

Einfluss von Brachemischungen auf die Entwicklung des Samenvorrats im Boden und die Erhaltung von Pflanzenarten in der Folgekultur

Autor(en): **Eggenschwiler, Lisa / Jacot, Katja / Studer, Sibylle**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Botanica Helvetica**

Band (Jahr): **114 (2004)**

Heft 1

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-74719>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Einfluss von Brachemischungen auf die Entwicklung des Samenvorrats im Boden und die Erhaltung von Pflanzenarten in der Folgekultur

Lisa Eggenschwiler¹, Katja Jacot¹, Sibylle Studer¹ und Peter Edwards²

¹ Agroscope FAL Reckenholz, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Reckenholzstrasse 191, CH-8046 Zürich;
e-mail: lisa.eggenschwiler@fal.admin.ch

² Eidgenössische Technische Hochschule (ETH), Geobotanisches Institut, Zürichbergstrasse 38, CH-8044 Zürich

Manuskript angenommen am 30. März 2004

Abstract

Eggenschwiler L., Jacot K., Studer S. and Edwards P. 2004. Influence of seed mixtures on the development of the seed bank of wildflower strips and rotational fallows and the persistence of species in the subsequent crop. Bot. Helv. 114/1: 49–66.

One goal of establishing ecological compensation areas in arable land is to preserve and promote plant species diversity. In a field study in the north-eastern part of Switzerland we compared the soil seed banks in plots representing two types of wildflower strips, rotational fallow, natural regeneration and grass-clover ley during the first two years after establishment. There was a marked increase in the total seed bank in all vegetation types during the first year, which was most pronounced in the natural regeneration and least in the grass-clover ley. Six of the species sown were detected in the seed bank in the first year following establishment, and 14 species in the second year. The potential of sown wildflower species to persist in the subsequent crop was investigated by tilling the plots after 1.5 and 2 years and sowing them with winter or summer wheat, with or without application of herbicide. Altogether 26 out of 43 sown species occurred in the subsequent crop, the largest numbers being found in the former wildflower strips. Species diversity and cover of both sown and spontaneous species was higher in summer wheat than in winter wheat. 13 sown species were able to spread out into plots where they had not been sown. The spontaneous plant species were most affected by herbicide, but some sown wildflower species were also reduced. After tilling, the preservation of numerous plant species is possible by a conserving management, at least in the short term.

Key words: Ecological compensation area, arable land, seed bank, species richness, cultivation, mowing.

Einleitung

Der Samenvorrat im Boden eines Ackers wird von den Standorteigenschaften und dem ökologischen Umfeld, der Bewirtschaftung und der Ausbreitungsbiologie der Pflanzen beeinflusst. Für die Zusammensetzung und Grösse des Samenvorrats massgebende Bewirtschaftungsmassnahmen sind insbesondere die Bodenbearbeitung, die Art der angebauten Kultur und der Herbizid- und Düngereinsatz (Cavers und Benoit 1989). Mehrheitlich besteht der Samenvorrat aus annuellen Ackerkräutern, die zwischen zwei Bodenbearbeitungen auf der Fläche ihren Lebenszyklus vollenden und somit versamen (Cavers und Benoit 1989).

In verschiedenen europäischen Ländern werden seit 20 Jahren Ackerflächen aus der Produktion genommen und stillgelegt, indem sie spontanbegrünt oder angesät werden. Da diese Flächen üblicherweise weder gedüngt noch mit Pestiziden behandelt werden und auch die Bodenbearbeitung eingestellt wird, unterscheiden sie sich bezüglich Samendichte und -zusammensetzung im Oberboden wesentlich von lückenlos bebauten Äckern. Auch auf nicht stillgelegten Flächen, wo die Herbizidapplikation reduziert oder vollständig eingestellt war, wurde mehrfach eine Erhöhung des Samenvorrats festgestellt (Dessaint et al. 1990a; Yenish et al. 1992; Gerowitt und Bodendörfer 1998; Hoffman et al. 1998; Fykse und Waernhus 1999). Diese Effekte können durch ausbleibende Bodenbearbeitung noch verstärkt sein. So konnte in Spontanbegrünungen verglichen mit konventionell bewirtschafteten Äckern eine vermehrte Samenproduktion und -akkumulation verzeichnet werden (Jones und Naylor 1992; Jödicke und Trautz 1994). Auch Grasreinsaaten führten zu einer Zunahme des Samenvorrats, jedoch zu einer geringeren als in Spontanbegrünungen (Lawson et al. 1992; Davies et al. 1998; Turley et al. 1998).

In der Schweiz werden Ackerflächen seit knapp zehn Jahren aus der Fruchtfolge genommen und während zwei bis sechs Jahren als Buntbrachen oder während ein bis drei Jahren als Rotationsbrachen geführt. Mit der Saat dieser abgeltungsberechtigten ökologischen Ausgleichsflächen soll insbesondere die floristische und faunistische Artenvielfalt im Ackerbaugebiet gefördert werden. Derzeit sind verschiedene, artenreiche Samenmischungen mit etwa 17 bis 40 Komponenten im Handel erhältlich, die einheimische Wildkräuter und Deckfrüchte enthalten. Im Gegensatz zu Stilllegungsflächen in anderen europäischen Ländern sind Spontanbegrünungen nur mit einer kantonalen Spezialbewilligung auf Böden mit einem vielfältigen Samenvorrat beibehaltungsberechtigt (BLW 2002).

Anders als bei reinen Grassaaten oder komponentenarmen Klee-Grasmischungen ergeben sich aus Brachemischungen normalerweise lückigere Pflanzenbestände, die zahlreichen spontan auflaufenden Pflanzenarten die Etablierung ermöglichen (Lambelet und Delabays 1999; Günter 2000a; Günter 2000b; Eggenschwiler und Jacot 2001). Über den Samenvorrat in Bunt- und Rotationsbrachen ist bisher noch nicht viel bekannt. Einige Studien haben aber gezeigt, dass sich Samen im Boden infolge ausbleibender Bodenbearbeitungsmassnahmen während einiger Jahre deutlich anreichern können (Delabays und Mermillod 2001; Ullrich 2001; Delabays et al. 2001). Aus artenschützerischer Perspektive ist es begrüssenswert, dass sich Samen seltener Ackerkräuter im Boden ansammeln können. Aus agronomischer Sicht ist eine Akkumulation von Samen eher unerwünscht, vor allem, wenn es sich um problematische Pflanzenarten handelt.

Neben dem Vegetationstyp kann auch ein Schnitt der Pflanzendecke den Samenvorrat beeinflussen, indem die Zusammensetzung der Pflanzengesellschaft verändert

wird. Jones und Naylor (1992) und Stupnicka-Rodzinkiewicz et al. (1998) stellten in Spontanbegrünungen fest, dass gewisse Pflanzenarten nach einem Schnitt im Samenvorrat reduziert auftraten. In anderen Studien konnte jedoch kein deutlicher Zusammenhang nachgewiesen werden (Lawson et al. 1992; Davies et al. 1998). Für Brachen wird ein Säuberungsschnitt in den ersten zwei Monaten nach der Saat empfohlen, falls konkurrenzstarke spontane Arten auflaufen (Pffner und Schaffner 2000). Über den Einfluss eines Schnittes auf den Samenvorrat im Boden von Brachen liegen bisher keine Kenntnisse vor. Ein erstes Ziel dieser Studie war zu untersuchen, welche Pflanzenarten sich im Samenvorrat unter Brachen anreichern und inwieweit der Mischungstyp sowie ein Säuberungsschnitt den Samenvorrat beeinflussen.

Bunt- und Rotationsbrachen werden nach einem bis sechs Jahren umgebrochen und die Flächen wieder in Kultur genommen (BLW 2002). Über die Zusammensetzung und Dichte der Begleitflora in der Folgekultur liegen bisher kaum Kenntnisse vor. Auch bezüglich Erhaltung von seltenen Arten nach Umbruch der Brache sowie allfällige Verunkrautungsprobleme in der Folgekultur bestehen grosse Wissenslücken. Das zweite Ziel der Studie bestand daher darin, den Einfluss des Mischungstyps, des Umbruchzeitpunkts respektive der Kultur (Winter- und Sommerweizen) und der Bewirtschaftung (mit und ohne Herbizideinsatz) auf die Artenzahl und Dichte der Pflanzen in der Begleitflora zu erforschen.

Der Samenvorrat im Boden wurde in einem dreijährigen Feldversuch unter Pflanzenbeständen studiert, die aus drei verschiedenen artenreichen Brachemischungen hervorgegangen waren. Zum Vergleich dienten spontanbegrünte Parzellen und eine Kunstwiesenmischung. Zur Untersuchung der Begleitflora wurden die Versuchspartellen nach eineinhalb beziehungsweise zwei Jahren umgebrochen.

