5 Die Bedeutung der Ausbreitungsdynamik von Pflanzenarten für die Wiederbesiedlung von Agrarökosystemen bei Nutzungsextensivierung

A. Bischoff

UFZ Leipzig-Halle GmbH, Sektion Biozönoseforschung, Halle/Saale

Abstract

The significance of dispersal dynamics on plant species for the resettlement of agricultural ecosystems upon usage extensification

Following conversion to extensive management, the regeneration of weed communities and its their dependence on the dispersal of characteristic species was analysed. Species composition in the soil seed bank and in above-ground vegetation was analysed in fields converted to extensive management and in a species-rich field that was probably never managed intensively. The plots of the 'converted' fields were located at different distances away from the 'long-term extensive' field. In plots more than 500 m away from species-rich weed communities, characteristic species such as Consolida regalis, Euphorbia exigua and Lithospermum arvense did not reappear for 5 years after conversion to extensive management while others were still very rare (Papaver rhoeas, Silene noctiflora). In a converted field adjacent to a species-rich, long-term extensive one, S. noctiflora and P. rhoeas were even found abundantly in the first year after the change to extensive cultivation. However, these species had already been recorded in the soil seed bank before conversion. The other characteristic species only reappeared in plots very close to the border between the two fields.

In a dispersal experiment seeds of L. arvense, P. rhoeas and S. noctiflora were dispersed over very short distances. Between 50% and 90% of the seedlings were found within 1.5 m around the mother if the plots were not cultivated. In cultivated plots, the dispersal distances were slightly longer (S. noctiflora). In conclusion, dispersal seems to be an important limiting factor in the regeneration of species-rich weed communities.

Zusammenfassung

Die Regeneration von Ackerwildkrautgesellschaften und der Einfluss der Ausbreitung charakteristischer Arten auf diesen Prozess wurde auf Äckern untersucht, die zuvor auf eine extensive Nutzung umgestellt worden waren. Dazu wurde die Artenzusammensetzung in Diasporenbank und oberirdischer Vegetation auf umgestellten Flächen und auf einer langjährig extensiv bewirtschafteten, artenreichen Fläche erfasst. Die Teilflächen der umgestellten Äcker lagen in unterschiedlicher Entfernung zu artenreichen Beständen. Auf einer Fläche, die eine Entfernung von mehr als 500 m zu solchen Beständen aufwies, waren einige der charakteristischen Arten wie *Consolida regalis*, *Euphorbia exigua* und *Lithospermum arvense*, 5 Jahre nach der Umstellung noch nicht wieder vertreten und andere (*Papaver rhoeas*, *Silene noctiflora*) kamen nur vereinzelt vor. Auf einem Acker, der in einer Bewirtschaftungseinheit mit artenreichen, langjährig extensiv genutzten Beständen lag, traten *S. noctiflora* und *P. rhoeas* bereits im ersten Jahr nach der Umstellung wieder häufig auf. Allerdings wurden diese Arten auch schon vor der Umstellung in der Diasporenbank nachgewiesen. Die übrigen charakteristischen Arten waren nur auf unmittelbar an langjährig extensiv genutzte Bestände angrenzenden Teilflächen zu finden.

In einem Ausbreitungsversuch wurden die Samen von *L. arvense*, *P. rhoeas* und *S. noctiflora* nur um wenige Meter ausgebreitet. Auf unbewirtschafteten Flächen liefen 50 bis 90% aller Keimlinge in einer Entfernung von weniger als 1,5 m um die Mutterpflanzen herum auf. Auf bewirtschafteten Flächen lagen die Ausbreitungsdistanzen nur wenig höher (*S. noctiflora*). Die Ergebnisse legen nahe, dass die Regeneration artenreicher Ackerwildkrautgesellschaften entscheidend durch eine geringe Ausbreitungsgeschwindigkeit limitiert wird.

5.1 Einleitung

Während die Wirkung einer Nutzungsintensivierung auf die Vegetation von Agrarökosystemen bereits umfassend untersucht wurde, besteht für die bei einer Extensivierung ablaufenden vegetationsdynamischen Prozesse noch erheblicher Forschungsbedarf. Solche Untersuchungen sind zur Beurteilung der Effizienz von Schutzmaßnahmen und für das Ökosystem-Management unerläßlich. Erfahrungen mit zurückliegenden Extensivierungsprojekten belegen beispielsweise, dass das angestrebte Ziel, eine rasche Wiederherstellung der ursprünglichen Diversität, häufig nicht erreicht wird. Vor allem nach langjährig intensiver Vornutzung und in großflächig ausgeräumten Agrarlandschaften sind viele zu erwartende Arten auch längere Zeit nach der Umstellung noch nicht wieder eingewandert (OESAU 1991; BISCHOFF 1996; STRYKSTRA et al. 1998).

Als eine Ursache für das Ausbleiben von eigentlich typischen Pflanzenarten nach Nutzungsumstellung kommt eine verzögerte Aushagerung von aufgedüngten Flächen in Frage. Vor allem im Grünland nimmt der Abbau von Nährstoffvorräten oft sehr lange Zeiträume in Anspruch (GOUGH & MARRS 1990), aber auch auf Äckern kann eine düngungsintensive Vornutzung die Etablierung ehemals typischer Arten verzögern, da eine höhere Lichtkonkurrenz durch die Kulturart vorliegt (OTTE 1990; BISCHOFF 1996).

Neben dem Bodennährstoffgehalt und anderen Standortbedingungen beeinflusst die Verfügbarkeit von Diasporen in entscheidendem Maße den Regenerationsprozess. Da viele Arten nach langjährig intensiver Nutzung auch nicht mehr in der Diasporenbank vorkommen, besitzt die Diasporenausbreitung heute vielfach eine Schlüsselfunktion (STRYKSTRA et al. 1998). Oftmals sind Diasporenquellen mehrere 100 m entfernt, und die Wiederbesiedlung ist nur über eine Fernausbreitung möglich. Mit welcher Wahrscheinlichkeit Arten, die durch eine intensive Nutzung aus Agrarökosystemen verdrängt worden sind, über solche Entfernungen ausgebreitet werden, lässt sich bislang nur schwer abschätzen. Ausbreitungsvektoren, die früher auch über große Distanzen wirksam waren, gibt es zum Teil heute nicht mehr. Zum Beispiel spielt die speirochore Ausbreitung (mit dem Saatgut) aufgrund der verbesserten Saatgutreinigung kaum noch eine Rolle und Stallmist mit hohem Diasporengehalt ist weitgehend durch Mineraldünger oder Gülle ersetzt worden (POSCHLOD & BONN 1998). Auf der anderen Seite konnte zum Teil eine relativ hohe

Ausbreitungseffizienz neuerer Bewirtschaftungsmaßnahmen festgestellt werden. Auf Äckern führt der Mähdrusch bei einigen Arten zu maximalen Ausbreitungsdistanzen von 20 m bis 100 m (*Datura ferox*: BALLARÉ et al. 1987; *Bromus sterilis*: HOWARD et al. 1991, REW et al. 1996; *Sorghum halepense*: GHERSA et al. 1993). Weit weniger effektiv scheint die maschinelle Bodenbearbeitung zu sein (REW & CUSSANS 1997; MAYER et al. 1998; MARSHALL & BRAIN 1999). Neben der Ausbreitungsfähigkeit ist auch die Etablierungswahrscheinlichkeit vieler Arten nur unzureichend untersucht. BISCHOFF (1999) konnte am Beispiel der Ackerwildkrautart *Lithospermum arvense* zeigen, dass selbst unter günstigen Standortbedingungen nur aus einem geringen Teil der eingetragenen Diasporen eine samenproduzierende Pflanze wird. Im Mittelpunkt des vorliegenden Beitrags steht die Analyse des Zusammenhangs zwischen Ausbreitung und Wiederbesiedlung unter der zentralen Fragestellung:

Inwieweit ist die Wiederbesiedlung durch standorttypische Arten ausbreitungslimitiert?

