnw Rottleben	Vatersberg n Rottleben	Naturparkstation n BFH	Napptal n BFH	Roter Berg no BFH	Schulzes Haus n BFH	Schlachtberg n BFH
Hochwert	569363	569343	569303	569288	569250	569385	569303
Rechtswert	443346	443373	443648	443750	443925	443755	443778
Anzahl der Teilflächen	2	2	3	2	2	1	1
Alter der Brache	ca. 50 Jahre	54 Jahre	ca. 60 Jahre	ca. 60 Jahre	14 Jahre	13 Jahre	13 Jahre
Höhe über NN	175 m	180 m	235 m	230 m	215 m	280 m	265 m
Neigung, Exposition	15%, süd	15%, süd	15%, süd	eben	10%, süd	eben	eben
Lage im Relief	Mittelhang	Mittelhang	Oberhang	Plateau	Oberhang	Plateau	Plateau
Böden	Gips-Rendzina	Gips-Rendzina	Rendzina	Rendzina	Gips-Rendzina	Rendzina	Rendzina

pflügt. Auf der Untersuchungsfläche 3 verzichtete man auf die maschinelle Bodenbearbeitung. Hier wurden drei Flächen manuell (zwei je 1 m × 1 m und eine ca. 3 m × 5 m) umgegraben. Des Weiteren sind die Flächen 6 und 7 durch Obstbaum-Neupflanzungen eher zufällig für die Untersuchungen entstanden.

Im Frühjahr und im Sommer 2004 wurden die aufgelaufenen Ackerwildkrautarten qualitativ und quantitativ (Zählung, Schätzung, Verteilung) aufgenommen (Abb. 3). Die Nomenklatur und Bestimmung der Arten erfolgte nach JÄGER & WERNER (2002). Weitere Zufallsbeobachtungen wurden in diese Arbeit mit einbezogen und ausgewertet (PUSCH 2001–2004).

Um den Samenvorrat lebensfähiger Diasporen zu bestimmen, wurde das Auflaufverfahren unter natürlichen Bedingungen angewandt. Parameter wie Klima, Fraßfeinde, Boden und die daraus resultierenden Fehlerquellen werden bei diesem „naturerprobten“ Verfahren im Gegensatz zu Keimversuchen unter Gewächshausbedingungen automatisch berücksichtigt. Da jedoch auch mit allen Zufällen der Natur gearbeitet wurde, sind andere Fehlerquellen nicht auszuschließen. Beispielsweise können in der Vergangenheit z. B. Wildschweine, Mäuse, Traktoren oder auch Feuer die Untersuchungsflächen offengelegt und so zwischenzeitlich die Keimung und Diasporenproduktion von Segetalarten ermöglicht haben. Auch ein Sameneintrag von außen (z. B. über den Wind oder Schafe) kann das Ergebnis verfälscht haben.

4 Ergebnisse

Die wichtigsten Ergebnisse der Literaturrecherche und des Feldversuches wurden in Tabelle 2 zusammengeführt.

Insgesamt wurden 48 Ackerwildkrautarten auf den untersuchten Flächen nachgewiesen. Hiervon zeigten immerhin 38 Arten eine Diasporen-Keimfähigkeitsdauer von mehr als 50 Jahren (Abb. 4).



Abbildung 3: Beispiel einer Untersuchungsfläche im Sommer 2004 mit den aufgelaufenen Ackerwildkräutern

Figure 3: Example of one investigation area in summer 2004 with wild growing weed plants

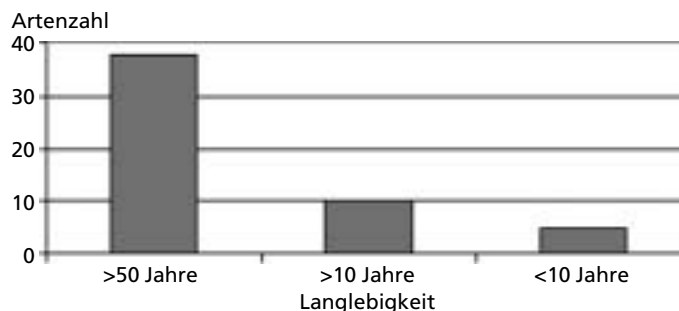


Abbildung 4: Anzahl der Segetalarten, die während des Feldversuches aufwuchsen – geordnet nach Gruppen unterschiedlicher Überlebensdauer

Figure 4: Number of weed species growing in the field investigations arranged in groups of several longevity

Tabelle 2: Zusammenfassende Darstellung der Keimfähigkeitsdauer (Kfd) der Diasporen im Boden (Lagerungsbedingungen: a ruhender Boden; b Acker in Wald überführt; c Acker in Grasland überführt; d Vergrabungsexperiment im Garten ohne Störung; e Vergrabungsexperiment im Garten mit Störung; f Vergrabungsexperiment im Gelände; g Analyse des Diasporengehaltes im Boden per Extraktion der Diasporen und Bestimmung der Keim- und Lebensfähigkeit; h Analyse des Diasporengehaltes im Boden ohne Extraktion der Diasporen per Auflaufverfahren); (?) vorläufiges Ergebnis

Table 2: Longevity of weed seeds (Kfd) in the soil (storage conditions: a undisturbed soil; b field changed into forest; c field changed into grassland; d experimental bury in garden without disturbance; e experimental bury in garden with disturbance; f experimental bury in field; g extraction of seeds and determination of the germination capacity; h Determination of the seeds without extraction with culture experiments); (?) preliminary result