Material und Methoden

Versuchsstandort

Die Versuchsanlage befand sich im Nordosten des schweizerischen Mittellandes auf der Staatsdomäne Kalchrain in Hüttwilten auf 630 m ü. M. auf nordexponiertem Gelände mit leichter Neigung. Der Boden wurde als schwach saure, pseudogleyige Braunerde mit teilweisen Übergängen zu einem Braunerde-Pseudogley und am Rand zu einem kiesreichen, verbräunten Regosol charakterisiert. Während der Untersuchungsperiode (2000–2001) lag die mittlere jährliche Niederschlagsmenge bei 1356 mm (Tänikon, 536 m ü. M.), mit den höchsten Werten im Sommer und den tiefsten im späten Winter. Die Temperatur betrug im jährlichen Mittel 9.3 °C, wobei der maximale monatliche Mittelwert mit 18.2 °C im August registriert wurde und der minimale Wert mit –0.1 °C im Januar (SMA 2000; SMA 2001). Während der letzten Jahre wurde das Gebiet ackerbaulich intensiv genutzt. Vor der Anlage des Experiments war die Fläche mit Wintergerste bewachsen (1998–1999) und während des Winters 1999–2000 mit einer Kunstwiese.

Bunt- und Rotationsbrachen, Samenmischungen

Rotationsbrachen sind flächige Fruchtfolgeglieder mit einer Anlagedauer von höchstens drei Jahren, während die meist streifenförmigen Buntbrachen zwei bis sechs Jahre bestehen (BLW 2002). Die beiden Brachetypen werden weder gedüngt noch mit Pestiziden behandelt. Ausnahmsweise sind Einzelstockbehandlungen mit Herbiziden erlaubt. Ein Schnitt kurz nach der Saat ist nur bei hohem Druck an spontan auflau-

fenden Pflanzenarten erlaubt (BLW 2002). In die Untersuchung wurden drei Brachemischungen einbezogen (Tab. 1). Die Brachemischung B1 ist als „Buntbrache Grundversion“ im Verkauf erhältlich, während die etwas artenreichere Brachemischung B2 gegenüber der im Handel käuflichen „Buntbrache Vollversion“ etwas abgewandelt wurde. Insbesondere wurde der Mischung *Festuca pratensis* beigelegt, um zu testen, ob dadurch unerwünschte spontane Pflanzenarten stärker konkurrenziert werden. Die gräserreiche, nicht im Handel erhältliche Rotationsbrache R könnte sich aufgrund der geringen Komponentenzahl für Brachen mit kurzer Anlagedauer eignen und möglicherweise auch ein Potenzial haben, unerwünschte spontane Pflanzenarten zu unterdrücken. Zum Vergleich dienten ungesäte Parzellen, auf denen sich eine spontan auflaufende Flora entwickelte (Spontanbegrünung, S) und Kunstwiesenparzellen, KW (Standardmischung SM 320; Lehmann et al. 2000; Tab. 1).

Versuchsanlage und Verfahren

Nach Pflügen und mehrmaligem Eggen fand die Saat der Versuchspartellen am 27.04.2000 mit einer Kleinparzellensämaschine von Agroscope FAL Reckenholz statt. Für einen guten Bodenschluss wurde nach der oberflächlichen Breitsaat gewalzt. Der Versuch bestand aus einer split-plot Anlage mit vier Wiederholungen à 20 Partellen zu je sechs auf neun Meter (Herbizidverfahren als sub plots). Zufällig verteilt wurde die Hälfte aller Partellen sieben Wochen nach der Saat gemulcht. Die Kunstwiese wurde zudem im August 2000 und im Juli 2001 geschnitten und das Schnittgut abgeführt. Aufgrund des kleinparzelligen Versuchsdesigns wurde auf eine intensivere Bewirtschaftung verzichtet. Die gräserreiche Rotationsbrache wurde infolge hoher Biomasse-Akkumulation im Juli 2001 geschnitten, wobei das Mähgut abgeführt wurde. Die agronomisch problematischen Arten *Rumex obtusifolius* und *Cirsium arvense* traten teils stark auf und mussten während der Vegetationsperiode mechanisch und chemisch bekämpft werden. Anfang Oktober 2001 wurde die Hälfte der Partellen mit einem Schlegelmulchgerät abgeschlegelt, das Pflanzenmaterial wurde mit dem Pflug in den Boden eingearbeitet, und nach der Bodenbearbeitung mit der Kreiselegge fand Mitte Oktober 2001 die Saat von Winterweizen statt. Ende März 2002 wurden auf gleiche Art die restlichen Partellen umgebrochen und anfangs April 2002 wurde Sommerweizen gesät.

Bestimmung des Samenvorrats mittels Keimlingsbestimmungsmethode

Für die Nullerhebung wurden Mitte Mai 2000 in 32 Spontanbegrünungspartellen je drei zufällig verteilte Bodenproben gestochen und zu einer Mischprobe vereinigt. Ende März 2001 wurden je 16 Partellen der Mischungsverfahren B1, B2, R, S und KW beprobt, wobei je zur Hälfte ungeschnittene und gemulchte Partellen einbezogen wurden. Ende März 2002 fanden Probenentnahmen nur in acht der oben erwähnten Partellen statt, weil zu diesem Zeitpunkt die Hälfte der Partellen umgebrochen und Winterweizen gesät worden war. Die Proben wurden mit einem Erdbohrer (6 cm Durchmesser, 20 cm Tiefe) jeweils zufällig verteilt gestochen, wobei Partellenrandbereiche (0.5 m) nicht beprobt wurden, um die Erfassung von Samen aus Nachbarpartellen möglichst zu vermeiden. Pro Partelle wurde Erde von je sechs Einstichen zu einer Probe zusammengemischt und anschliessend in Kühlboxen ins Labor transportiert. Die Methodik der Probenaufbereitung wurde etwas verändert nach Ter Heerdt et al. (1996). Die Erdproben wurden bei 20 °C getrocknet und danach durch ein Sieb mit Maschenweite 5 mm gebürstet. Nach der Lagerung im Kühlraum bei 4 °C wurden die Proben durch zwei Siebe gewaschen (Maschenweite 2 mm und 0.25 mm). Die zurück-

Tab. 1. Die verwendeten Samenmischungen mit Saatmengen (g ha^{-1}), mittleren Tausendkornengewichten (TKG) und Lebensdauer der Pflanzenarten (A: annuell, B: biannuell, P: perennierend). Die Nomenklatur folgt Lauber und Wagner (2001). Die mit * bezeichneten TKG-Werte stammen von Lehmann (1997).

	Lebensdauer	TKG (g)	Buntbrache B1	Buntbrache B2	Rotationsbrache R	Kunstwiese KW
<i>Achillea millefolium</i>	P	0.16	20	20		
<i>Agrostemma githago</i>	A	12.50	600	300		
<i>Anchusa arvensis</i>	A	6.78		70		
<i>Anthemis tinctoria</i>	B	0.40	20	20		
<i>Camelina sativa</i>	A	0.95		30		
<i>Centaurea cyanus</i>	A	3.59	500	250	400	
<i>Centaurea jacea</i>	P	1.89	200	200		
<i>Cichorium intybus</i>	P	1.38	120	120		
<i>Consolida regalis</i>	A	1.52		30		
<i>Dactylis glomerata</i>	P	1.07*				6000
<i>Daucus carota</i>	B	0.88	150	150		
<i>Dipsacus fullonum</i>	B	2.79	5	5		
<i>Echium vulgare</i>	P	3.13	200	200		
<i>Fagopyrum esculentum</i>	A	26.17	7800	7200	4000	
<i>Festuca pratensis</i>	P	2.03*		1000	4000	
<i>Hypericum perforatum</i>	P	0.10	60	60		
<i>Legousia speculum-veneris</i>	A	0.20	30	30		
<i>Leucanthemum vulgare</i>	P	0.40	100	100	100	
<i>Linum usitatissimum</i>	A	7.72			2000	
<i>Lolium Bastard</i>	P	-				6000
<i>Malva moschata</i>	P	2.04	20	20		
<i>Malva sylvestris</i>	B	3.76	60	60		
<i>Medicago sativa</i>	P	2.05*				15000
<i>Melilotus albus</i>	B	2.27	20	20		
<i>Misopates orontium</i>	A	0.12		30		
<i>Nigella arvensis</i>	A	0.98		30		
<i>Onobrychis viciifolia</i>	P	21.92*	600	300		
<i>Origanum vulgare</i>	P	0.08	60	60		
<i>Papaver rhoeas</i>	A	0.11	150	150	250	
<i>Pastinaca sativa</i>	B	2.79	100	100		
<i>Phleum pratense</i>	P	0.40*				3000
<i>Reseda lutea</i>	B	0.74		40		
<i>Silene noctiflora</i>	A	1.11		30		
<i>Silene pratensis</i>	P	0.98	100	100		
<i>Stachys annua</i>	A	1.23		60		
<i>Tanacetum vulgare</i>	P	0.13	5	5		
<i>Tragopogon orientalis</i>	B	6.53		100		
<i>Trifolium incarnatum</i>	A	3.53*		300		
<i>Trifolium pratense</i>	P	1.75*				2000
<i>Vaccaria hispanica</i>	A	6.34		70		
<i>Valerianella rimosa</i>	A	1.14		30		
<i>Verbascum densiflorum</i>	B	0.11	50	50		
<i>Verbascum lychnitis</i>	B	0.12	30	30		
Totale Saatmenge			11000	11370	10750	32000
Totale Anzahl Pflanzenarten			24	37	6	5

bleibende Fraktion aus Samen und Sand wurde 1–3 mm dick in Töpfe (1.2 l Volumen, 13 cm oberer Durchmesser) verteilt, welche zuvor mit je 800 ml sterilisierter Gartenerde und 100 ml Quarzsand aufgefüllt worden waren. Die Töpfe wurden anschliessend mit Kontrolltöpfen in die Klimakabine gestellt (10 h 25 °C und 10 h 15 °C, bei je 2 h Übergangszeit, 16 h hell, 8 h dunkel) und regelmässig mit Wasser gegossen. Etwa alle 14 Tage wurden die gekeimten Pflanzen nach Müller (1978) und Hanf (1990) bestimmt und entfernt. Nach 84 Tagen wurden die Töpfe einer 42-tägigen Vernalisation unterzogen (4 °C, dunkel). Anschliessend gelangten die Proben wieder in die Klimakabine, wo die Keimlinge nochmals während dreier Monate erhoben wurden. Die Keimlingszahlen wurden in Samendichten (Anzahl Samen pro m² und 20 cm Tiefe) umgerechnet. Auf eine Bestimmung von Samen wurde verzichtet, weil sich die verwendete Methode durch eine sehr hohe Keimrate auszeichnet (Ter Heerd et al. 1996).