Die Untersuchungen waren Teil eines von der DFG geförderten Forschungsvorhabens mit gleichem Titel, das sich auf die Lebensräume „Grünland der Saaleaue" und „Lößschwarzerdeäcker des Mitteldeutschen Trockengebietes" erstreckte. Im vorliegenden Beitrag sind ausschließlich die Arbeiten zum Ökosystem Acker dargestellt, da die untersuchten Grünlandflächen außerhalb des für das Verbundprojekt ausgewählten Untersuchungsgebietes (Querfurter Platte) liegen.

Zur Analyse von Einwanderungsprozessen wurden Extensivierungsflächen ausgewählt, die an artenreiche, langjährig extensiv genutzte Bestände grenzen. Ihre Entwicklung wurde mit Flächen verglichen, die von solchen Beständen mindestens 500 m entfernt lagen. Die Untersuchungen wurden auf produktiven Lößstandorten am Rand der Querfurter Platte durchgeführt. Typische Ackerwildkrautgesellschaft ist hier das Euphorbio-Melandrietum. Da viele Kennarten in den vergangenen Jahren stark zurückgegangen sind, gilt diese Gesellschaft heute als gefährdet (SCHUBERT et al. 1995). Gezielte Versuche zur Ausbreitung und Etablierung wurden an *Euphorbia exigua, Lithospermum arvense, Papaver rhoeas* und *Silene noctiflora*, die charakteristisch für Schwarzerdeäcker der Region sind. Diese Arten sind in langjährig extensiv genutzten Beständen häufig zu finden, kommen aber auf Flächen, die in den vergangenen 5 Jahren auf eine extensive Nutzung umgestellt wurden, nicht oder nur sehr sporadisch vor. Sie sind daher als Indikatoren für einen Extensivierungs- oder Renaturierungserfolg hervorragend geeignet. Die wesentlichen Untersuchungsziele werden durch folgende Teilfragen zusammengefasst:

⇒ Inwieweit hängt das Wiederauftreten typischer Arten von der Distanz zu Diasporenquellen ab?

⇒ Sind die Standortbedingungen, vor allem die Bodennährstoffgehalte, bereits wieder mit langjährig extensiv genutzten Flächen vergleichbar?

⇒ Mit welcher Geschwindigkeit werden typische Arten ausgebreitet und welche Rolle spielt dabei die Bewirtschaftung?

⇒ Wie groß ist die Etablierungswahrscheinlichkeit nach einem Eintrag von Diasporen?

5.2 Methoden

5.2.1 Untersuchungsflächen

Die Untersuchungsflächen liegen im Bereich der Querfurter Platte, etwa 20 km westsüdwestlich (Etzdorf) bzw. 15 km südsüdwestlich (Bad Lauchstädt) von Halle. Mit Ackerzahlen von 93 bis 94 handelt es sich um hochproduktive Standorte.

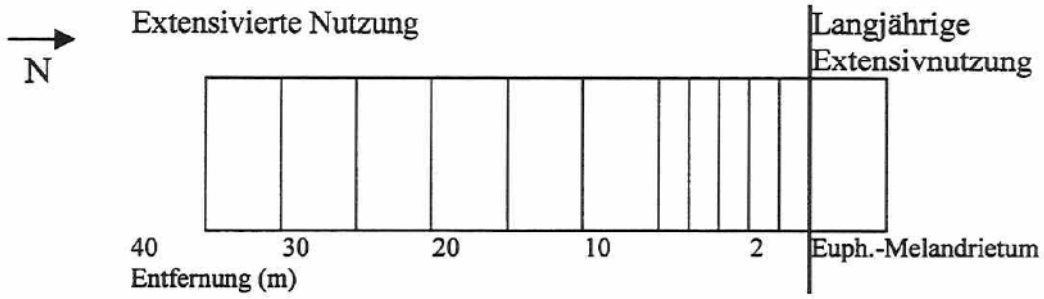

Abb. 5.1: Transektuntersuchungen

Die Nordhälfte der Versuchsfläche *Etzdorf* besteht zu 50 % aus Versuchsparzellen, die bereits seit 1976 extensiv bewirtschaftet wurden und wahrscheinlich zuvor nie eine Herbizidbehandlung erfahren haben (seit 1946 Versuchsgelände, BISCHOFF 1996). Als Segetalzönose hat sich hier ein artenreiches Euphorbio-Melandrietum halten können. Es wurden fünf Transekte (Breite 10 m) angelegt, die von den langjährig (seit 1976) extensiv genutzten Parzellen im Nordteil des Schlages mit artenreicher Segetalzönose quer über den gesamten, durch eine intensive Nutzung verarmten Südteil reichen. Die Anordnung der Segmente folgt Abb. 5.1. Die Umstellung des Südteils der Fläche auf eine extensive Bewirtschaftung ohne Herbizideinsatz und mit reduzierter Düngung erfolgte 1999. 1998 wurden nochmals Herbizide verwendet, so dass eine Erfassung des Ausgangszustandes direkt vor Extensivierungsbeginn möglich war. 1998 wurde auf der Fläche Lein angebaut, 1999 Sommergerste und 2000 Winterweizen.

Die Versuchsfläche in Bad Lauchstädt besteht aus 5 Schlägen mit jeweils 50 Parzellen a 10x10 m², von denen 1994 jeweils 30 auf eine extensive Bewirtschaftung (ökologischer Landbau) umgestellt wurden. Drei Schläge wurden für Vegetationsanalysen (Kap. 5.2.2.) genutzt, zwei für Ausbreitungsversuche (Kap. 5.2.3.). Die Fläche ist von den nächsten artenreichen Ackerwildkrautbeständen etwa 800 m entfernt. Entgegen den Zusagen der Bewirtschafter wurde die ökologische Bewirtschaftung 1999 aufgegeben. Da in der Folge auch Herbizide eingesetzt wurden, liegen von diesem Zeitpunkt an keine im Bezug auf die Fragestellung verwertbaren Ergebnisse vor. 1998 wurden die Schläge mit unterschiedlichen Kulturarten bestellt (Ackerbohnen, Kartoffeln, Mais, Wintergerste und Winterweizen), 1998/99 erfolgte eine einheitliche Bestellung mit Winterweizen.