Sippe	Max. Kfd	Lagerung	Quelle mit Angabe der längsten Kfd	weitere Angaben (maximal 3–4) mit Quellenangabe zur Kfd
<i>Adonis aestivalis</i> Sommer-Adonisröschen	54 (?)	a	WÄLDCHEN 2004	>14 (HEYTER 1985); 12 (PUSCH 2001–2004); 2 (BROWER & STÄHLIN 1995)
<i>Adonis flammea</i> Flammen-Adonisröschen	54 (?)	a	WÄLDCHEN 2004	
<i>Aethusa cynapium</i> Hundspetersilie	160–660	a	ODUM 1965	22 (PETER 1893); >20 (KÄSTNER et al. 2001); 10 (WÄLDCHEN 2004)
<i>Agrostemma githago</i> Kornrade	<5	a	KIVILAAN & BANDURSKI 1981	<1 (TOOLE & BROWN 1946); <1 (SALZMANN 1954); <1 (THOMPSON et al. 1997)
<i>Ajuga chamaepitys</i> Gelber Günsel	>60	a	WÄLDCHEN 2004	
<i>Allium oleraceum</i> Gemüse-Lauch	<1	h	THOMPSON et al. 1997	
<i>Allium sphaerocephalon</i> Kugelköpfiger Lauch	<1	h	THOMPSON et al. 1997	
<i>Alopecurus myosuroides</i> Acker-Fuchsschwanzgras	>11	f	THOMPSON et al. 1997	
<i>Anagallis arvensis</i> Acker-Gauchheil	>100		BOGENRIEDER & BÜHLER 1991	>68 (THOMPSON et al. 1997); >60 (WÄLDCHEN 2004); 50 (ODUM 1965); 46 (PETER 1893)
<i>Anagallis foemina</i> Blauer Gauchheil	>100	c	SALISBURY 1961	>100 (FISCHER 1987); >60 (WÄLDCHEN 2004)
<i>Anchusa arvensis</i> Acker-Krummhals	150	a	ODUM 1974	>2 (THOMPSON et al. 1997); 5 (ROBERTS & BODDRELL 1983)
<i>Arnoseris minima</i> Lämmersalat	5		KÄSTNER et al. 2001	
<i>Anthemis arvensis</i> Acker-Hundskamille	>14		KÄSTNER et al. 2001	>11 (THOMPSON et al. 1997); >11 (SALZMANN 1954)
<i>Anthemis cotula</i> Stinkende Hundskamille	6–30		KÄSTNER et al. 2001	25 (KOCH 1968); >11 (THOMPSON et al. 1997); >11 (SALZMANN 1954)
<i>Anthemis tinctoria</i> Färber-Hundskamille	>11	f	THOMPSON et al. 1997	>11 (SALZMANN 1954)
<i>Anthriscus caucalis</i> Hunds-Kerbel	>5	e	THOMPSON et al. 1997	
<i>Apera spica-venti</i> Acker-Windhalm	12	a	PUSCH 2001–2004	>11 (THOMPSON et al. 1997); >11 (KOCH 1968)
<i>Aphanes arvensis</i> Gew. Ackerfrauenmantel	58	h	THOMPSON et al. 1997	>44 (WALDTHARDT et al. 2001); >5 (ROBERTS & BODDRELL 1983)
<i>Aphanes australis</i> Kl. Ackerfrauenmantel	>10		KÄSTNER et al. 2001	
<i>Arabidopsis thaliana</i> Acker-Schmalwand	>18	h	THOMPSON et al. 1997	
<i>Arenaria serpyllifolia</i> Quendelbl. Sandkraut	>60	a	WÄLDCHEN 2004	45 (PETER 1893); >20 (THOMPSON et al. 1997); >11 (SALZMANN 1954)
<i>Avena fatua</i> Flug-Hafer	>8	d	THOMPSON et al. 1997	3–8 (KOCH 1968)
<i>Bromus arvensis</i> Acker-Trespe	<1	f	THOMPSON et al. 1997	<1 (SALZMANN 1954)
<i>Bromus hordeaceus</i> Weiche Trespe	>18	h	THOMPSON et al. 1997	<1 (SALZMANN 1954)
<i>Bromus japonicus</i> Japanische Trespe	12	a	PUSCH 2001–2004	
<i>Bromus sterilis</i> Taubes Trespe	>1	a	SALZMANN 1954	
<i>Buglossoides arvensis ssp. arvensis</i> Acker-Steinsame	>5		CREMER et al. 1991	3 (SALZMANN 1954); 2,5 (SVENSSON & WIGREN 1986)
<i>Buglossoides arvensis ssp. sibthorpiatum</i>	10–20	a	PUSCH 2001–2004	

Fortsetzung Tabelle 2

Sippe	Max. Kfd	Lage- rung	Quelle mit Angabe der längsten Kfd	weitere Angaben (maximal 3–4) mit Quellenangabe zur Kfd
<i>Bunias orientalis</i> Orient. Zackenschötchen	12	a	PUSCH 2001–2004	
<i>Bupleurum rotundifolium</i> Rundblättriges Hasenohr	12	a	PUSCH 2001–2004	
<i>Camelina microcarpa</i> Kleinfrüchtiger Leindotter	1	e	THOMPSON et al. 1997	<1 (CHEPIL 1946)
<i>Campanula rapunculoides</i> Acker-Glockenblume	60	a	WÄLDCHEN 2004	wenige (KÄSTNER et al. 2001)
<i>Capsella bursa-pastoris</i> Gew. Hirtentäschel	54	a	WÄLDCHEN 2004	35 (THOMPSON et al. 1997); 22 (PETER 1893); >11 (SALZMANN 1954)
<i>Cardaria draba</i> Pfeilkresse	>5		KÄSTNER et al. 2001	2 (THOMPSON et al. 1997)
<i>Carduus acanthoides</i> Weg-Distel	>1	g	THOMPSON et al. 1997	
<i>Carduus crispus</i> Krause Distel	660	a	ODUM 1965	>40 (THOMPSON et al. 1997)
<i>Caulis platycarpus</i> Acker-Haftdolde	60	a	WÄLDCHEN 2004	>10 (FISCHER 1987); 2 (SALZMANN 1954); 2 (THOMPSON et al. 1997)
<i>Centaurea cyanus</i> Kornblume	10	a	PUSCH 2001–2004	8 (THOMPSON et al. 1997); 8 (KJAER 1948); 5–10 (KOCH 1968); 5 (BARRALIS et al. 1988)
<i>Cerastium arvense</i> Acker-Hornkraut	>100	b	PETER 1894	
<i>Chenopodium album</i> Weißer Gänsefuß	89–1760	a	ODUM 1965	>660 (THOMPSON et al. 1997); >60 (WÄLDCHEN 2004); 22 (PETER 1893)
<i>Chenopodium hybridum</i> Bastard-Gänsefuß	>60	a	WÄLDCHEN 2004	>39 (THOMPSON et al. 1997); >5 (ROBERTS & NEILSON 1980)
<i>Chenopodium polyspermum</i> Vielsamiger Gänsefuß	80	a	ODUM 1974	>35 (THOMPSON et al. 1997); >5 (ROBERTS & NEILSON 1980)
<i>Chrysanthemum segetum</i> Saat-Wucherblume	>20	h	THOMPSON et al. 1997	6–8 (KOCH 1968)
<i>Cirsium arvense</i> Acker-Kratzdistel	>100	b	PETER 1894	>60 (WÄLDCHEN 2004); >25 (THOMPSON et al. 1997); 21 (KOCH 1968)
<i>Cirsium vulgare</i> Gewöhnliche Kratzdistel	>25	e	THOMPSON et al. 1997	
<i>Conringia orientalis</i> Ackerkohl	>60	a	WÄLDCHEN 2004	>14 (HEYTER 1985); 2 (CHEPIL 1946); 2 (THOMPSON et al. 1997)
<i>Consolida hispanica</i> Spanischer Rittersporn	11	a	SALZMANN 1954	2,5 (SVENSSON & WIGREN 1986)
<i>Consolida regalis</i> Acker-Rittersporn	>11	f	THOMPSON et al. 1997	12 (PUSCH 2001–2004); 10 (WÄLDCHEN 2004)
<i>Convolvulus arvensis</i> Acker-Winde	>26	d	THOMPSON et al. 1997	22 (PETER 1893); 14 (WÄLDCHEN 2004); 10 (PUSCH 2001–2004)
<i>Coronilla varia</i> Bunte Kronwicke	<1	h	THOMPSON et al. 1997	
<i>Cynoglossum officinale</i> Gewöhnliche Hundszunge	>5	e	THOMPSON et al. 1997	
<i>Dactylis glomerata</i> Wiesen-Knäuelgras	4	d	THOMPSON et al. 1997	
<i>Daucus carota</i> Wilde Möhre	>100		BOGENRIEDER & BÜHLER 1991	36 (PETER 1893); >35 (THOMPSON et al. 1997); >10 (KOCH 1968)
<i>Descurainia sophia</i> Besenrauke	12	a	PUSCH 2001–2004	10 (KÄSTNER et al. 2001); >2 (THOMPSON et al. 1997)
<i>Echinochloa crus-galli</i> Gewöhnliche Hühnerhirse	13	f	THOMPSON et al. 1997	
<i>Elytrigia repens</i> Gewöhnliche Quecke	60	a	WÄLDCHEN 2004	10 (THOMPSON et al. 1997)
<i>Erodium cicutarium</i> Gew. Reiherschnabel	bis 10		KÄSTNER et al. 2001	>5 (THOMPSON et al. 1997)
<i>Euphorbia esula</i> Esels-Wolfsmilch	>8	g	THOMPSON et al. 1997	
<i>Euphorbia exigua</i> Kleine Wolfsmilch	60	a	WÄLDCHEN 2004	>30 (THOMPSON et al. 1997); >10 (CREMER et al. 1991); max. 9 (BRECHLEY & WARINGTON 1930); 3 (BRECHLEY & WARINGTON 1936)
<i>Euphorbia helioscopia</i> Sonnenwend-Wolfsmilch	>100		BOGENRIEDER & BÜHLER 1991	89 (ODUM 1965); >60 (WÄLDCHEN 2004); 36 (PETER 1893); >20 (THOMPSON et al. 1997);
<i>Euphorbia peplus</i> Garten-Wolfsmilch	160	a	ODUM 1965	>20 (THOMPSON et al. 1997); 5 (ROBERTS & BODDRELL 1983)