Begleitfloraerhebung in der Folgekultur

Jeweils die Hälfte jeder Weizenparzelle wurde nach den Richtlinien des ökologischen Leistungsnachweises (ÖLN) bewirtschaftet: Düngung im Mai 2002 (im Winterweizen zusätzlich im April 2002) mit 27.5% Ammonsalpeter (1.2 kg a⁻¹), Herbizidapplikation im Mai 2002 mit Hoestar[®] (30 g) und Trifolin[®] (4 l auf 400 l Wasser). Auf der anderen Hälfte wurden keine Herbizide eingesetzt. In jeder behandelten und unbehandelten Weizenfläche wurden die Blütenpflanzenarten auf 2.25 m² erhoben, ihre prozentuale Deckung wurde auf einer Fläche von 1 m² geschätzt (Winterweizen: anfangs Juli 2002, Sommerweizen: Mitte Juli 2002).

Statistische Auswertung

Die Varianzanalysen (ANOVA) wurden mit der Prozedur GLM des Statistikprogramms SAS (SAS Institute Inc., Cary, USA, 1999) durchgeführt. Für multiple Vergleiche wurde der Tukey HSD post-hoc Test verwendet. In den Fällen, wo nur der Mischungseffekt relevant war, diente eine randomisierte Blockanlage der Auswertung. Wo auch ein Mulch-, Umbruch- oder Herbizideinfluss vorhanden war, kam eine split-plot Anlage zur Anwendung (Tab. 2).

Resultate

Entwicklung des Samenvorrats während zweier Jahre nach der Saat

Zu Beginn der Versuchsanlage wurden insgesamt 14 nährstoffliebende Pflanzenarten mit total 1110 Samen m⁻² im Samenvorrat nachgewiesen, wobei es sich um 12 annuelle Segetalarten (*Capsella bursa-pastoris*, *Chenopodium album*, *Ch. polyspermum*, *Lamium purpureum*, *Matricaria discoidea*, *Poa annua*, *Polygonum aviculare*, *P. lapathifolium*, *P. persicaria*, *Sinapis arvensis*, *Solanum nigrum*, *Stellaria media*) sowie mit *Lolium perenne* und *Trifolium repens* um zwei perennierende Wiesenarten handelte. Der Anteil der vier häufigsten Arten *Poa annua*, *Chenopodium polyspermum*, *Polygonum lapathifolium* und *P. persicaria* am Samenvorrat betrug etwa 90%. Im ersten und zweiten Standjahr fand eine deutliche Zunahme der Anzahl Pflanzenarten statt (Tab. 3). Durch den sieben Wochen nach der Saat durchgeführten Säuberungsschnitt wurden weder die totalen Artenzahlen (ANOVA, p = 0.492, erstes Standjahr; p = 0.943, zweites Standjahr) noch die Samenmengen (ANOVA, p = 0.113, erstes Standjahr; p = 0.809, zweites Standjahr) signifikant beeinflusst. Im ersten Standjahr unterschieden sich die Samendichten der gesäten und spontan aufgelaufenen Arten deutlich zwischen den

Tab. 2. Statistisches Modell der split-plot Anlage zur Datenauswertung der Begleitflora in der Folgekultur mit ANOVA (FG: Freiheitsgrade). Wo Mulchen nicht signifikant war, wurde es zum Fehler (Rest) geschlagen.

Ursache für Variation		F Regel	FG
main plot Analyse			
Mischung	M	M/F1	4
Kultur	K	K/F1	1
Wiederholung	W		3
Mischung x Kultur	MK	MK/F1	4
Rest (Mulchen und Interaktionen mit W)	F1		67
sub plot Analyse			
Herbizid	H	H/F2	1
Herbizid x Mischung	HM	HM/F2	4
Herbizid x Kultur	HK	HK/F2	1
Herbizid x Mischung x Kultur	HMK	HMK/F2	4
Rest (Mulchen und Interaktionen mit W)	F2		70

Mischungsverfahren, wogegen im zweiten Standjahr nur noch die gesäten Arten mit signifikant unterschiedlichen Samendichten auftraten (Tab. 3). In allen Mischungsverfahren wurde im ersten Standjahr eine deutliche Samenreicherung registriert, welche in den Spontanbegrünungen signifikant grösser war als in den gesäten Parzellen (alle Tukey post-hoc Tests: $p < 0.001$; Tab. 3). In den Brachen waren die totalen Samendichten und diejenigen der spontanen Pflanzen ähnlich wie in der Kunstwiese (Tab. 3). Die gesäten Arten stellten im ersten Standjahr in den Brachen mit 2–9% nur einen geringen Anteil an der gesamten Samenmenge dar, während sie in der Kunstwiese vollständig fehlten. Im zweiten Standjahr nahm die totale Samendichte allgemein eher ab (ANOVA, $p = 0.028$; Tab. 3). Die Samendichte der gesäten Arten war in B1 signifikant höher als in den anderen Mischungsverfahren. Bei den Buntbrachemischungen war der prozentuale Anteil gesäter Samen an der totalen Dichte verglichen mit dem Vorjahr angewachsen (B1: 39%, B2: 25%), während er bei der Rotationsbrache bei 10% stagnierte und die Kunstwiese wiederum keine gesäten Arten im Samenvorrat aufwies (Tab. 3).

Auftreten spontaner Pflanzenarten im Samenvorrat

Auch während der Versuchsdauer dominierten ein paar wenige Pflanzenarten, während zahlreiche Arten mit geringer Häufigkeit auftraten. Wie bereits vor der Versuchsanlage waren *Chenopodium polyspermum*, *Poa annua*, *Polygonum lapathifolium* und *P. persicaria* während der beiden Brachjahre die häufigsten Arten in allen Mischungsverfahren und machten zusammen in allen Mischungsverfahren deutlich mehr als die Hälfte des Samenvorrats aus (Anhang). Vier spontan aufgelaufene Arten unterschieden sich im ersten Standjahr in ihrer Abundanz zwischen den verschiedenen Mischungsverfahren signifikant (Tab. 4). *Chenopodium polyspermum*, *Poa annua*, *Stellaria media* und die beiden Polygonum-Arten konnten sich insbesondere in der Spontanbegrünung deutlich anreichern, wogegen sie vor allem in der Kunstwiese mit geringeren Dichten vertreten waren (Tab. 4). Im zweiten Standjahr wurden schwach signifi-

Tab. 3. Gesamtartenzahl total, der gesäten und spontan aufgelaufenen Pflanzenarten im Samenvorrat im ersten (N = 16) und zweiten Standjahr (N = 8) über alle Verfahren sowie mittlere Samendichten (Samen m⁻²) in den verschiedenen Mischungsverfahren. Da der Mulcheinfluss nicht signifikant war ($p_{\text{Mulchen}} > 0.05$), wurden die Verfahren zusammengefasst. Signifikante Mischungsunterschiede ($p < 0.05$) sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet (Tukey post-hoc Test nach ANOVA).

	erstes Standjahr			zweites Standjahr		
	Gesäte	Spontane	total	Gesäte	Spontane	total
Gesamtartenzahl	6	32	38	14	43	57
Buntbrache B1	129 ^a	5057 ^a	5186 ^a	1998 ^a	3148	5146
Buntbrache B2	273 ^{ab}	5334 ^a	5607 ^a	929 ^b	2860	3789
Rotationsbrache R	487 ^b	4847 ^a	5334 ^a	413 ^b	3649	4062
Spontanbegrünung S	–	9783 ^b	9783 ^b	–	5876	5876
Kunstwiese KW	0 ^a	2975 ^a	2975 ^a	0 ^b	2647	2647
ANOVA p_{Mischung}	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.007	0.113	0.160

Tab. 4. Mittlere Samendichten (Samen m⁻²) ausgewählter spontan aufgelaufener Pflanzenarten im ersten Standjahr (N = 16). Da der Mulcheinfluss nicht signifikant war, wurden die Verfahren zusammengefasst. Signifikante Mischungsunterschiede ($p < 0.05$) sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet (Tukey post-hoc Test nach ANOVA).