5.2.2 Vegetations- und Bodenanalysen

Diasporenbankuntersuchungen

Bodenproben für Diasporenbankuntersuchungen wurden in Etzdorf in allen Segmenten zweier Transekte gezogen, in Bad Lauchstädt wurden insgesamt 15 Parzellen (je 5 aus 3 Schlägen) beprobt. Die Probenahme erfolgte Anfang April in 0-20 cm Tiefe mit zwei Wiederholungen pro Transektsegment bzw. Parzelle. Die Proben wurden getrennt als ca. 1 cm dünne Schicht in lichtdurchlässigen, verschließbaren Kunststoff-Stapelschalen (18,5x13,5x8,5 cm³) auf eine etwa gleich hohe Sandschicht ausgebracht. Die Schalen wurden in Frühbeeten unter Glas 18 Monate der Jahreswitterung ausgesetzt. Regelmäßig (zu Beginn alle 1-2 Wochen, später alle 2-3 Wochen) wurden die aufgelaufenen Keimlinge bestimmt, ausgezählt und entfernt. Im Abstand von 4-6 Wochen wurde der Boden gewendet.

Vegetationsaufnahmen

In allen Transektsegmenten (Etzdorf) und 30 Parzellen (Bad Lauchstädt, je 10 Parzellen aus drei Schlägen) wurden einmal pro Jahr Vegetationsaufnahmen durchgeführt. Die Schätzung des Deckungsgrades erfolgte direkt in Prozent. Für standorttypische Arten (*Chaenorhinum minus, Consolida regalis, Euphorbia exigua, Lithospermum arvense, Papaver rhoeas, Silene noctiflora*), die durch eine Intensivnutzung stark zurückgedrängt werden, wurde die Individuendichte bestimmt, wenn die Deckungsgrade unter 1 % lagen.

N_{min}-Analysen

Im langjährig extensiv genutzten Bereich und im umgestellten Südteil der Transekte wurden jeweils 4 Bodenproben zur Bestimmung des mineralischen Stickstoffgehaltes gezogen. Die Probenahmetiefe lag bei 60 cm. Die Schichten 0-30 cm und 30-60 cm wurden getrennt analysiert.

Der mineralische Stickstoff-Gehalt wurde an feldfeuchtem und gesiebtem Material photometrisch nach Kaliumsulfatextraktion (Anlage EPOS, Fa. Eppendorf) bestimmt.

5.2.3 Ausbreitungsversuche

Versuch 1: Ausschluss von Bewirtschaftungsmaßnahmen

5 bis 10 kurz vor der Samenreife stehende Mutterpflanzen von *Lithospermum arvense, Papaver rhoeas, Silene noctiflora* wurden auf vier 6x6 m² großen Parzellen des Versuchgeländes am Weinbergweg im Stadtgebiet von Halle ausgebracht. Die Parzellen wurden mit einem Maschendrahtzaun gegen Kaninchenfraß gesichert und von übriger Vegetation befreit, um eine Hemmung der Keimung durch geschlossene Pflanzenbestände zu verhindern. Die Diasporenproduktion von *Lithospermum arvense* wurde direkt über das Auszählen der Klausen ermittelt. Bei den anderen Arten wurden die Anzahl der Kapseln bestimmt. Die Samen von jeweils 20 Kapseln wurden ausgezählt und auf die Diasporenzahl pro Individuum bzw. Parzelle hochgerechnet. Im folgenden Jahr wurde die Position jedes aufgelaufenen Keimlings dieser 6 Arten zweimal, im Mai und im Juli, festgehalten. Die registrierten Keimlinge wurden entfernt. An Stichproben von 5x50 Diasporen wurde die Keimfähigkeit in Lichtthermostaten bestimmt (*Lithospermum arvense, Papaver rhoeas, Silene noctiflora*: 15/5°C mit Tag/Nacht-Periode von 12/12h).

Versuch 2: Unter Bewirtschaftungseinfluss

Der Ansatz folgt Versuch 1, jedoch waren die Ausbreitungsplots der Bewirtschaftung ausgesetzt. 15 kurz vor der Samenreife stehende Mutterpflanzen von *Papaver rhoeas* und *Lithospermum arvense* wurden Anfang Juli 1998 auf jeweils 4 Testflächen der Lauchstädter Ackerfläche ausgebracht. Je 2 Testflächen lagen im Mais- und im Wintergersteschlag. Die Ausbringung von *Silene noctiflora* (6. Juli, je 28 Pflanzen) erfolgte nur im Maisschlag, da zum einen eine Abreife wegen der späteren Ernte nur im Mais möglich war und die Art zum anderen im Wintergersteschlag bereits zuvor mit relativ hoher Stetigkeit nachgewiesen werden konnte. Die Position aufgelaufener Keimlinge wurde im Spätherbst 1998, im Frühjahr (2x), Sommer und Spätherbst 1999 und im Frühjahr 2000 (auf einer Breite von 10 m und einer Länge von 25 m in Bearbeitungsrichtung) um die Mutterpflanzen herum erfasst. Registrierte Keimlinge wurden entweder zur weiteren Beobachtung markiert oder entfernt.

5.2.4 Untersuchungen zu Keimlingsetablierung, Wachstum und Reproduktion

Auf der langjährig extensiv genutzten Etzdorfer Fläche wurden nach der Frühjahrsbestellung 1999 (Sommergerste) und erneut nach der Herbstbestellung 1999 (Winterweizen) Keimlinge von

Euphorbia exigua, Lithospermum arvense, Papaver rhoeas und *Silene noctiflora* markiert. Entwicklung und Mortalität wurden bis zur Ernte (26.07.1999 und 08.08.2000) bzw. bis zum Zeitpunkt der Stoppelbearbeitung (*Euphorbia exigua*, Anfang August) ebenfalls alle 3-4 Wochen bestimmt. Die Diasporenproduktion wurde wie in Kap. 5.2.3. beschrieben kurz vor der Ernte ermittelt. *Euphorbia exigua* erreichte bis zur Ernte nicht die Samenreife, überlebte aber im Gegensatz zu den übrigen Arten größtenteils den Mähdrusch und konnte sich entsprechend noch bis zur Stoppelbearbeitung weiterentwickeln. Die Bestimmung der Diasporenproduktion erfolgte bei dieser Art nach der Ernte.

Wegen des nach 1998 erneut durchgeführten Herbizideinsatzes in Bad Lauchstädt sind kaum Vergleiche zu den langjährig extensiv genutzten Flächen in Etzdorf möglich sind. In der Vegetationsperiode 1998/1999 gelangten die hier markierten Keimlinge nicht zur Reproduktion. 1999/2000 zeigten die eingesetzten Herbizide nur eine schwache Wirkung gegen *Papaver rhoeas* und *Silene noctiflora*, so dass für diesen Zeitraum Daten zu Mortalität und Reproduktion vorgestellt werden können.