Fortsetzung Tabelle 2

Sippe	Max. Kfd	Lage- rung	Quelle mit Angabe der längsten Kfd	weitere Angaben (maximal 3–4) mit Quellenangabe zur Kfd
<i>Falcaria vulgaris</i> Sichelmöhre	<1	h	THOMPSON et al. 1997	
<i>Fallopia convolvulus</i> Winden-Knöterich	>60	a	WÄLDCHEN 2004	>40 (THOMPSON et al. 1997)
<i>Fumaria officinalis</i> Gewöhnlicher Erdrauch	660	a	ODUM 1965	>60 (WÄLDCHEN 2004); >11 (SALZMANN 1954); >6 (ROBERTS & FEAST 1973)
<i>Fumaria vaillantii</i> Blasser Erdrauch	>60	a	WÄLDCHEN 2004	10 (KÄSTNER et al. 2001)
<i>Gagea villosa</i> Acker-Gelbstern	<1	h	THOMPSON et al. 1997	
<i>Galeopsis angustifolia</i> Schmalbl. Hohlzahn	60	a	WÄLDCHEN 2004	
<i>Galeopsis tetrahit</i> Gewöhnlicher Hohlzahn	35–68	a	KOCH 1968	>24 (THOMPSON et al. 1997)
<i>Galium aparine</i> Gewöhnliches Kletten-Labkraut	>100		BOGENRIEDER & BÜHLER 1991	>60 (WÄLDCHEN 2004); 7–8 (KOCH 1968); >3 (THOMPSON et al. 1997); 3 (SALZMANN 1954)
<i>Galium tricornerum</i> Dreihörniges Labkraut	22	b	PETER 1893	>14 (HEYTER 1985); 3 (BRECHLEY & WARINGTON 1936)
<i>Geranium dissectum</i> Schlitzbl. Storchschnabel	>5	e	THOMPSON et al. 1997	
<i>Geranium molle</i> Weicher Storchschnabel	30	a	ODUM 1974	<1 (THOMPSON et al. 1997)
<i>Geranium pusillum</i> Kleiner Storchschnabel	>30	h	THOMPSON et al. 1997	14 (WÄLDCHEN 2004); 10 (PUSCH 2001–2004); >5 (KOCH 1968)
<i>Glaucium corniculatum</i> Roter Hornmohn	50	a	PUSCH 2001–2004	46 (PETER 1893)
<i>Gnaphalium uliginosum</i> Sumpf-Ruhrkraut	>100	h	THOMPSON et al. 1997	45 (PETER 1893)
<i>Hyoscyamus niger</i> Schwarzes Bilsenkraut	>660	h	THOMPSON et al. 1997	660 (ODUM 1965)
<i>Hypochaeris glabra</i> Kahles Ferkelkraut	mehrere		KÄSTNER et al. 2001	
<i>Kickxia elatine</i> Spießbl. Tännelkraut	>100		BOGENRIEDER & BÜHLER 1991	60 (WÄLDCHEN 2004); >30 (KÄSTNER et al. 2001); 20 (VERKAAR & SCHENKEVELD 1981);
<i>Kickxia spuria</i> Eiblätriges Tännelkraut	20	c	VERKAAR & SCHENKEVELD 1981	>5 (ROBERTS 1986); 5 (BARRALIS et al. 1988)
<i>Knautia arvensis</i> Wiesen-Witwenblume	54	a	WÄLDCHEN 2004	46 (PETER 1893); >35 (THOMPSON et al. 1997)
<i>Lactuca serriola</i> Kompaß-Lattich	12	a	PUSCH 2001–2004	>5 (THOMPSON et al. 1997)
<i>Lamium amplexicaule</i> Stengelumf. Taubnessel	460	a	ODUM 1965	>25 (THOMPSON et al. 1997) 15 (WÄLDCHEN 2004); >5 (ROBERTS & BODDRELL 1983)
<i>Lamium purpureum</i> Purpurrote Taubnessel	>660	h	THOMPSON et al. 1997	160–660 (ODUM 1965); >5 (ROBERTS & BODDRELL 1983)
<i>Lapsana communis</i> Rainkohl	160	a	ODUM 1965	>6 (THOMPSON et al. 1997)
<i>Lathyrus pratensis</i> Wiesen-Platterbse	>5	e	THOMPSON et al. 1997	
<i>Lathyrus tuberosus</i> Knollen-Platterbse	>60	a	WÄLDCHEN 2004	kurz (KÄSTNER et al. 2001)
<i>Legousia hybrida</i> Kleiner Frauenspiegel	>20	h	THOMPSON et al. 1997	20 (CHANCELLOR 1986); 3–4 (BRECHLEY & WARINGTON 1930); 3 (ROBERTS 1986)
<i>Lepidium campestre</i> Feld-Kresse	>5	e	THOMPSON et al. 1997	
<i>Linum austriacum</i> Österreichischer Lein	>2	h	THOMPSON et al. 1997	
<i>Lolium multiflorum</i> Vielblütiges Weidelgras	>7	f	THOMPSON et al. 1997	
<i>Matricaria recutita</i> Echte Kamille	>100		BOGENRIEDER & BÜHLER 1991	>20 (THOMPSON et al. 1997)
<i>Matricaria discoidea</i> Strahlenlose Kamille	>5	e	THOMPSON et al. 1997	
<i>Melampyrum arvense</i> Acker-Wachtelweizen	2	a	SALZMANN 1954	2 (THOMPSON et al. 1997); 2–3 5 (KÄSTNER et al. 2001)
<i>Mentha arvensis</i> Acker-Minze	>30	h	THOMPSON et al. 1997	