	<i>Ch. polyspermum</i>	<i>P. annua</i>	<i>P. persicaria</i> <i>P. lapathifolium</i>	<i>S. media</i>
Buntbrache B1	1585 ^{ab}	1054 ^a	675 ^a	232 ^{ab}
Buntbrache B2	1736 ^{ab}	888 ^a	770 ^{ab}	210 ^{ab}
Rotationsbrache R	1556 ^{ab}	1157 ^a	737 ^{ab}	206 ^a
Spontanbegrünung S	3251 ^a	1998 ^b	1788 ^b	520 ^b
Kunstwiese KW	815 ^b	678 ^a	542 ^a	136 ^a
ANOVA p_{Mischung}	0.001	0.013	0.030	0.004

kante Mischungsunterschiede bei *Lamium purpureum* (ANOVA, $p = 0.046$), *Thlaspi arvense* (ANOVA, $p = 0.048$), *Tripleurospermum perforatum* (ANOVA, $p = 0.027$) und *Viola arvensis* (ANOVA, $p = 0.029$) festgestellt. Mit Ausnahme von *Viola arvensis* traten auch diese Arten vermehrt in den spontanbegrüneten Parzellen auf. Die Samenmengen der letzteren Art hingegen waren in B1 und in der Kunstwiese eher grösser.

Entwicklung des Samenvorrats gesäter Wildblumenarten

Über alle Mischungsverfahren wurden 37% aller gesäten Arten im Samenvorrat nachgewiesen (B1: 54%, B2: 35%, R: 67%, KW: 0%). Verglichen mit der Kunstwiese, wo möglicherweise wegen des Schnittes dieser Parzellen keine Mischungsarten im Samenvorrat auftraten, und der Rotationsbrache stiegen die Artenzahlen und Samendichten der gesäten Arten in den Buntbrachen während der Versuchsdauer an

Tab. 5. Samendichten (Samen m⁻²) der gesäten Pflanzenarten im Samenvorrat im ersten und zweiten Standjahr in den verschiedenen Brachetypen sowie totale Anzahl aufgetretener gesäeter Arten je Brachetyp. B1, B2: Buntbrachen, R: Rotationsbrache. -: ist keine Komponente der betreffenden Mischung.

Art	erstes Standjahr			zweites Standjahr		
	B1	B2	R	B1	B2	R
<i>Anthemis tinctoria</i>	0	0	–	22	0	–
<i>Centaurea cyanus</i>	15	18	18	29	0	22
<i>Centaurea jacea</i>	0	0	–	15	7	–
<i>Daucus carota</i>	15	7	–	118	74	–
<i>Echium vulgare</i>	0	0	–	59	7	–
<i>Hypericum perforatum</i>	0	0	–	641	184	–
<i>Leucanthemum vulgare</i>	0	0	4	774	450	243
<i>Linum usitatissimum</i>	–	–	4	–	–	0
<i>Malva moschata</i>	0	0	–	7	0	–
<i>Melilotus albus</i>	0	0	–	7	29	–
<i>Origanum vulgare</i>	0	0	–	52	22	–
<i>Papaver rhoeas</i>	100	243	461	140	59	147
<i>Silene pratensis</i>	0	0	–	7	52	–
<i>Stachys annua</i>	–	4	–	–	0	–
<i>Tanacetum vulgare</i>	0	0	–	0	7	–
<i>Verbascum densiflorum</i>	0	0	–	125	37	–
Anzahl Arten total	3	4	4	13	11	3

(ANOVA, $p_{\text{Artzahl}} < 0.001$, $p_{\text{Samendichte}} < 0.001$; Tab. 5). Infolge stark unterschiedlicher Mischungszusammensetzungen wurden für die einzelnen Pflanzenarten keine statistischen Tests durchgeführt. Im ersten Standjahr konnten sich neben vier annuellen Arten bereits auch *Daucus carota* und *Leucanthemum vulgare* anreichern (Tab. 5), die teilweise schon im ersten Standjahr zur Blüte gekommen waren. *Papaver rhoeas* stellte im ersten Standjahr in allen drei Brachemischungen von den gesäten Arten den überwiegenden Anteil am Samenvorrat dar (Tab. 5). Diese Art war während beider Untersuchungsjahre vor allem in der Rotationsbrache stark vertreten, wo auch die Saatmenge am grössten war (Tab. 1). Im zweiten Standjahr kamen zehn zwei- oder mehrjährige Arten neu dazu, vier Arten blieben unverändert und zwei annuelle Arten mit geringen Anteilen (*Stachys annua* und *Linum usitatissimum*) wurden im Samenvorrat nicht mehr entdeckt. Insbesondere ausdauernde Arten gewannen an Bedeutung, wobei *Leucanthemum vulgare* und *Hypericum perforatum* in den Buntbrachen mehr als die Hälfte der Samenmenge ausmachten (Tab. 5). Verschiedene Mischungsarten traten zudem insbesondere im zweiten Standjahr in Parzellen auf, wo sie nicht gesät worden waren (Anhang), wobei nicht in jedem Fall klar ist, ob es sich um Versamung oder spontanes Auftreten handelte.

Einfluss der Mischungsverfahren auf die Begleitflora der Folgekultur

Insgesamt traten in der Folgekultur Weizen 72 Begleitpflanzenarten auf, davon 26 gesäte, was 61% aller Mischungsarten entspricht (B1: 63%, B2: 46%, R: 83%, KW: 100%). Im Sommerweizen wurden total mehr Pflanzenarten und höhere Deckungs-

grade registriert als im Winterweizen (ANOVA, $p_{\text{Artzahl}} < 0.001$, $p_{\text{Deckung}} < 0.001$; Abb. 1). Dies galt sowohl für die Gruppe der spontanen als auch der gesäten Arten. In den mit Herbizid gespritzten Parzellen war die Anzahl und Deckung der spontanen Pflanzenarten gegenüber den unbehandelten Flächen markant verringert (ANOVA, $p_{\text{Artzahl}} < 0.001$, $p_{\text{Deckung}} < 0.001$), wogegen die gesäten Arten insgesamt nicht signifikant beeinträchtigt worden waren (ANOVA, $p_{\text{Artzahl}} < 0.080$, $p_{\text{Deckung}} < 0.073$). In ehemaligen Buntbracheparzellen traten insbesondere im Sommerweizen mehr gesäte Arten auf als auf der vormaligen Rotationsbrache und der Kunstwiese (ANOVA, $p_{\text{Mischung} \times \text{Kultur}} = 0.017$; Abb. 1). Die Deckung der spontanen Pflanzen war in den ehemals spontanbegrünteten Parzellen tendenziell am höchsten.

Neben den fünf Kunstwiesenarten (Tab. 1) traten 21 Pflanzenarten der Brachemischungen in der Folgekultur auf; 12 davon waren auch im Samenvorrat nachgewiesen worden (Tab. 6). Um Hinweise auf die Ausbreitung von Arten über die Parzellen hinaus zu erhalten, wurde der Mischungseffekt untersucht. Bei 12 gesäten Arten wurde ein signifikanter Mischungseinfluss nachgewiesen. 13 Arten der Brachemischungen wuchsen infolge Bodenbearbeitung oder Versamung auch in Parzellen, wo sie nicht gesät worden waren. Allein in den ehemaligen Spontanbegrünungen konnten sich zehn dieser Arten etablieren (Tab. 6). Während *Anthemis tinctoria*, *Echium vulgare*, *Leucanthemum vulgare* und *Silene pratensis* trotzdem noch signifikant häufiger in den Flächen auftraten, wo sie gesät worden waren, traf dies für die restlichen Arten, die sich über die Parzellen hinaus ausgebreitet hatten, nicht zu. Acht vorwiegend annuelle Arten konnten sich nicht in weitere Parzellen ausbreiten (Tab. 6).

Neun Brachearten wiesen einen signifikanten Kultureffekt auf (Tab. 6). *Anthemis tinctoria*, *Centaurea cyanus*, *C. jacea*, *Daucus carota*, *Echium vulgare*, *Leucanthemum vulgare* und *Melilotus albus* erschienen mit signifikant grösserer Häufigkeit im Sommerweizen, während *Papaver rhoeas* (mit Ausnahme der ehemaligen Kunstwiesenparzellen) und *Tanacetum vulgare* mit deutlich höherer Stetigkeit im Winterweizen nachgewiesen wurden. Die Häufigkeit des Auftretens der meisten Brachearten wurde durch die Herbizidapplikation nicht stark beeinträchtigt. *Silene noctiflora* jedoch wurde durch den Herbizideinsatz im Sommerweizen signifikant reduziert (Tab. 6) und trat lediglich in 4% aller behandelten Parzellen auf gegenüber 13% der unbehandelten Flächen. Bei *Anthemis tinctoria* hatte der Herbizideinsatz nur in B2 und der Kunstwiese eine geringere Stetigkeit zur Folge, während er bei *Hypericum perforatum* nur in B1 eine Reduktion bewirkte.