5.2.5 Statistik

Der Effekt der Entfernung zu artenreichen, langjährig extensiv genutzten Beständen auf die Artenvielfalt und den Deckungsgrad charakteristischer Arten wurde über Kovarianzanalysen getestet (Faktor: Transekt; Kovariable: Entfernung). Die räumliche Verteilung von Keimlingen um die Mutterpflanzen wurde über eine Varianzanalyse mit den unterschiedlichen Ausbreitungsplots als Block und der Richtung als Faktor getestet.

5.3 Ergebnisse

5.3.1 Standortbedingungen

In langjährig ungedüngten Parzellen der Etzdorfer Versuchfläche wurden im März 1993 Werte von 64,8 kg N/ha (0-30 cm) ermittelt (KÖRSCHENS & MAHN 1995). In Bad Lauchstädt schwankten die N_{min}-Werte bei den Probennahmen im März 1996, 1997 und 1998 zwischen 27 und 45 kg N/ha in 0-30 cm Tiefe und zwischen 21 und 37 kg N/ha in 30-60 cm Tiefe (PFEFFERKORN 2000).

5.3.2 Artenzusammensetzung

Ein Teil der charakteristischen Arten des Euphorbio-Melandrietum kam bereits 1999, im ersten Jahr nach der Umstellung, mit relativ hoher Deckung auf den Extensivierungsflächen vor, die an langjährig extensiv genutzte Bestände grenzen (Abb. 5.2). Insgesamt ist jedoch eine statistisch hoch

signifikante Abnahme dieser Artengruppe mit zunehmender Entfernung nachweisbar. Auf den langjährig extensiv genutzten Parzellen lag ihr Deckungsgrad bei 26 %, in einer Entfernung von 10 m nur noch bei 10 %, ein Wert, der dann bis zur Schlaggrenze der Extensivierungsfläche (36 m entfernt) in etwa konstant blieb. Auf der Bad Lauchstädter Extensivierungsfläche, die von solchen langjährig extensiv bewirtschafteten Flächen mehr als 500 m entfernt liegt, wurden lediglich Deckungsgrade von 0,4 % erreicht, obwohl die Umstellung bereits 4 Jahre vor der Aufnahme erfolgte. Hier kamen lediglich *Silene noctiflora* und *Descurainia sophia* vereinzelt vor. Ein Teil der Arten war bereits vor der Umstellung auf der Etzdorfer Extensivierungsfläche vertreten. In Untersuchungen aus dem Jahr 1998 ging ihre Diasporendichte im Boden zwar bereits in 2 m Entfernung auf 10 % des Ausgangswertes im langjährig extensiv genutzten Bereich zurück, aber *Papaver rhoeas* war relativ regelmäßig auch in Bodenproben aus weiter entfernten Segmenten enthalten (Abb. 5.3). Vereinzelt kam hier auch noch *Descurainia sophia* vor. Die Diasporendichte von *Silene noctiflora* sank in 6 m

Entfernung unter die Nachweisgrenze. Alle übrigen Euphorbio-Melandrietum-Arten konnten auch im langjährig extensiv genutzten Bereich nicht in der Diasporenbank nachgewiesen werden. Auch in Vegetationsaufnahmen aus dem Jahr 1998 wurde *Silene noctiflora* im zu diesem Zeitpunkt noch intensiv genutzten Südteil der Etzdorfer Fläche gefunden.

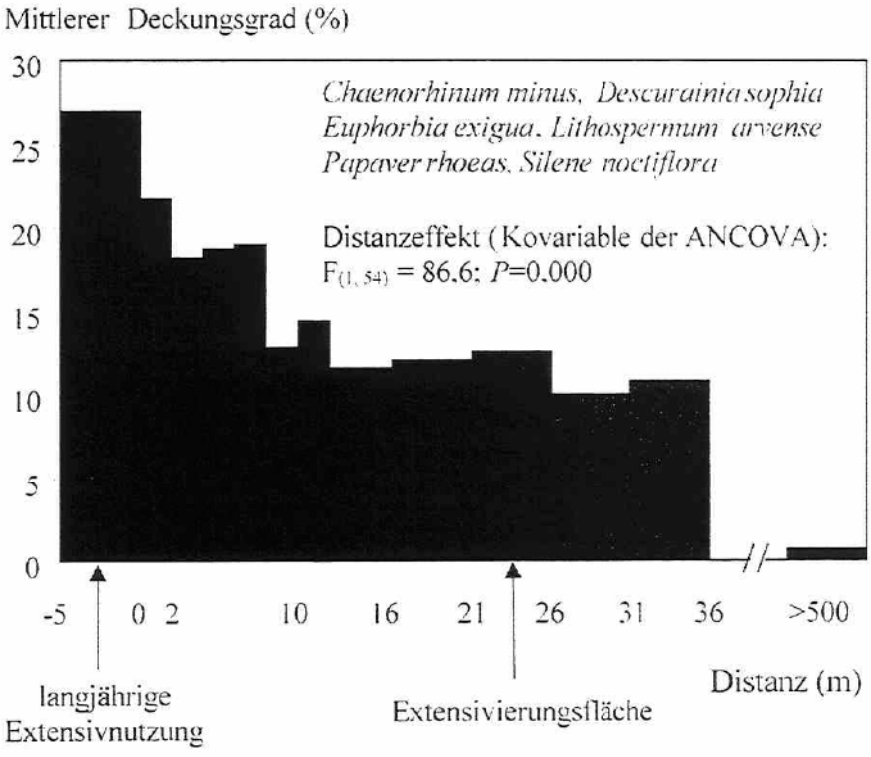

Abb. 5.2)
Mittlere Deckungsgrad-summe von charakter-istischen Arten des Euphorbio-Melandrietum nach der Umstellung; Transekte (n=5) von lang-jährig extensiv genutzten Parzellen zu Extensi-vierungsflächen (Etzdorf); für >500 m: Mittelwert aus Ackerbohnen- und Winter-weizenschlag (Bad Lauch-städt