Fortsetzung Tabelle 2

Sippe	Max. Kfd	Lage- rung	Quelle mit Angabe der längsten Kfd	weitere Angaben (maximal 3–4) mit Quellenangabe zur Kfd
<i>Mercurialis annua</i> Einjähriges Bingelkraut	>100		BOGENRIEDER & BÜHLER 1991	>60 (WÄLDCHEN 2004)
<i>Microrrhinum minus</i> Klaffmund	60	a	WÄLDCHEN 2004	>30 (THOMPSON et al. 1997); >5 (ROBERTS & BODDRELL 1983)
<i>Myosotis arvensis</i> Acker-Vergißmeinnicht	30	a	ODUM 1974	>11 (THOMPSON et al. 1997); >11 (SALZMANN 1954); 10 (WÄLDCHEN 2004)
<i>Neslia paniculata</i> Finkensame	>60	a	WÄLDCHEN 2004	>14 (HEYTER 1985); >11 (KOCH 1968); 10 (TOOLE & BROWN 1946)
<i>Nigella arvensis</i> Acker-Schwarzkümmel	54 (?)	a	WÄLDCHEN 2004	12 (PUSCH 2003); 10 (THOMPSON et al. 1997)
<i>Papaver argemone</i> Sand-Mohn	>60	a	WÄLDCHEN 2004	>10 (KÄSTNER et al. 2001)
<i>Papaver dubium s. l.</i> Saat-Mohn	30	a	ODUM 1974	>10 (SALZMANN 1954)
<i>Papaver hybridum</i> Bastard-Mohn	>80		SALISBURY 1961	
<i>Papaver rhoeas</i> Klatsch-Mohn	54	a	WÄLDCHEN 2004	22 (PETER 1893); >11 (SALZMANN 1954); 10 (PUSCH 2001); >6 (ROBERTS & FEAST 1973)
<i>Phleum pratense</i> Wiesen-Lieschgras	21	d	THOMPSON et al. 1997	
<i>Polygonum aviculare</i> Vogel-Knöterich	>460	h	THOMPSON et al. 1997	320–460 (ODUM 1965); 22 (PETER 1893); 12 (PUSCH 2003); >6 (ROBERTS & FEAST 1973)
<i>Polygonum persicaria</i> Floh-Knöterich	300	a	ODUM 1974	30 (KOCH 1968); >5 (ROBERTS & NEILSON 1980)
<i>Ranunculus arvensis</i> Acker-Hahnenfuß	<1	g	THOMPSON et al. 1997	12 (KOCH 1968)
<i>Raphanus raphanistrum</i> Hederich	>20	h	THOMPSON et al. 1997	>5 (KÄSTNER et al. 2001)
<i>Reseda lutea</i> Gelbe Resede	>5	e	THOMPSON et al. 1997	
<i>Rubus caesius</i> Kratzbeere	mehrere		KÄSTNER et al. 2001	
<i>Rumex acetosa</i> Großer Sauerampfer	>100		BOGENRIEDER & BÜHLER 1991	>26 (THOMPSON et al. 1997); 10 (KOCH 1968)
<i>Rumex acetosella s. l.</i> Kleiner Sauerampfer	>12	h	THOMPSON et al. 1997	
<i>Rumex crispus</i> Krauser Ampfer	160	a	ODUM 1965	80 (THOMPSON et al. 1997); >5 (ROBERTS & NEILSON 1980)
<i>Scandix pecten-veneris</i> Venuskamm	max. 5		KÄSTNER et al. 2001	3 (BRECHLEY & WARINGTON 1930); 2 (HARPER 1977)
<i>Scleranthus annuus</i> Einjähriger Knäuel	>44		WALDHARDT et al. 2001	>18 (THOMPSON et al. 1997); >5 (KOCH 1968)
<i>Setaria viridis</i> Grüne Borstenhirse	>39	d	THOMPSON et al. 1997	
<i>Sherardia arvensis</i> Ackerröte	>10		CREMER et al. 1991	>3 (THOMPSON et al. 1997); 3 (ROBERTS 1986); 1 (SVENSSON & WIGREN 1982)
<i>Silene noctiflora</i> Acker-Lichtnelke	>60	a	WÄLDCHEN 2004	>5 (THOMPSON et al. 1997)
<i>Sinapis arvensis</i> Acker-Senf	>80	h	THOMPSON et al. 1997	>60 (WÄLDCHEN 2004); 22 (PETER 1893)
<i>Sonchus arvensis</i> Acker-Gänsedistel	>6	e	THOMPSON et al. 1997	36 (PETER 1893)
<i>Sonchus asper</i> Rauhe Gänsedistel	>20		KÄSTNER et al. 2001	>11 (THOMPSON et al. 1997); >11 (SALZMANN 1954)
<i>Sonchus oleraceus</i> Kohl-Gänsedistel	220–660	a	ODUM 1965	>100 (PETER 1894); >20 (THOMPSON et al. 1997); >11 (SALZMANN 1954)
<i>Spergula arvensis</i> Acker-Spark	>1700	h	THOMPSON et al. 1997	1760 (ODUM 1965); 22 (PETER 1893); >6 (ROBERTS & FEAST 1973);
<i>Stachys annua</i> Einjähriger Ziest	>60	a	WÄLDCHEN 2004	>14 (HEYTER 1985)
<i>Stachys palustris</i> Sumpf-Ziest	>20	h	THOMPSON et al. 1997	22 (PETER 1893)
<i>Stellaria graminea</i> Gras-Sternmiere	36	b	PETER 1893	
<i>Stellaria media</i> Gewöhnliche Vogelmiere	>660	h	THOMPSON et al. 1997	50–660 (ODUM 1965); >100 (PETER 1894); >6 (ROBERTS & FEAST 1973)