Diskussion

Einfluss der Samenmischung auf den Samenvorrat spontaner Pflanzenarten

Die geringe Samendichte im Boden zu Versuchsbeginn und die Dominanz weniger Pflanzenarten widerspiegelt eine intensive ackerbauliche Bewirtschaftung während vieler Jahre. Ähnliche Werte wurden in anderen landwirtschaftlich genutzten Böden gefunden (Mrotzek und Schmidt 1993; Albrecht und Forster 1996; Caixinhas et al. 1998; Fykse und Waernhus 1999). In unserem Versuch führte die Anlage von Brachen, einer Kunstwiese und einer Spontanbegrünung vor allem im ersten Standjahr zu einer deutlichen Samenreicherung im Boden, wobei die Akkumulation in der Spontanbegrünung besonders ausgeprägt und in der Kunstwiese am geringsten war. In den spontanbegrünteten Parzellen dominierten verschiedene annuelle Segetalarten, die versamen konnten (Anhang, Tab. 4). Der dichte Wuchs der Mischungsarten in der Kunstwiese

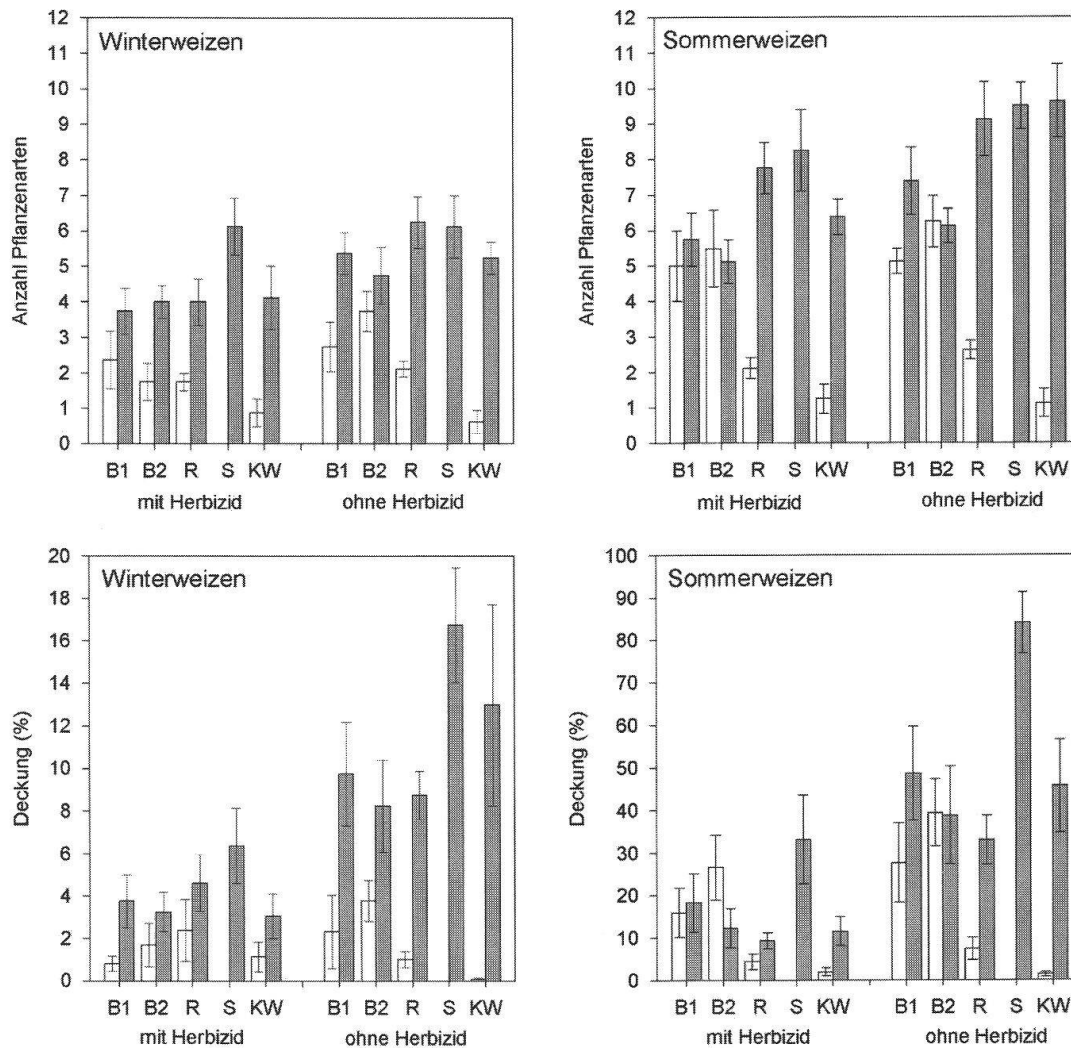


Abb. 1. Artenzahl und Deckung der gesäten (weiss) und spontanen Pflanzenarten (grau) im Juli 2002 im Winter- und Sommerweizen mit und ohne Herbizidbehandlung (Mittelwerte \pm Standardfehler). B1, B2: Buntbrachen, R: Rotationsbrache, S: Spontanbegrünung, KW: Kunstwiese.

hinderte diese Spontanarten jedoch an der Etablierung. Auch in der Folgekultur Weizen war die Deckung spontaner Pflanzenarten in den ehemals spontanbegrüneten Flächen grösser. Studien mit Grasreinsaaten belegten ebenfalls, dass die Samenproduktion und -ansammlung in Spontanbegrünungen grösser ist als in Kunstwiesen (Lawson et al. 1992; Davies et al. 1998; Turley et al. 1998).

Im Gegensatz zu Kunstwiesen und Spontanbegrünungen existieren über den Samenvorrat von Bunt- und Rotationsbrachen erst wenige Versuche. Übereinstimmend mit unserem Experiment stellten Delabays und Mermillod (2001) und Delabays et al. (2001) fest, dass sich besonders im ersten Jahr unter Brachen viele Samen anreicherten. In unserer Studie handelte es sich dabei hauptsächlich um spontane Pflanzenarten. Verglichen mit der Spontanbegrünung wurden in der Kunstwiese, aber auch in den Brachen, einige spontane Segetalarten bereits im ersten Standjahr an der Keimung

Tab. 6. Auftreten der gesäten Brachearten in der Folgekultur (ohne Arten der Kunstwiese) und mit ANOVA berechneter Einfluss der verwendeten Samenmischung (p_M), Folgekultur (Winter- oder Sommerweizen; p_K) und Herbizidbehandlung (p_H) auf die Stetigkeit des Auftretens in der Folgekultur. Signifikante Effekte ($p < 0.05$) sind fett hervorgehoben. B1, B2: Buntbrachen, R: Rotationsbrache, S: Spontanbegrünung, KW: Kunstwiese. „Komponente in“: ist in der betreffenden Samenmischung enthalten. „Begleitflora in“: erschien in der Folgekultur der ehemals mit angegebenem Mischungsverfahren bewachsenen Parzellen.

Art	Komponente in:	Begleitflora in:	p_M	p_K	p_H	p_{MK}	p_{MH}	p_{KH}	p_{MKKH}
<i>Agrostemma githago</i>	B1, B2	B1	0.169	0.663	0.525	0.939	0.803	0.525	0.803
<i>Anchusa arvensis</i>	B2	B2	0.070	0.129	0.525	0.070	0.803	0.525	0.803
<i>Anthemis tinctoria</i> ^s	B1, B2	B1, B2, R, S, KW	0.018	0.024	0.347	0.563	0.012	0.347	0.243
<i>Centaurea cyanus</i> ^s	B1, B2, R	B1, B2, R, S, KW	< 0.001	< 0.001	0.101	0.417	0.892	0.411	0.835
<i>Centaurea jacea</i> ^s	B1, B2	B1, B2, R, KW	0.002	0.005	0.796	0.367	0.565	0.796	0.565
<i>Daucus carota</i> ^s	B1, B2	B1, B2, R, S, KW	0.004	< 0.001	0.708	0.594	0.804	1.000	0.161
<i>Dipsacus fullonum</i>	B1, B2	B1, B2, R, S, KW	0.016	0.125	0.284	0.701	0.091	0.592	0.757
<i>Echium vulgare</i> ^s	B1, B2	B1, B2, R, S, KW	< 0.001	< 0.001	0.268	0.003	0.073	1.000	0.004
<i>Fagopyrum esculentum</i>	B1, B2, R	R	0.425	0.326	0.320	0.425	0.411	0.320	0.411
<i>Festuca pratensis</i>	B2, R	R, S, KW	0.044	0.241	0.416	0.865	0.368	0.416	0.368
<i>Hypericum perforatum</i> ^s	B1, B2	B1, B2	0.010	1.000	0.465	1.000	0.015	0.146	0.525
<i>Legousia speculum-veneris</i> ^s	B1, B2	B1	0.425	0.326	0.320	0.425	0.411	0.320	0.411
<i>Leucanthemum vulgare</i>	B1, B2, R	B1, B2, R, S, KW	< 0.001	< 0.001	0.343	0.058	0.116	1.000	0.003
<i>Melilotus albus</i> ^s	B1, B2	B1, B2, R, S, KW	0.178	0.011	0.144	0.355	0.929	0.769	0.875
<i>Misopates orontium</i>	B2	B2	0.425	0.326	0.320	0.425	0.411	0.320	0.411
<i>Papaver rhoeas</i> ^s	B1, B2, R	B1, B2, R, S, KW	0.001	0.001	0.209	0.016	0.889	0.674	0.950
<i>Pastinaca sativa</i>	B1, B2	B1, B2, R	0.564	0.701	0.643	0.189	0.929	0.643	0.929
<i>Silene noctiflora</i>	B2	B1, B2, R, S, KW	0.694	0.280	0.019	0.974	0.952	0.019	0.558
<i>Silene pratensis</i> ^s	B1, B2	B1, B2, R, KW	< 0.001	0.676	0.343	0.882	0.749	0.019	0.014
<i>Stachys annua</i> ^s	B2	B2	0.425	0.326	0.320	0.425	0.411	0.320	0.411
<i>Tanacetum vulgare</i> ^s	B1, B2	B1, B2	0.004	0.035	1.000	0.150	1.000	0.430	0.643