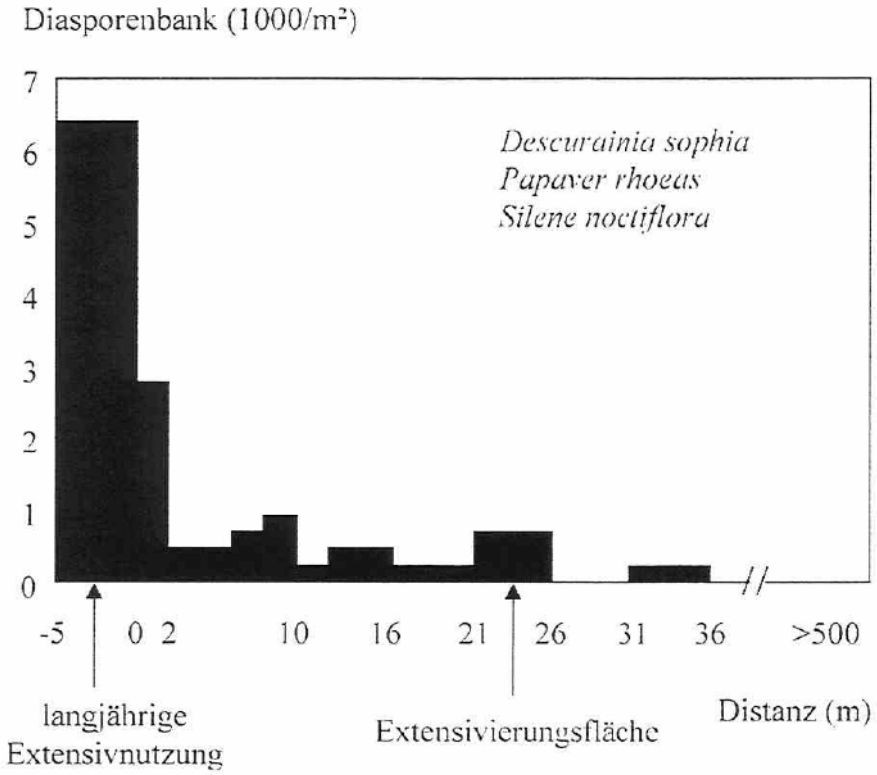

Abb. 5.3)
Mittlere Diasporenbank von charakteristischen Arten des Euphorbio-Melandrietum; Transekte (n=2) von langjährig extensiv genutzten Parzellen zu Extensivierungsflächen; Probenahme vor der Umstellung

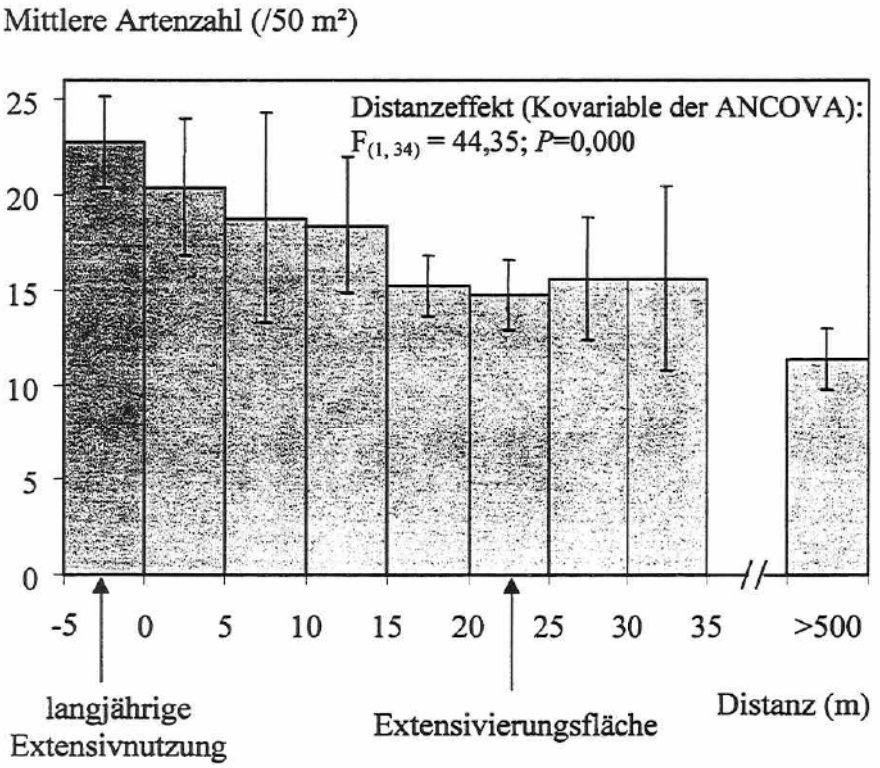

Abb. 5.4)
Mittlere Artenzahl nach der Umstellung; Transekte (n=5) von langjährig extensiv genutzten Parzellen zu Extensivierungsflächen (Etzdorf); für >500m: Mittelwert aus Ackerbohnen- und Winterweizenschlag (Bad Lauchstädt); mit 95%-Konfidenzintervallen

Die Artenzahl ist mit durchschnittlich 23 pro 50 m² in den langjährig extensiv genutzten Beständen am höchsten und nimmt mit zunehmender Entfernung in den umgestellten Bereich hinein signifikant ab (Abb. 4). Ab einer Distanz von 15 m pegelt sie sich bei etwa 15 ein. Auf der von solchen artenreichen Ackerwildkrautbeständen mehr als 500 m entfernten Bad Lauchstädter Ackerfläche wurden lediglich 11,4 Arten registriert. Es handelt sich dabei um den Mittelwert der Aufnahmen im Winterweizen und im Ackerbohnenschlag. Der Kartoffelschlag wurde nicht berücksichtigt, da hier aufgrund der intensiveren und späteren Bodenbearbeitung kein Vergleich mit den Etzdorfer Aufnahmen (Sommergerste) möglich ist.

5.3.3 Ausbreitungsversuche

In Versuch 1 nahm die Keimlingsdichte bei den untersuchten Ackerarten mit zunehmender Entfernung von den Mutterpflanzen rasch ab. Die schweren Diasporen von *Lithospermum arvense* wurden nur mit sehr geringer Wahrscheinlichkeit um mehr als 1 m ausgebreitet (Abb. 5.5). Die Keimlingsdichte sank innerhalb dieser Distanz von 60 auf weniger als 1 Individuum pro m². Etwa 85 % aller Keimlinge wurden innerhalb eines Radius von 1 m gefunden. Allerdings wurden auch am äußeren Rand der plots vereinzelt Keimlinge registriert. Die Keimlingsdichte von *Silene noctiflora* lag direkt unterhalb der Mutterpflanzen bei 72 pro m², in 1 m Entfernung nur noch bei 1 pro m². 70 % der Diasporen wurden nicht weiter als 1 m ausgebreitet. Die Samen der eingesetzten *Papaver rhoeas*-Mutterpflanzen zeichneten sich durch eine sehr geringe Keimrate aus. Im Labor lag sie unter 1 %. Entsprechend liefen trotz einer hohen mittleren Diasporenproduktion im Mittel nur etwa 13 Keimlinge pro plot auf. Da die Art vereinzelt auch autochthon auf den untersuchten Flächen vorkam, sind die Ergebnisse mit einiger Vorsicht zu interpretieren. Die Keimlingsdichte von *Papaver rhoeas* ging zwar ebenfalls mit zunehmender Entfernung zu den Mutterpflanzen rasch zurück, aber lediglich 40% aller Keimlinge liefen in bis zu 1 m Entfernung auf. Mit Werten von jeweils 14-15 % wurden auffallend viele Keimlinge in den Entfernungsstufen 2,1-2,5 m, 2,6-3 m und 3,1-3,5 m gefunden.