Fortsetzung Tabelle 2

Sippe	Max. Kfd	Lage- rung	Quelle mit Angabe der längsten Kfd	weitere Angaben (maximal 3–4) mit Quellenangabe zur Kfd
<i>Taraxacum officinale</i> aggr. Gew. Löwenzahn	>660	h	THOMPSON et al. 1997	36 (PETER 1893)
<i>Teucrium botrys</i> Trauben-Gamander	>60	a	WÄLDCHEN 2004	>5 (THOMPSON et al. 1997)
<i>Thlaspi arvense</i> Acker-Hellerkraut	>60	a	WÄLDCHEN 2004	30 (THOMPSON et al. 1997); 22 (PETER 1893); >11 (SALZMANN 1954)
<i>Thlaspi perfoliatum</i> Durchwachsenblättriges Hellerkraut	>60	a	WÄLDCHEN 2004	
<i>Torilis arvensis</i> Acker-Klettenkerbel	>10	a	WÄLDCHEN 2004	10 (PUSCH 2001); 3 (BRENCHELY & WARINGTON 1936)
<i>Torilis japonica</i> Gew. Klettenkerbel	>5	e	THOMPSON et al. 1997	
<i>Trifolium arvense</i> Hasen-Klee	>10		KÄSTNER et al. 2001	>5 (THOMPSON et al. 1997)
<i>Trifolium campestre</i> Feld-Klee	>5	e	THOMPSON et al. 1997	
<i>Tripleurospermum maritimum</i> Küsten-Kamille	>26		KÄSTNER et al. 2001	12 (PUSCH 2003); >11 (THOMPSON et al. 1997); >6 (ROBERTS & FEAST 1973)
<i>Tussilago farfara</i> Huflattich	<1	d	THOMPSON et al. 1997	
<i>Valerianella dentata</i> Gezählter Feldsalat	46	b	PETER 1893	>30 (THOMPSON et al. 1997); 12 (PUSCH 2001–2004); 10 (WÄLDCHEN 2004)
<i>Valerianella locusta</i> Gewöhnlicher Feldsalat	>60	a	WÄLDCHEN 2004	
<i>Valerianella rimosa</i> Gefurchter Feldsalat	12	a	PUSCH 2001–2004	<1 (THOMPSON et al. 1997)
<i>Veronica arvensis</i> Feld-Ehrenpreis	>60	a	WÄLDCHEN 2004	>20 (KÄSTNER et al. 2001); >5 (ROBERTS & BODDRELL 1983); >3 (THOMPSON et al. 1997)
<i>Veronica hederifolia</i> Efeu-Ehrenpreis	>20	h	THOMPSON et al. 1997	>6 (ROBERTS & FEAST 1973)
<i>Veronica persica</i> Persischer Ehrenpreis	160	a	ODUM 1965	>100 (BOGENRIEDER & BÜHLER 1991); 15 (WÄLDCHEN 2004); >10 (THOMPSON et al. 1997)
<i>Veronica polita</i> Glänzender Ehrenpreis	45	b	PETER 1893	>40 (THOMPSON et al. 1997)
<i>Veronica triphyllos</i> Dreiteiliger Ehrenpreis	>10		KÄSTNER et al. 2001	
<i>Vicia angustifolia</i> Schmalblättrige Wicke	>44		WALDHARDT et al. 2001	30 (ODUM 1965)
<i>Vicia tenuifolia</i> Feinblättrige Vogel-Wicke	45	b	PETER 1893	
<i>Vicia tetrasperma</i> Viersamige Wicke	>44		WALDHARDT et al. 2001	<5 (THOMPSON et al. 1997)
<i>Viola arvensis</i> Acker-Stiefmütterchen	460	a	ODUM 1965	>60 (WÄLDCHEN 2004); >44 (WALDHARDT et al. 2001); >20 (THOMPSON et al. 1997)
<i>Vulpia bromoides</i> Trespen-Federschwingel	1	e	THOMPSON et al. 1997	
<i>Vulpia myuros</i> Mäuseschwanz- Federschwingel	<5	h	THOMPSON et al. 1997	

Im Feldversuch wurden außerdem zehn Arten der Roten Liste Thüringens (KORSCH & WESTHUS 2001) nachgewiesen. Flammen-Adonisröschen (*Adonis flammea*) (Abb. 5), Gelber Günsel (*Ajuga chamaepitys*) (Abb. 6) und Rundblättriges Hasenohr (*Bupleurum rotundifolium*) sind sogar bundesweit gefährdet. Alle diese Arten sind Zeiger basenreicher Böden und bevorzugen sommerwarme, trockene, meist steinige und nur extensiv genutzte lehmig-tonige Standorte. Sie kommen in den basiphilen Haftdolden-Unkrautgesellschaften des Caucalidion vor.

Die Literaturrecherche wurde zu den 177 Segetalarten der angelegten Florenliste vorgenommen. Diese Liste basiert auf den thüringenweiten Untersuchungen von PUSCH et al. (1996) und PUSCH & BARTEL (2001) zur Erfassung förderwürdiger

Ackerränder und beinhaltet demzufolge auch einige seltenere, mitunter im Ackerrandbereich auftretende, z. T. ausdauernde Arten (z. B. Braunes Mönchskraut (*Nonea pulla*), Gelbe Spargelerbse (*Tetragonolobus maritimus*) oder Hartgras (*Sclerochloa dura*)), die nur im „Weiteren Sinne“ als Segetalarten bezeichnet werden können. Andere auch mitunter an Ackerrändern vorkommende Arten wie z. B. Niederliegendes Mastkraut (*Sagina procumbens*), Kriechender Hahnenfuß (*Ranunculus repens*) oder Breit-Wegerich (*Plantago major*) fehlen hingegen in der Liste der 177 „Segetalarten“, da diese aufgrund ihrer weiten Verbreitung und Häufigkeit nur geringen Einfluss auf die Förderwürdigkeit von Ackerrändern haben.