^s = im Samenvorrat nachgewiesene Arten.

oder Entwicklung gehemmt (Tab. 4), indem sie von den gesäten Arten konkurrenziert wurden. Im zweiten Standjahr stiegen die Samendichten der gesäten Arten in den Brachen deutlich an, während diejenigen der spontanen Arten abnahmen. Durch die Verdrängung von annuellen durch perennierende Pflanzenarten im zweiten Standjahr (Eggenschwiler et al. 2004) wurde die Samenproduktion verschiedener einjähriger, spontaner Pflanzenarten sicherlich reduziert. Die Abnahme der Samendichte der spontanen Pflanzenarten im zweiten Standjahr hat vermutlich auch den Samenverlust durch Pathogene, Frass durch Tiere, physiologischen Tod oder Verlagerung in tiefere Bodenschichten verursacht. Warum die in der Spontanbegrünung und den Brachen verzeichnete Abnahme in der Kunstwiese nicht nachgewiesen wurde, kann nicht abschliessend beantwortet werden. Möglicherweise war die Aktivität von Mäusen und Schnecken in diesen Flächen grösser als in der Kunstwiese. Kollmann und Bassin (2001) zeigten, dass diese Tiere in Buntbrachen wichtige Samenprädatoren sind.

Während Delabays et al. (2001) in einer Spontanbegrünung verglichen mit einer Buntbrachemischung eine signifikante Ansammlung von agronomisch problematischen Pflanzenarten im Samenvorrat beobachteten, trat in unserem Versuch die Problemart *Rumex obtusifolius* in allen Mischungsverfahren nur sehr spärlich auf, während *Cirsium arvense* und *Agropyron repens* im Samenvorrat ganz fehlten. Allerdings ist erwähnenswert, dass in unserer Untersuchung Unkrautregulierungsmassnahmen gegen *Rumex obtusifolius* und *Cirsium arvense* durchgeführt wurden. Zudem vermehren sich *Agropyron repens* und *Cirsium arvense* mehrheitlich vegetativ.

Einfluss des Mulchens auf den Samenvorrat

Der sieben Wochen nach der Saat durchgeführte Säuberungsschnitt beeinflusste den Samenvorrat nicht. Da der Eingriff zu einem frühen Zeitpunkt erfolgte, wurden nur wenige Arten mit früher Anfangsentwicklung erfasst (vor allem *Fagopyrum esculentum*). Zudem war der Einfluss auf die Vegetationsentwicklung eher gering und nur kurzfristig (Eggenschwiler et al. 2004). In einer Studie mit einer Maiskultur zeigten Mohler und Callaway (1995), dass eine den Boden bedeckende Mulchschicht den Samenvorrat von *Portulaca oleracea* reduzierte. In Brachen wird empfohlen, einen allfälligen Säuberungsschnitt in den ersten zwei Monaten nach der Saat durchzuführen, damit möglichst keine gesäten Arten erfasst werden. Zu diesem Zeitpunkt ist im allgemeinen noch nicht viel Biomasse vorhanden. Aus diesem Grund ist es unwahrscheinlich, dass Pflanzen aufgrund des den Boden bedeckenden Schnittgutes an der Keimung und Entwicklung gehemmt werden. Bezüglich der Etablierung gesäeter Arten dürfte ein früher Schnitt deshalb unbedenklich sein.

Entwicklung des Samenvorrats von Brachearten und ihre Erhaltung nach der Brache

Während sich die drei Brachemischungen unabhängig von ihrer Zusammensetzung bezüglich des Auftretens spontaner Pflanzenarten kaum unterschieden, beeinflusste die Mischungszusammensetzung den Samenvorrat der gesäten Arten und ihr Auftreten in der Begleitflora der Folgekultur. Verglichen mit der artenarmen Rotationsbrache bewirkte die Vielfalt der artenreichen Buntbrachen während der Versuchsdauer eine Akkumulation zahlreicher Arten im Samenvorrat. Möglicherweise führte die Konkurrenz durch die gesäte Art *Festuca pratensis* in B2 zu einer geringeren Ansammlung von Samen gesäeter Arten als in B1 ohne Gräserzusatz. Zahlreiche Mischungsarten konnten sich nicht nur im Samenvorrat anreichern, sondern traten auch in der Folgekultur auf. Im Falle mehrjähriger Arten ist neben der Versamung bei unsauberer Bodenbearbeitung auch eine Erhaltung über Wurzelstöcke möglich. Dies könnte

begründen, warum die Kunstwiesenarten trotz fehlendem Nachweis im Samenvorrat in der Folgekultur auftraten. Dass mehrere Arten in der Folgekultur auftraten, ohne dass sie im Samenvorrat nachgewiesen wurden, mag mit ihrer relativ geringen Samendichte im Boden und der gewählten Probenanzahl zusammenhängen.

Komponentenreiche Brachemischungen bieten offenbar ein Potenzial, viele - teilweise selten gewordene - Pflanzenarten auch nach Aufgabe der Brache zu erhalten. Damit der angereicherte Samenvorrat dieser Arten nach der Brache genutzt werden kann, ist eine entsprechende schonende Bewirtschaftung möglichst ohne Herbizideinsatz notwendig. Obwohl das Ausmass der Beeinträchtigung durch Herbizidapplikation von Pflanzenart, Herbizidtyp, Einsatzzeitpunkt und Dosierung abhängt, hat ein Eingriff oft eine erhebliche Reduktion der auftretenden Spontanflora und des Samenvorrats zur Folge (Dessaint et al. 1990a; Dessaint et al. 1990b; Yenish et al. 1992; Fykse und Waernhus 1999; Menalled et al. 2001).

Falls ihre Samen die Möglichkeit haben, in ein geeignetes Habitat zu gelangen, können sich Ackerpflanzen auch ausserhalb ihres ursprünglichen Standortes etablieren (Jones und Naylor 1992; Wilson und Aebischer 1995). Neben Anemochorie und Zoochorie (Keller 1992) spielt auf ackerbaulich genutzten Flächen insbesondere der Einsatz von Maschinen für die Ausbreitung der Samen eine wichtige Rolle. Zahlreiche Modelle und Feldexperimente zeigten, dass Samen mit Bodenbearbeitungsgeräten sowohl vertikal verschoben werden, als auch horizontal bis etwa 50 m weit verfrachtet werden (Cavers und Benoit 1989; Mulugeta und Stoltenberg 1997; Mead et al. 1998; Mayer et al. 1998; Grundy et al. 1999; Roger-Estrade et al. 2001). In unserer Studie traten auf ehemaligen Spontanbegrünungspartellen zahlreiche Brachearten im Weizen auf. Zudem war auch bereits während der Versuchsdauer eine Ausbreitung von Samen über Partellen hinaus nachgewiesen worden. Aufgrund dieser Ausbreitungsmöglichkeiten ist eine Etablierung von Mischungsarten ausserhalb des Ackers unter günstigen Bedingungen nicht ausgeschlossen.

In Brachen verdrängen im Laufe der Anlagedauer mehrjährige Kräuter und Gräser die Segetal- und Pionierpflanzen. Diese markante Sukzession wirkt sich auf den Samenvorrat aus, wie die Veränderung der Dichte und Zusammensetzung des Samenvorrats in unserem Versuch andeutet. Nach wie vielen Jahren eine Brache umgebrochen werden sollte, um die Nutzung des Wildblumen-Samenvorrats optimal zu gewährleisten, ist noch unerforscht. Bekker et al. (2000) untersuchten die Sukzession landwirtschaftlich genutzter Wiesen und stellten eine Abnahme von Arten früher Sukzessionsstadien im Samenvorrat fest, wogegen Samen von Pflanzenarten späterer Stadien zunahm. In einer Studie von Ullrich (2001) waren Therophyten verglichen mit der Vegetation im Samenvorrat oft übervertreten, während Geophyten im Samenvorrat fehlten. Unter den Segetal- und Ruderalpflanzen finden sich zahlreiche Arten mit persistenten Samen (Thompson et al. 1998; Ghersa und Martínez-Ghersa 2000; Bekker et al. 2000), jedoch ist intraspezifische Variabilität möglich. Zudem ist von einigen Ackerpflanzenarten bekannt, dass ihre Samen nur sehr kurzlebig sind (z.B. *Agrostemma githago*, welche sich an den Lebenszyklus von Getreide angepasst hat).