Aus Versuch 2 liegen bislang nur für *Silene noctiflora* auswertbare Daten vor. Hier war die Abnahme der Keimlingsdichte mit zunehmender Entfernung nur leicht flacher als in Versuch 1 (Abb. 5.6). Bei einer Ausgangsdichte von 11 Individuen pro m² sanken die Werte in 2 m Entfernung auf 0,5. 50 % der Diasporen wurden nicht weiter als 1 m ausgebreitet, innerhalb eines Radius von 2m wurden 85 % aller Keimlinge nachgewiesen. Die räumliche Verteilung der *Silene noctiflora*-Keimlinge um die Mutterpflanzen (Abb. 5.6, rechts) macht deutlich, dass die Diasporen in Versuch 2 vor allem durch die Bewirtschaftung ausgebreitet wurden. Es trat eine deutliche Häufung im westlichen Bereich auf. Die Ausbreitung ist also genau gegen die Hauptwindrichtung erfolgt.

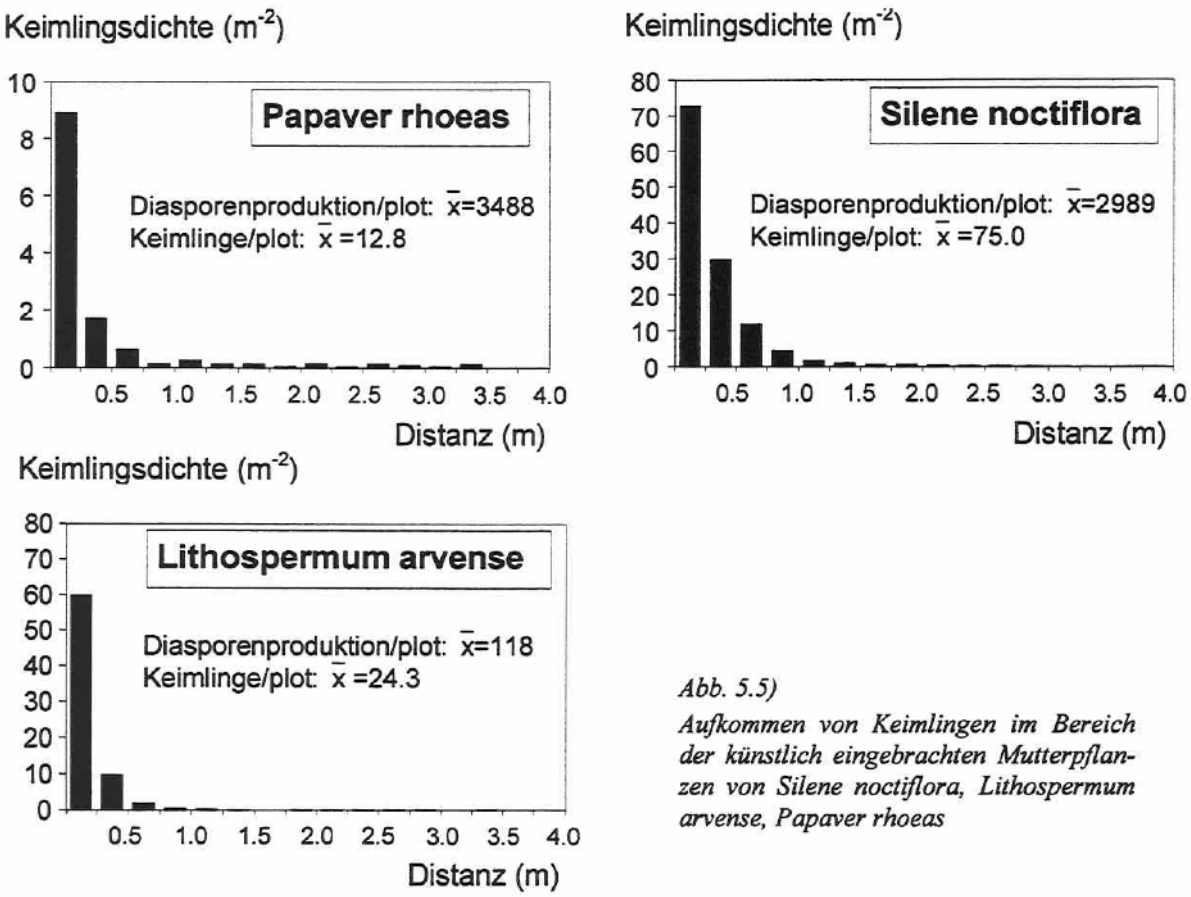

Abb. 5.5)
Aufkommen von Keimlingen im Bereich der künstlich eingebrachten Mutterpflanzen von Silene noctiflora, Lithospermum arvense, Papaver rhoeas

Sowohl Mähdrusch als auch Bodenbearbeitung wurden hingegen in Ost-West-Richtung durchgeführt.

Da aufgrund der wendenden Bodenbearbeitung auf Äckern die meisten Diasporen zunächst in größere Bodentiefen transportiert werden, aus denen kein Auflaufen möglich ist, treten Keimlinge in aller Regel erst ab dem 2. Jahr nach der Diasporenfreisetzung auf. So wurden sämtliche *Silene noctiflora*-Keimlinge erst im Herbst 1999 gefunden, also nach der 2. Bodenbearbeitung durch den Pflug. Es ist daher denkbar, dass noch viele vitale Diasporen im Boden sind. Auf der

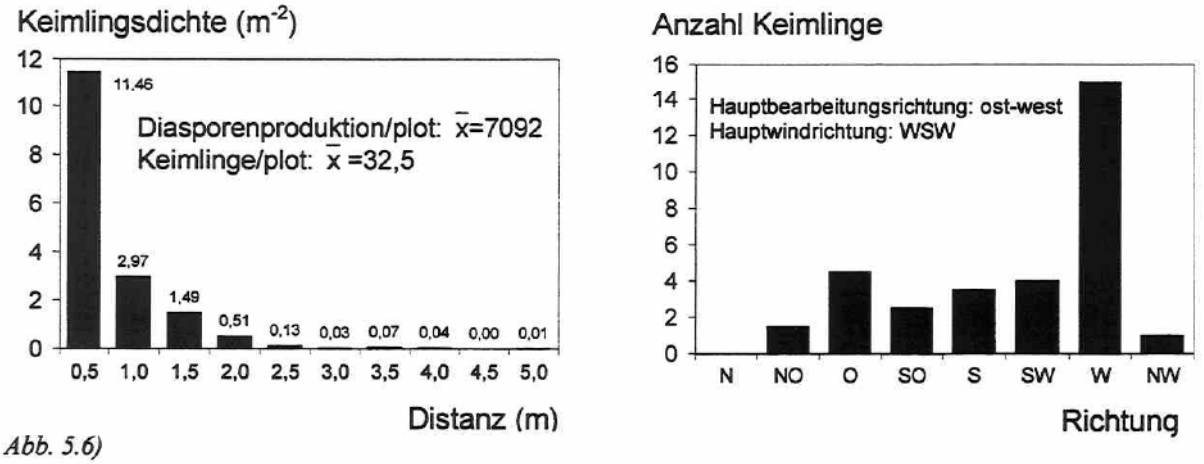

Abb. 5.6)
Keimlingsdichte und räumliche Verteilung von Silene noctiflora-*Keimlingen um künstlich eingebrachte Mutterpflanzen; Versuch 2: unter Bewirtschaftungseinfluss; n=2.*

anderen Seite erschwert der erneute Übergang zur konventionellen Bewirtschaftung die Auswertung von Versuch 2. Zwar konnten trotz Herbizideinsatzes alle Keimlinge identifiziert werden, es ist jedoch nicht auszuschließen, dass Verluste vor Erreichen der Erdoberfläche aufgetreten sind.