Für 142 Arten konnten Angaben zur ihrer Keimfähigkeitsdauer in der Literatur gefunden werden. Mehr als 40 % davon



Abbildung 5: Flammen-Adonisröschen (*Adonis flammea*) – eine rot blühende, unauffällige und vom Aussterben bedrohte Art mit einem hohen Ausharrungsvermögen

Figure 5: *Adonis flammea* – a red flowering inconspicuously plant which is threatened with extinction although it has a high longevity of the seeds



Abbildung 6: Gelber Günsel (*Ajuga chamaepitys*) – eine stark gefährdete Art der Roten Liste Thüringens

Figure 6: *Ajuga chamaepitys* – an endangered species listed in the red list of Thuringia



Abbildung 7: Einjähriger Ziest (*Stachys annua*) – eine heute selten gewordene Ackerwildkrautart, die mehr als 60 Jahre keimfähig ist

Figure 7: *Stachys annua* – more than 60 years germinable, but a current very rarely weed species

haben eine Keimfähigkeitsdauer über 50 Jahre. Spitzenreiter sind Arten wie der Weiße Gänsefuß (*Chenopodium album*) mit 1760 Jahren, Ackerspark (*Spergula arvensis*) mit mehr als 1700 Jahren, Purpurrote Taubnessel (*Lamium purpureum*), Schwarzes Bilsenkraut (*Hyoscyamus niger*), Gewöhnliche Vogelmiere (*Stellaria media*) und Gemeiner Löwenzahn (*Taraxacum officinalis* agg.) mit nachweislich mehr als 660 Jahren. Mehr als 50 % der Arten besitzen eine Keimfähigkeitsdauer über 20 Jahre. Nur elf Arten sind nur bis zu 1–5 Jahre im Boden überlebensfähig und nur neun Arten haben ein geringeres Ausharrungsvermögen als 1 Jahr. Die Häufung lange als Diasporen überlebensfähiger Arten ist für diese ständig durch Bearbeitung gestörten Lebensräume also sehr auffällig. Zu 34 Arten der gelisteten 177 Segetalarten sind in der Literatur keine Angaben zur Diasporen-Keimfähigkeit gefunden worden. Von diesen konnten im Rahmen des experimentellen Teils der Diplomarbeit (WÄLDCHEN 2004) für neun Arten erstmals Angaben ermittelt werden. So wurde für den gefährdeten Gelben Günsel (*Ajuga chamaepitys*), den Schmalblättrigen Hohlzahn (*Galeopsis angustifolia*), das Durchwachsenblättrige Hellerkraut (*Thlaspi perfoliatum*) und den Gewöhnlichen Feldsalat (*Valerianella locusta*) eine Keimfähigkeit über 60 Jahre diagnostiziert. Bei drei Segetalarten (*Nigella arvensis*, *Adonis flammea* und *A. aestivalis*) wurde die ermittelte Keimfähigkeitsdauer noch mit einem Fragezeichen versehen. Vom Acker-Schwarzkümmel (*Nigella arvensis*) und dem Flammen-Adonisröschen (*Adonis flammea*) wurden im gesamten Experiment jeweils nur ein Exemplar beobachtet. Zwar sind diese Arten auch im Kyffhäusergebirge selten und treten meist nur in sehr geringen Individuenzahlen auf, doch können im Falle des Auftretens von Einzelindividuen auch eher Fehler bzw. Störungen des Experiments verantwortlich sein. Auch beim Sommer-Adonisröschen (*Adonis aestivalis*) konnten die Zweifel nicht ausgeräumt werden, da die im Kyffhäusergebirge sonst eher häufige und individuenstarke Segetalart im Experiment nur selten auftrat, auch in den lückigen Halbtrockenrasen un-

weit der Kontrollflächen vorkam und merkwürdigerweise in den jüngeren Brachflächen (bis 15 Jahre) nicht gefunden wurde.

Außerdem wurden durch WÄLDCHEN (2004) und die Beobachtungen von PUSCH (2001–2004) bei 26 Arten eine deutlich höhere als bisher in der Literatur angegebene Keimfähigkeitsdauer festgestellt. Für elf Arten konnte die aus der Literatur bekannte sehr lange Keimfähigkeitsdauer durch das Experiment bestätigt werden.

Von folgenden 25 Thüringer Segetalarten bzw. selteneren - Arten die von uns auch häufiger im Ackerrandbereich nachgewiesen wurden, konnten sowohl bei der Literaturrecherche als auch den eigenen experimentellen Untersuchungen keine Angaben zur Lebensdauer der Diasporen ermittelt werden. Diese sollten Gegenstand künftiger Untersuchungen sein: Steinquendel (*Acinos arvensis*), Runder Lauch (*Allium rotundum*), Kelch-Steinkraut (*Alyssum alyssoides*), Sparrige Trespe (*Bromus squarrosus*), Wiesen-Trespe (*Bromus commutatus*), Kleines Tausendgüldenkraut (*Centaureum pulchellum*), Sichel-Wolfsmilch (*Euphorbia falcata*), Acker-Schachtelhalm (*Equisetum arvense*), Sparriger Schöterich (*Erysimum repandum*), Breitblättrige Wolfsmilch (*Euphorbia platyphyllus*), Kleinfrüchtiges Kletten-Labkraut (*Galium spurium*), Stein-Storchschnabel (*Geranium columbinum*), Kletten-Igelsame (*Lappula squarrosa*), Weißer Steinklee (*Melilotus albus*), Acker-Löwenmaul (*Misopates orontium*), Braunes Mönchskraut (*Nonea pulla*), Strahlen-Breitsame (*Orlaya grandiflora*), Rauhes Lieschgras (*Phleum paniculatum*), Schlitzblättriges Stielsamenkraut (*Podospermum laciniatum*), Hartgras (*Sclerochloa dura*), Loesels Rauke (*Sisymbrium loeselii*), Bauernsenf (*Teesdalia nudicaulis*), Gelbe Spargel-erbse (*Tetragonolobus maritimus*), Breitblättrige Haftdolde (*Turgenia latifolia*) und Gekielter Feldsalat (*Valerianella carinata*).

5 Schlussfolgerungen für den Artenschutz und künftige Rote Listen

Das Vorkommen dauerhafter Diasporenbanken, ist aus der Sicht des Arten- und Biotopschutzes bisher nur wenig berücksichtigt worden. Dies ist vor allem unter dem Gesichtspunkt bedeutend, dass Arten bisher an einem Standort als verschollene galten, wenn sie in der aktuellen Vegetation eine längere Zeit nicht mehr nachgewiesen wurden. Die Überdauerungsphase als Diaspore wird dabei nicht berücksichtigt. Eine Art, die fähig ist, eine permanente Diasporenbank aufzubauen, das heißt ungünstige Bedingungen über Jahre, Jahrzehnte oder gar Jahrhunderte zu überdauern, ist weniger gefährdet, als eine, die nur eine kurze Diasporenbank bildet. Die Keimfähigkeitsdauer der Diasporen sollte somit ein zu berücksichtigendes Kriterium zur Einstufung der Arten in die Roten Listen sein.