Nicht nur die Anlagedauer kann sich auf die nach dem Umbruch auftretende Begleitflora auswirken, sondern auch die Jahreszeit des Umbruchs. Gemäss unserer Studie wurden im Sommerweizen, nach Frühlingsumbruch, insgesamt mehr Arten gefördert. Neben dem Auftreten vieler Frühlingskeimer im Sommerweizen dürfte dazu beigetragen haben, dass im Winterweizen Keimlinge verschiedener Arten zwar aufleben, aber während des Winters erfroren. Einige Pflanzenarten erschienen jedoch mit signifikant grösserer Stetigkeit im Winterweizen, nach Herbstumbruch, so beispiels-

weise *Papaver rhoeas*, der hauptsächlich im Herbst keimt (Hanf 1990). Je nachdem, welche Pflanzenarten gefördert werden sollen, kann sich daher der geeignete Umbruchszeitpunkt unterscheiden. Massgebend für die Zusammensetzung der Ackerbegleitflora ist auch die Intensität der Bodenbearbeitung. In einer Untersuchung von Sprenger et al. (2002) waren annuelle, dikotyle Arten bei wendender Bodenbearbeitung stärker vertreten, während perennierende und anemochore Arten von Minimalbodenbearbeitung profitierten. Vertiefte Studien zum Einfluss von Anlagedauer sowie Umbruchszeitpunkt und -methode auf den Samenvorrat und die Erhaltung von Brachepflanzen sind wünschenswert. Ebenfalls lohnenswert wäre in einem längerfristigen Experiment zu untersuchen, inwieweit Standort, Klima und agronomische Vorgeschichte den Samenvorrat beeinflussen.

Schlussfolgerungen

Die Anlage von Bunt- und Rotationsbrachen kann auch nach dem Umbruch eine Förderung der Artenvielfalt bewirken. Zahlreiche gesäte und spontane Pflanzenarten reichern sich im Samenvorrat an und erscheinen als Begleitflora in der Folgekultur. Die horizontale Verfrachtung durch Versamung und Bodenbearbeitung erlaubt auch ausserhalb des ursprünglichen Standortes eine Etablierung in geeigneten Habitaten. Falls gesäte Arten förderungswert sind, eignen sich besonders vielfältige Brachemischungen, wogegen mit Spontanbegrünungen die spontane Flora am besten gefördert wird. Mit Sommerweizen und der Bewirtschaftung ohne Herbizidapplikation wurde insgesamt eine deutlich höhere Artenvielfalt und Deckung erzielt als mit Winterweizen oder der Bewirtschaftung mit Herbizideinsatz, während sich jedoch Winterweizen zur Förderung einzelner Arten besser eignete. Eine Vielfalt an ökologischen Ausgleichselementen und Kulturen pro Betrieb oder Region ist deshalb förderungswert.

Literatur

- Albrecht H. and Forster E.-M. 1996. The weed seed bank of soils in a landscape segment in southern Bavaria: I. Seed content, species composition and spatial variability. *Vegetatio* 125: 1–10.
- Bekker R.M., Verweij G.L., Bakker J.P. and Fresco L.F.M. 2000. Soil seed bank dynamics in hayfield succession. *J. Ecol.* 88: 594–607.
- BLW 2002. Verordnung über die Direktzahlungen an die Landwirtschaft (Direktzahlungsverordnung, DZV) vom 7. Dezember 1998. Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), Bern.
- Caixinhas M.L., Jerónimo A., Rocha F. and Leitão A. 1998. Relationship between the seedbank and actual weed flora in one agricultural soil in the Tapada da Ajuda (Lisboa). In: Champion G.T., Grundy A.C., Jones N.E., Marshall E.J.P. and Froud-Williams R.J. (eds.). *Aspects of Applied Biology 51: Weed seedbanks: determination, dynamics and manipulation*. The AAB Office, HRI, Wellesbourne, Warwick, UK, 51–57.
- Cavers P.B. and Benoit D.L. 1989. Seed banks in arable land. In: Leck M.A., Parker V.T. and Simpson R.L. (eds.). *Ecology of soil seed banks*. Academic Press, Inc., San Diego, California, 309–328.
- Davies D.H.K., Christal A., Fisher N.M., Lawson H.M. and Wright G.M. 1998. Soil seedbank changes under non-rotational set-aside management and the relationship with vegetation development. In: Champion G.T., Grundy A.C., Jones N.E., Marshall E.J.P. and Froud-Williams R.J. (eds.). *Aspects of Applied Biology 51: Weed seedbanks: determination, dynamics and manipulation*. The AAB Office, HRI, Wellesbourne, Warwick, UK, 255–264.
- Delabays N. und Mermillod G. 2001. Vorrat von Unkrautsamen in Ackerflächen. *UFA-Revue* 10: 34–36.

- Delabays N., Mermillod G. et Lambelet C. 2001. Evolution du stock semencier dans une jachère florale et une friche spontanée. *Rev. suisse d'agric.* 33: 91–95.
- Dessaint F., Chadoeuf R. et Barralis G. 1990a. Etude de la dynamique d'une communauté adventice: II. Influence à long terme des techniques culturales sur le potentiel semencier. *Weed Res.* 30: 297–306.
- Dessaint F., Chadoeuf R. et Barralis G. 1990b. Etude de la dynamique d'une communauté adventice: III. Influence à long terme des techniques culturales sur la composition spécifique du stock semencier. *Weed Res.* 30: 319–330.
- Eggenschwiler L. und Jacot K. 2001. Einfluss von Saatmischung und Schnitt auf die Vegetation von Brachen. *Agrarforsch.* 8: 306–311.
- Eggenschwiler L., Jacot K.A. und Edwards P.J. 2004. Bedeutung von Samenmischungen und Schnitt für Bunt- und Rotationsbrachen. *Nat. Landsch.* In press.
- Fykse H. and Waernhus K. 1999. Weed development in cereals under different growth conditions and control intensities. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B: Soil and Plant Sci.* 49: 134–142.
- Gerowitt B. and Bodendörfer H. 1998. Long-term population development of *Viola arvensis* Murr. in a crop rotation. I. Field experiments. *Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz* 105: 641–654.
- Ghersa C.M. and Martínez-Ghersa M.A. 2000. Ecological correlates of weed seed size and persistence in the soil under different tilling systems: implications for weed management. *Field Crops Res.* 67: 141–148.
- Grundy A.C., Mead A. and Burston S. 1999. Modelling the effect of cultivation on seed movement with application to the prediction of weed seedling emergence. *J. Appl. Ecol.* 36: 663–678.
- Günter M. 2000a. Anlage und Pflege von mehrjährigen Buntbrachen unter den Rahmenbedingungen des schweizerischen Ackerbaugesbietes. *Diss. Univ. Bern, Bern.*
- Günter M. 2000b. Sukzession von Buntbrachen. In: Nentwig W. (ed.). *Streifenförmige ökologische Ausgleichsflächen in der Kulturlandschaft: Ackerkrautstreifen, Buntbrache, Feldränder.* Verlag vaö, Bern, 55–76.
- Hanf M. 1990. *Ackerunkräuter Europas mit ihren Keimlingen und Samen.* Verlag BLV, München.
- Hoffman M.L., Owen M.D.K. and Buhler D.D. 1998. Effects of crop and weed management on density and vertical distribution of weed seeds in soil. *Agronomy J.* 90: 793–799.
- Jödicke K. und Trautz D. 1994. Veränderungen der Samenbank im Boden von Ackerbrachen. *Nat. Landsch.* 69: 258–264.
- Jones N.E. and Naylor R.E.L. 1992. Significance of the seed rain from set-aside. In: Clarke J. (ed.). *Set-aside.* The Lavenham Press, Lavenham, Suffolk, 91–96.
- Keller M. 1992. Samenausbreitung in der Wanderbrache: Ist eine selbständige Verschiebung möglich? *Diplomarbeit, Universität Zürich.*
- Kollmann J. and Bassin S. 2001. Effects of management on seed predation in wildflower strips in northern Switzerland. *Agric. Ecosyst. Environ.* 83: 285–296.
- Lambelet C. et Delabays N. 1999. Aspects floristiques et malherbologiques des surfaces de compensation écologique en grandes cultures. *Rev. suisse d'agric.* 31: 147–155.
- Lauber K. und Wagner G. 2001. *Flora Helvetica.* Verlag Paul Haupt, Bern.
- Lawson H.M., Wright G.M., Davies D.H.K. and Fisher N.M. 1992. Short-term effects of set-aside management on the soil seedbank of an arable field in south-east Scotland. In: Clarke J. (ed.). *Set-aside.* The Lavenham Press, Lavenham, Suffolk, 85–90.
- Lehmann J. 1997. *Futterpflanzen-Saatgut.* AGFF, Zürich.
- Lehmann J., Rosenberg E. und Mosimann E. 2000. Standardmischungen für den Futterbau: Revision 2001–2004. *Agrarforsch.* 7: 1–12.
- Mayer F., Albrecht H. and Pfadenhauer J. 1998. The transport of seeds by soil-working implements. In: Champion G.T., Grundy A.C., Jones N.E., Marshall E.J.P. and Froud-Williams R.J. (eds.). *Aspects of Applied Biology 51: Weed seedbanks: determination, dynamics and manipulation.* The AAB Office, HRI, Wellesbourne, Warwick, UK, 83–89.
- Mead A., Grundy A.C. and Burston S. 1998. Predicting the movement of seeds following cultivation. In: Champion G.T., Grundy A.C., Jones N.E., Marshall E.J.P. and Froud-Williams R.J.