5.3.4 Keimlingsetablierung, Wachstum und Reproduktion

Auf den langjährig extensiv genutzten Flächen lagen die Überlebensraten zwischen 36 % und 100 % (Tab. 5.1). Die sommerannuellen Arten *Euphorbia exigua* und *Silene noctiflora* zeigten naturgemäß eine bessere Entwicklung in der Sommergerste (1999), da der Entwicklungsvorsprung der Kulturart und damit die Lichtkonkurrenz geringer war als in der Winterung. Aufgrund der späten Keimung hatten beide Arten zudem Schwierigkeiten, ihren Lebenszyklus bis zur Ernte abzuschließen, so dass nicht alle überlebenden Individuen auch zur Samenreife gelangten. Im Winterweizen erreichte nicht ein einziges Individuum von *Silene noctiflora* die reproduktive Phase. *Euphorbia exigua* konnte zwar bis zur Ernte noch keine Samen bilden, überlebte aber aufgrund der geringen Wuchshöhe größtenteils den Mähdrusch, so dass nachfolgend noch eine Abreife möglich war.

Tab. 5.1)
Überlebensraten und Reproduktion von charakteristischen Arten auf langjährig extensiv genutzten Ackerflächen in Sommergerste (SG, 1999) und Winterweizen (WW, 2000); in Klammern: Standardfehler

	Überlebensrate (%)		**% fruchtend**		**Diasporen/Pflanze**	
	SG	WW	SG	WW	SG	WW
Euphorbia exigua	81 (6,2)	36 (11,2)	75 (11,1)	50 (12,9)	33 (5)	15 (6)
Lithospermum arvense	98 (2,5)	53 (8,5)	98 (2,5)	100 (0,0)	1181 (399)	42 (11)
Papaver rhoeas	57 (3,3)	60 (9,7)	94 (4,4)	100 (0,0)	3323 (1606)	962 (179)
Silene noctiflora	100 (0,0)	85 (4,2)	76 (7,5)	0	69 (19)	0

Die überlebenden Individuen von *Lithospermum arvense* und *Papaver rhoeas* erreichten bis zur Ernte fast vollständig die reproduktive Phase. Beide Arten brauchen jedoch normalerweise einen frühen Start für eine optimale Entwicklung. Dass dennoch die Diasporenproduktion (und bei *Lithospermum arvense* auch die Überlebensrate) in Sommergerste höher war als in Winterweizen, ist auf eine unwirksame Saatbettbereitung im Frühjahr zurückzuführen, die viele bereits im vorangegangenen Herbst und Winter aufgelaufenen Individuen überlebten. Zudem waren im Winterweizen viele Zweige, z.T. auch ganze Pflanzen von *Lithospermum arvense* durch Mäuse abgeknickt worden. Auch die extreme Trockenheit im Mai und Juni 2000 hat wahrscheinlich zu einer allgemein geringen Diasporenproduktion der untersuchten Wildkrautarten im Winterweizen beigetragen.

Trotz Herbizidbehandlung war die Diasporenproduktion von *Silene noctiflora* auf der Extensivierungsfläche in Bad Lauchstädt mit 648 Samen pro Pflanze im Winterraps 2000 deutlich höher als in Etzdorf. Die Überlebensrate betrug 75 % und alle überlebenden Individuen gelangten zur Reproduktion. Allerdings handelt es sich hier um eine Kohorte, die bereits im Frühherbst des vorangegangenen Jahres aufgelaufen war. *Papaver rhoeas* erreichte in Bad Lauchstädt mit 58 % etwa die gleiche Überlebensrate wie in Etzdorf und 86 % der überlebenden bildeten auch reife Kapseln. Beide Arten waren im Gegensatz zu *Euphorbia exigua* und *Silene noctiflora* zum Zeitpunkt der Herbizidbehandlung offensichtlich so weit entwickelt, dass sich diese nur geringfügig auswirkte.

5.4 Diskussion

Auf Extensivierungsflächen, die direkt an langjährig extensiv genutzte Bestände grenzen, wurde bereits im ersten Jahr nach der Umstellung ein relativ hoher Deckungsgrad einiger typischer Euphorbio-Melandrietum-Arten festgestellt. Dies traf beispielsweise auf *Silene noctiflora, Papaver rhoeas* und *Descurainia sophia* zu. Diese Arten wurden auch vor Umstellungsbeginn (1998) in der Diasporenbank nachgewiesen. Da die Flächen zur gleichen Bewirtschaftungseinheit gehören, sind wahrscheinlich fortwährend Diasporen aus dem langjährig extensiv bewirtschafteten Nordteil in den zuvor intensiv bewirtschafteten Südteil eingetragen worden. Möglicherweise haben auch einige Diasporen die Phase der intensiven Bewirtschaftung im Boden überdauert. Eine Unkrautbekämpfung durch Herbizide fand hier mindestens 9 Jahre lang statt, in der Regel aber über 18 Jahre (BISCHOFF 1996). Nach THOMPSON et al. (1997) besitzen einige der typischen Euphorbio-Melandrietum-Arten eine langfristige Diasporenbank („long-term persistent": >5 Jahre). Vor allem für *Papaver rhoeas* führen die Autoren eine Reihe von Quellen an, die eine noch erheblich längere Persistenz im Boden belegen. Dagegen konnten Euphorbio-Melandrietum-Arten auch 4 Jahre nach der Umstellung kaum auf die von langjährig extensiv genutzten Beständen weit entfernte Bad Lauchstädter Fläche vordringen. Lediglich *Silene noctiflora* und *Descurainia sophia* kamen vereinzelt vor.

Eine nur sehr zögernde Einwanderung von ehemals typischen Ackerwildkrautarten auf Extensivierungsflächen in großflächig ausgeräumten Agrarlandschaften stellten auch OESAU (1991) und BISCHOFF & MAHN (2000) fest. Die letztgenannten Autoren wiesen gleichzeitig nach, dass eine hohe Stickstoffversorgung sich negativ auf die Reetablierung auswirkt. In Untersuchungen von OTTE (1990) wurde in Varianten, bei denen der Herbizideinsatz, nicht aber die Düngung beendet wurde, vor allem die Entwicklung kleinwüchsiger Arten gegenüber Varianten ohne Düngung behindert. In der vorliegenden Arbeit wurden jedoch auf den extensivierten Flächen (Bad

Lauchstädt) bereits kurze Zeit nach der Umstellung vergleichbare N_{min}-Werte gemessen wie in langjährig extensiv genutzten Beständen (Etzdorf). Ein direkter Vergleich der Keimlingsetablierung von Ackerwildkrautarten auf beiden Flächen ist aufgrund der ab 1999 in Bad Lauchstädt praktizierten Herbizidanwendung nur eingeschränkt möglich. Der trotz Herbizidbehandlung hohe Prozentsatz an *Silene noctiflora*- und *Papaver rhoeas*-Pflanzen, die 2000 (Winterraps) zur Reproduktion gelangten, spricht jedoch für günstige Entwicklungsbedingungen in Bad Lauchstädt.