Gelber Günsel (*Ajuga chamaepitys*), Ackerkohl (*Conringia orientalis*), Spiessblättriges Tännelkraut (*Kickxia elatine*) und Einjähriger Ziest (*Stachys annua*) (Abb. 7), Arten die weit mehr als 50 Jahre im Boden überdauern können, werden z. B. in der aktuellen Roten Liste Thüringens (KORSCH & WESTHUS 2001) in die Kategorie „stark gefährdet“ eingestuft. Nach der Definition dieser Gefährdungskategorie sind diese Arten im nahezu gesamten Verbreitungsgebiet in Thüringen gefährdet. Wenn die Gefährdungsfaktoren und -ursachen weiterhin einwirken oder bestandserhaltene Schutz- und Hilfsmaßnahmen nicht unternommen werden, ist damit zu rechnen, dass die Arten innerhalb der nächsten zehn Jahre vom Aussterben bedroht sein werden. Betrachtet man jedoch die lange erfolgreiche Überdauerung im Boden, so spiegelt diese Einstufung den tatsächlichen Sachverhalt nicht korrekt wider. Die Untersuchungen der vorliegenden Arbeit zeigen, dass diese Arten an Standorten, wo sie seit über 50 Jahren nicht mehr nachgewiesen wurden, immer noch in der Diasporenbank vorhanden sind. Ein Umwühlen der Erde durch Wildschweine, durch Traktoren, durch Pflegemaßnahmen oder durch die „Wieder-Inkulturnahme“ von ehemaligem Ackerland kann dazu führen, dass stark gefährdete oder in manchen Regionen verschollene Arten, wieder zu Hunderten Exemplaren vorkommen können.

Mittels der vorliegenden Untersuchungen ist es möglich, die tatsächliche Gefährdungssituation zahlreicher Ackerwildkräuter besser einzuschätzen. So könnte z. B. die Keimfähigkeitsdauer der Diasporen bei der Einstufung in die jeweilige Gefährdungskategorie mit berücksichtigt werden oder die Arten mit einer langlebigen Samenbank separat in der Roten Liste (z. B. mit ⁺) gekennzeichnet werden.

Das Wissen über eine permanente Diasporenbank von bestimmten Arten an früheren Wuchsorten hilft, dieses Potential durch das Wiederherstellen von günstigen Bedingungen zu aktivieren. So kann unter Kenntnis der keimungsbiologischen Ansprüche bei einer Aktivierung eines vorhandenen Diasporenpotentials der Standort so verändert werden, dass das Auflaufen der Diasporen möglich ist (POSCHLOD & BINDER 1991). Der Feldversuch, der im Rahmen vorliegender Untersuchungen durchgeführt wurde, spiegelt die Bedeutung der Diasporenbank für den Artenschutz wider. Durch die Aktivierung der Samenbank konnten zehn Arten, die in der Roten Liste des Landes Thüringens stehen, nachgewiesen werden. Vom Aussterben bedroht sind davon die Arten Flammen-Adonisröschen (*Adonis flammea*) und Acker-Schwarzkümmel (*Nigella arvensis*). Gelber Günsel (*Ajuga chamaepitys*), Einjähriger Ziest (*Stachys annua*) und Spiessblättriges Tännelkraut (*Kickxia elatine*), welche der Kategorie 2 der Roten Liste Thüringens zugehörig sind, traten nach der Bodenbearbeitung sogar mit hohen Individuenzahlen auf. Dies ist der Beweis dafür, dass sich Erhaltungsmaßnahmen auch dort lohnen, wo aktuell keine der betreffenden Arten mehr zu beobachten ist. Der Versuch zeigt, dass sich gefährdete Arten durch die „Wieder-Inkulturnahme“ von ehemaligen extensiv genutzten

Äckern erneut etablieren können. Aber nicht nur unter Brachen, sondern auch unter heute intensiv genutzten Äckern können gefährdete oder in manchen Regionen verschollene Arten im Samenvorrat erhalten sein. Diese könnten sich u. U. durch ackerbauliche Extensivierungsmaßnahmen oder durch das Anlegen von Ackerrandstreifen wieder ausbreiten.

Danksagung

Wir möchten uns vor allem bei folgenden Kolleginnen und Kollegen ganz herzlich für die praktische Vorbereitung unserer Feldversuche, die engagierte Unterstützung bei der Literaturrecherche und die Hinweise zum Manuskript bedanken: Dr. H. Albrecht (München), U. Bärwinkel (Rottleben), Prof. Dr. E. Bergmeier (Göttingen), F. Bode (Freiburg i. Br.), Dr. T. van Elsen (Witzenhausen), Prof. Dr. K. Helmecke (Wittersroda), Dr. W. Hilbig (Petershausen), Dr. H. Hofmeister (Hildesheim), Dr. A. Jackel (Regensburg), Prof. Dr. E. Jäger (Halle/Saale), Dr. S. Klotz (Halle/Saale), Dr. I. Kühn (Halle/Saale), Prof. Dr. A. Otte (Gießen), S. Pfütenreuter (Erfurt), Prof. Dr. P. Poschlod (Regensburg), K. Rosenstock (Hackelbich), Prof. Dr. H. Sukopp (Berlin), Prof. Dr. G. Wagenitz (Göttingen), Dr. W. Westhus (Jena) und Dr. E. Zippel (Berlin).

Literaturverzeichnis

Die mit * gekennzeichneten Literaturstellen wurden selbst nicht eingesehen und ausgewertet, sie wurden bei SCHNEIDER et al. (1994) zitiert und von dort übernommen.

- ARLT, K., HILBIG, W., ILLIG, H., 1991. Ackerunkräuter – Ackerwildkräuter. A. Ziemsen Verlag, Lutherstadt Wittenberg
- * BARRALIS, G., CHADOEF, R., LONCHAMP, J. P., 1988. Longévité des semences de mauvaises herbes annuelles dans un sol cultivé. – Weed Res. 28: 407–418
- BARTHEL, K.-J., PUSCH, J., 1999. Flora des Kyffhäusergebirges und der näheren Umgebung. Ahorn Verlag, Jena
- BOGENRIEDER, A., BÜHLER, M., 1991. Zwischen Beharren und Wandel – Pflanzengesellschaften unter dem Einfluss des wirtschaftenden Menschen. – Hoppe, A. (Hrsg.): Das Marktgräferland. – Berichte der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg i. Br. 81: 25–64
- BONN, S., POSCHLOD, P., 1998. Ausbreitungsbiologie der Pflanzen Mitteleuropas. Quelle und Meyer, Wiesbaden.
- * BRECHLEY, W. E., WARINGTON, K., 1930. The weed seed population of arable soil. I. Numerical estimation of viable seeds and observations on their natural dormancy. – J. Ecol. 18: 235–272
- * BRECHLEY, W. E., WARINGTON, K., 1936. The weed seed population of arable soil. III. The reestablishment of weed species after reduction by fallowing. J. Ecol. 24: 479–501
- * BROUWER, W., STÄHLIN, A., 1955. Handbuch der Samenkunde. DLG-Verlag, Frankfurt a. Main.
- * CHEPIL, W. S., 1946. Germination of weed seeds. I. Longevity, periodicity of germination and vitality of seeds in cultivated soil. – Scientific Agriculture 26: 307–346
- * CREMER, J., PARTZSCH, M., ZIMMERMANN, G., SCHWÄR C., GOLTZ, H., 1991. Acker- und Gartenwildkräuter. Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin.
- * FISCHER, A., 1987. Untersuchungen zur Populationsdynamik am Beginn von Sekundärsukzessionen. – Diss. Bot. 110. 1–234
- HANF, M., 1990. Ackerunkräuter Europas mit ihren Keimlingen und Samen. BLV-Verlag, München.
- * HARPER, J. L., 1977. Population biology of plants. Academic Press, London, New York, San Francisco.
- * HEYTER, P., 1985. Neues zur Flora des Dreienbergs im Kreis Hersfeld-Rotenburg (Nordhessen). – Gött. Flor. Rundbr. 19: 44–45

- HIEKEL, W., FRITZLAR, F., HAUPT, R., KLAUS, S., LAEPPEL, U., NÖLLERT, A., REISINGER, E., STREMKER, A., WENZEL, H., WESTHUS, W., WIESNER, J., 1994. Wissenschaftliche Beiträge zum Landschaftsprogramm Thüringens. Schr.reihe d. Thüringer Landesanstalt für Umwelt, Jena 2/94: 1–105.
- JÄGER, E. J., WERNER, K., 2002. (Begr. W. Rothmaler): Exkursionsflora von Deutschland. Bd. 4, kritischer Band Gefäßpflanzen, 9. Aufl. Spektrum, Heidelberg, Berlin.
- KÄSTNER, A., JÄGER, E. J., SCHUBERT, R., 2001. Handbuch der Segetalpflanzen Mitteleuropas. Springer, Wien.
- * KJAER, A., 1948. Germination of buried and dry stored seeds. II. 1934–1944. – Proc. Int. Seed Test Assoc. 14: 19–26
- * KIVILAAN, A., BANDURSKI, R. S., 1981. The one hundred-year period for Dr. Beal's seed viability experiment. – Amer. J. Bot. 68: 1290–1292
- KOCH, W., 1968. Zur Lebensdauer von Unkrautsamen. – Saatgut-Wirtschaft 20: 151–253
- KORSCH, H., WESTHUS, W., 2001. Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen (Pteridophyta et Spermatophyta) Thüringens. – Naturschutzreport 18: 273–296
- ODUM, S., 1965. Germination of ancient seeds, floristical observations and experiments with archaeological dated soil samples. – Dansk Botanisk Arkiv 24 (2): 64
- PETER, A., 1893. Culturversuche mit ruhenden Samen. – Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaft zu Göttingen 17: 673–691
- PETER, A., 1894. Culturversuche mit ruhenden Samen, II. Mitteilung. – Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaft zu Göttingen 4: 373–393
- POSCHLOD, P., 1991. Diasporenbanken in Böden – Grundlage und Bedeutung. In: B. Schmidt und J. Stöcklin (Hrsg.), Populationsbiologie der Pflanzen. – Basel, S. 15–35
- POSCHLOD, P., BINDER, G., 1991. Die Bedeutung der Diasporenbank in Böden für den botanischen Arten- und Biotopschutz. In: K. Henle, und G. Kaule (Hrsg), Arten- und Biotopschutzforschung für Deutschland. – Nuclear Res. Center 4: 180–192
- PUSCH, J., 2001–2004. Mdl. Mitt. nach eigenen, unveröffentlichten Beobachtungen zum Auftreten verschiedener Ackerwildkräuter im Raum des Kyffhäusergebirges.
- PUSCH, J., HENZE, U., BARTHEL, K.-J., 1996. Floristische Erfassungen an Ackerrändern Nordostthüringens in den Jahren 1993 bis 1996. Veröff. Naturkundemuseum Erfurt 15: 50–67
- PUSCH, J., BARTHEL, K.-J., 2001. Floristische Erfassungen an den Ackerrändern im nordöstlichen Mittelthüringen in den Jahren 1997 bis 2001. – Veröffentl. Naturkundemuseum Erfurt 20: 41–50
- ROBERTS, H. A., 1986. Seeds persistence in soil an seasonal emergence in plant species from different habitats. J. of applied ecology, 23: 639–656
- ROBERTS, H. A., BODDRELL, J. E., 1983. Seed survival and periodicity of seedling emergence in ten species of annual weeds. – Annals of applied Biology 102: 528–532
- ROBERTS, A. H., FEAST, P. M., 1973. Emergence and longevity of seeds of annual weeds in cultivated and undisturbed soil. – Journal of applied ecology 10: 133–143
- ROBERTS, A. H., NEILSON, J. E., 1980. Seed survival and periodicity of seedling emergence in some species of *Atriplex*, *Chenopodium*, *Polygonum* and *Rumex*. – Annals of applied Biology 94: 111–120
- * SALISBURY, E., 1961. Weeds and Aliens. London.
- 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. Schriftenreihe für Vegetationskunde 26: 1–356
- * SVENSSON, R., WIGREN, M., 1982. Competition, nutrient and herbicide experiments illustrating the decline of some weeds. – Svensk Bot. Tidskr. 76: 241–258
- * SVENSSON, R., WIGREN, M., 1986. History and biology of *Lithospermum arvense* in Sweden. Svensk Bot. Tidskr. 80: 107–131
- THOMPSON, K., BAKKER, J., BEKKER, R., 1997. The soil seed banks of North West Europe: methodology, density and longevity. Cambridge.
- * TOOLE, E. H., BROWN, E., 1946. Final results of the Duvel buried seed experiment. J. Agricult. Res. 72: 201–210
- * VERKAAR, D., SCHENKEVELD, A., 1981. Kiemkrachtige zaden van enkele akkeronkruiden gevonden in de bodem van een voormalige akker in Zuid-Limburg. – Gorteria 10: 225–226.
- WÄLDCHEN, J., 2004. Untersuchungen zur Lebensdauer der Diasporen ausgewählter Segetalpflanzen der Flora Thüringens. – Diplomarbeit Fachhochschule Eberswalde, unveröff.: 128 S.
- 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 Ecology 2: 83–87

Autorenadressen:

Jana Wäldchen
Rottlebener Straße 11
D-06567 Bad Frankenhausen
jana.waeldchen@gmx.de

Dr. rer. nat. Jürgen Pusch
Landratsamt Kyffhäuserkreis
Amt für Umwelt, Natur und Wasserwirtschaft
Markt 8
D-99706 Sondershausen
Tel. 03632 741233

Prof. Dr. rer. nat. Vera Luthardt
FH Eberswalde, FB Landschaftsnutzung und Naturschutz
Fr.-Ebert-Str. 28
D-16225 Eberswalde
Tel. -3334-657327, Fax. -3334-236316
vluthard@fh-eberswalde.de