- (eds.). *Aspects of Applied Biology 51: Weed seedbanks: determination, dynamics and manipulation*. The AAB Office, HRI, Wellesbourne, Warwick, UK, 91–98.
- Menalled F.D., Gross K.L. and Hammond M. 2001. Weed aboveground and seedbank community responses to agricultural management systems. *Ecol. Appl.* 11: 1586–1601.
- Mohler C.L. and Callaway M.B. 1995. Effects of tillage and mulch on weed seed production and seed banks in sweet corn. *J. Appl. Ecol.* 32: 627–639.
- Mrotzek R. und Schmidt W. 1993. Transekt- und Samenbankuntersuchungen zur Ermittlung von Veränderungen in der Ackerwildkrautvegetation nach Änderung der Bewirtschaftungsintensität. *Verh. Ges. Ökol.* 22: 139–143.
- Müller H.L. 1978. *Unkräuter, Ungräser: Eine Bestimmungshilfe*. Pflanzenschutzdienst Baden-Württemberg.
- Mulugeta D. and Stoltenberg D.E. 1997. Weed and seedbank management with integrated methods as influenced by tillage. *Weed Sci.* 45: 706–715.
- Pfiffner L. und Schaffner D. 2000. Anlage und Pflege von Ackerkrautstreifen. In: Nentwig W. (ed.). *Streifenförmige ökologische Ausgleichsflächen in der Kulturlandschaft: Ackerkrautstreifen, Buntbrache, Feldränder*. Verlag vaö, Bern, 41–53.
- Roger-Estrade J., Colbach N., Leterme P., Richard G. und Caneill J. 2001. Modelling vertical and lateral weed seed movements during mouldboard ploughing with a skim-coulter. *Soil and Tillage Res.* 63: 35–49.
- SMA 2000. *Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt*. SMA, Zürich.
- SMA 2001. *Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt*. SMA, Zürich.
- Sprenger B., Belde M. und Albrecht H. 2002. Populationsdynamik von Ackerwildpflanzen in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung und der Fruchtfolge. *Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz* 18: 277–285.
- Stupnicka-Rodzinkiewicz E., Hochól T., Labza T. and Pula J. 1998. Influence of fallow on weed seedbanks. In: Champion G.T., Grundy A.C., Jones N.E., Marshall E.J.P. and Froud-Williams R.J. (eds.). *Aspects of Applied Biology 51: Weed seedbanks: determination, dynamics and manipulation*. The AAB Office, HRI, Wellesbourne, Warwick, UK, 237–242.
- Ter Heerdt G.N.J., Verweij G.L., Bekker R.M. and 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., Bekker R.M. and Bakker J.P. 1998. Weed seed banks; evidence from the north-west European seed bank database. In: Champion G.T., Grundy A.C., Jones N.E., Marshall E.J.P. and Froud-Williams R.J. (eds.). *Aspects of Applied Biology 51: Weed seedbanks: determination, dynamics and manipulation*. The AAB Office, HRI, Wellesbourne, Warwick, UK, 105–112.
- Turley D.B., Wright G. and Hebden P. 1998. Changes in weed seedbanks during long-term set-aside. In: Champion G.T., Grundy A.C., Jones N.E., Marshall E.J.P. and Froud-Williams R.J. (eds.). *Aspects of Applied Biology 51: Weed seedbanks: determination, dynamics and manipulation*. The AAB Office, HRI, Wellesbourne, Warwick, UK, 265–272.
- Ullrich K.S. 2001. The influence of wildflower strips on plant and insect (Heteroptera) diversity in an arable landscape. Diss. ETH Zürich, Zürich. <http://e-collection.ethbib.ethz.ch/show?type=diss&nr=14104>.
- Wilson P.J. and Aebischer N.J. 1995. The distribution of dicotyledonous arable weeds in relation to distance from the field edge. *J. Appl. Ecol.* 32: 295–310.
- Yenish J.P., Doll J.D. and Buhler D.D. 1992. Effects of tillage on vertical distribution and viability of weed seed in soil. *Weed Sci.* 40: 429–433.

Anhang: Samendichte (Samen m⁻²) der spontan aufgelaufenen Pflanzenarten während zweier Jahre nach der Saat in den verschiedenen Mischungsverfahren. Fett: Mischungskomponenten der mit – bezeichneten Mischungsverfahren. B1, B2: Buntbrachen, R: Rotationsbrache, S: Spontanbegrünung, KW: Kunstwiese.

	erstes Standjahr					zweites Standjahr				
	B1	B2	R	S	KW	B1	B2	R	S	KW
<i>Ajuga reptans</i>	0	0	0	0	0	7	0	7	15	7
<i>Buglossoides arvensis</i>	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	804	630	372	700	376	118	538	229	332	265
<i>Centaurea cyanus</i>	-	-	-	7	0	-	-	-	0	7
<i>Centaurea jacea</i>	-	-	0	0	0	-	-	0	15	0
<i>Cerastium fontanum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0
<i>Chaenorhinum minus</i>	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chenopodium album</i>	199	354	147	649	140	66	221	59	870	81
<i>Chenopodium polyspermum</i>	1585	1736	1555	3251	815	1312	1091	1828	1342	1039
<i>Dactylis glomerata</i>	0	0	4	0	-	0	0	0	0	-
<i>Daucus carota</i>	-	-	0	0	0	-	-	29	7	7
<i>Echium vulgare</i>	-	-	0	0	0	-	-	15	29	0
<i>Fallopia convolvulus</i>	11	11	4	11	11	0	0	15	0	7
<i>Festuca rubra</i>	15	22	15	11	15	29	0	15	0	15
<i>Galeopsis tetrahit</i>	4	4	4	11	11	22	0	0	7	7
<i>Galinsoga ciliata</i>	0	0	0	4	4	74	0	0	0	0
<i>Gnaphalium uliginosum</i>	59	7	7	7	7	7	7	22	22	29
<i>Hypericum perforatum</i>	-	-	0	0	0	-	-	155	192	0
<i>Lamium purpureum</i>	4	74	7	41	11	0	74	0	155	22
<i>Leucanthemum vulgare</i>	-	-	-	0	0	-	-	-	361	147
<i>Linum usitatissimum</i>	0	0	-	4	0	0	0	-	0	0
<i>Lolium perenne</i>	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0
<i>Matricaria discoidea</i>	0	15	7	26	29	0	7	0	0	0
<i>Myosotis arvensis</i>	4	15	11	7	0	7	0	0	7	0
<i>Origanum vulgare</i>	-	-	0	0	0	-	-	0	15	0
<i>Papaver rhoeas</i>	-	-	-	11	0	-	-	-	133	29
<i>Phleum pratense</i>	0	0	0	0	-	15	0	22	15	-
<i>Picris hieracioides</i>	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
<i>Plantago major</i>	4	0	0	0	7	37	81	0	192	44
<i>Poa annua</i>	1054	888	1157	1998	678	553	288	376	848	317
<i>Poa trivialis</i>	0	0	0	0	0	0	0	7	0	22
<i>Polygonum aviculare</i>	7	11	11	18	4	0	22	37	0	22
<i>Polygonum lapathifolium</i> und <i>P. persicaria</i>	675	770	737	1788	542	649	273	634	848	258
<i>Raphanus raphanistrum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
<i>Rumex obtusifolius</i>	144	33	133	129	122	0	0	0	0	0
<i>Sagina procumbens</i>	52	11	4	4	0	7	7	111	59	7
<i>Senecio vulgaris</i>	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Silene pratensis</i>	-	-	0	0	0	-	-	7	7	0
<i>Solanum nigrum</i>	4	26	26	74	4	15	22	7	29	0
<i>Sonchus oleraceus</i>	0	22	29	29	4	7	0	7	7	7
<i>Stellaria media</i>	232	210	206	520	136	7	22	15	22	15
<i>Tanacetum vulgare</i>	-	-	0	0	0	-	-	0	44	0
<i>Thlaspi arvense</i>	0	0	11	18	4	15	0	0	22	0
<i>Trifolium pratense</i>	4	0	0	4	-	0	0	0	0	-
<i>Trifolium repens</i>	41	15	22	22	0	22	44	0	7	0
<i>Tripleurospermum perforatum</i>	0	0	0	0	0	7	7	0	96	0
<i>Verbascum densiflorum</i>	-	-	0	0	0	-	-	0	15	29
<i>Veronica persica</i>	114	446	313	372	44	111	125	44	147	206
<i>Viola arvensis</i>	44	26	59	66	11	59	7	7	7	44