Die Ausbreitungsdistanzen von Ackerwildkräutern waren ohne den Einfluß von Mähdrusch und Bodenbearbeitung sehr gering. 83 % bzw. 90 % aller Diasporen von *Silene noctiflora* bzw. *Lithospermum arvense* wurden innerhalb einer Entfernung von 1,5 m gefunden, nur *Papaver rhoeas* scheint ein höheres Ausbreitungspotential zu besitzen (50 % innerhalb von 1,5 m). Durch den Einfluss der Bewirtschaftung erhöhte sich die Ausbreitung von *Silene noctiflora* nicht wesentlich (70 % bis 1,5 m, 95 % bis 3 m). Die Richtungsverteilung um die Mutterpflanzen macht deutlich, dass dennoch die Bewirtschaftung der Hauptausbreitungsvektor war. Der Wind hatte im geschlossenen Maisbestand einen geringeren Effekt als bei den freistehenden Mutterpflanzen im 1. Ausbreitungsversuch. Nach BALLARE et al. (1987), HOWARD et al. (1991), REW et al. (1996) und GHERSA et al. (1993) können Diasporen durch Mähdrusch über Entfernungen von 20 bis 100 m transportiert werden. Da die Mutterpflanzen in der Maiskultur jedoch einen Großteil ihrer Diasporen bereits vor der Ernte ausgestreut hatten, bzw. durch den Mähdrescher nicht erfasst wurden, kam der Mähdrusch als Ausbreitungsvektor nicht so zum Tragen wie in Getreidekulturen. Die nachfolgende Bodenbearbeitung hat in der Regel einen deutlich geringeren Ausbreitungseffekt (REW & CUSSANS 1997; MAYER et al. 1998; MARSHALL & BRAIN 1999). Durch den Herbizideinsatz und das verzögerte Auflaufen von Ackerwildkräutern (wendende Bodenbearbeitung) können aus den vorliegenden Untersuchungen leider bislang keine Aussagen zum Einfluss der Bewirtschaftung auf die Ausbreitung *von Euphorbia exigua, Lithospermum arvense* und *Papaver rhoeas* gemacht werden. Das Vorhandensein *von Descurainia sophia-, Papaver rhoeas*- und *Silene noctiflora*-Diasporen im gesamten extensivierten Bereich der Etzdorfer Flächen läßt jedoch den Schluss zu, dass diese Arten relativ rasch Entfernungen von bis zu 35 m überwinden können, wenn die umgestellten Bereiche in einer Bewirtschaftungseinheit mit Diasporenquellen liegen. Das weitgehende Fehlen dieser Arten auf der Bad Lauchstädter Extensivierungsfläche zeigt, dass Entfernungen von mehreren 100 m zu Diasporenquellen eine Ausbreitungslimitierung von Wiederbesiedlungsprozessen bedeuten.

Die Etablierungswahrscheinlichkeit der untersuchten Ackerwildkrautarten schwankte sehr stark und hängt offensichtlich entscheidend von der Kulturart ab. So gelangten in der Sommergerste (1999) 76 % aller *Silene noctiflora* Individuen zur Reproduktion, im Winterweizen (2000) jedoch kein

einziges. Bei normaler Fruchtfolge mit Wechsel zwischen Winterung und Sommerung ist zwar gewährleistet, dass alle untersuchten Arten in einem der Folgejahre günstige Entwicklungsbedingungen vorfinden. Allerdings erhöht sich bei längerer Verweildauer der Diasporen im Boden die Wahrscheinlichkeit von Verlusten (Fraß, erfolglose Keimung). Die Verluste von Samen im Boden konnten in der vorliegenden Arbeit aufgrund des Herbizideinsatzes in Bad Lauchstädt nicht quantifiziert werden. Dass sie einen entscheidenden Einfluss auf die Etablierung haben können, zeigen Untersuchungen von BISCHOFF (1999) an *Lithospermum arvense*. Bei einem Eintrag von 7500 keimfähigen Diasporen liefen in den folgenden Jahren lediglich 26 Keimlinge auf.

5.5 Schlussfolgerungen und Ausblick

In den beschriebenen Untersuchungen konnte gezeigt werden, wie begrenzt das Ausbreitungspotenzial vieler Ackerwildkrautarten ist, die in der Vergangenheit durch eine intensive Bewirtschaftung zurückgedrängt worden sind. Allein die Umstellung auf extensivere Produktionsverfahren führt demnach nicht notwendigerweise zu einer raschen Wiederherstellung der ursprünglichen Diversität auf Ackerflächen der Querfurter Platte, sie kann sie nicht garantieren. Um die Frage zu beantworten, wie lange solche Wiederbesiedlungsprozesse dauern, sind längerfristige Untersuchungen notwendig. Entsprechend müssen die in der vorliegenden Arbeit dargestellten Erhebungen fortgeführt werden.

Zwangsläufig stellt sich in diesem Zusammenhang die Frage, ob eine künstliche Beschleunigung von Wiederbesiedlungsprozessen möglich und sinnvoll ist. In der Schweiz wurden beispielsweise Konzepte zur Ansaat von Ackerwildkräutern mit dem Ziel einer Nützlingsförderung entwickelt (NENTWIG 1992). Wenn jedoch, wie von Ökologen gefordert (SCHWAAR 1981, v.ELSEN 1994), autochthones Samenmaterial verwendet wird, ist eine künstliche Ausbringung extrem aufwendig und damit teuer. Eine kostengünstigere Alternative ist die Unterstützung bereits vorhandener Ausbreitungswege. So könnten extensivierte Zielflächen regelmäßig direkt nach in der Umgebung noch vorhandenen, artenreichen Schlägen bewirtschaftet werden. Es besteht hier allerdings noch ein erheblicher Forschungsbedarf, da über die Ausbreitungseffizienz einzelner Bewirtschaftungsmaßnahmen nur wenig bekannt ist.

Eine weitere Möglichkeit zur Steigerung der Effizienz von Extensivierungsmaßnahmen im Hinblick auf eine Erhöhung der Artenvielfalt auf Äckern ist die Konzentration von Fördermitteln auf besonders erfolgversprechende Schläge. Die dazu notwendige Analyse von Faktoren, die den „ökologischen Erfolg" von Extensivierungsmaßnahmen maßgeblich beeinflussen, ist Gegenstand eines neuen, vom Land Sachsen-Anhalt geförderten Forschungsprojektes.

UFZ-Bericht

Einfluß der Landnutzung auf Landschaftshaushalt und Biodiversität in agrarisch dominierten Räumen

Heidrun Mühle (Hrsg.)

UFZ - Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH