4 Entwicklung der floristischen Diversität auf Ackerstillegungsflächen

J. Stadler & S. Klotz

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

Abstract

Development of floral diversity on set-aide areas

We describe the results of an experiment in which we allowed the spontaneous development of vegetation on experimental plots which had been used for agriculture. The three experimental plots differed in the season when succession was allowed to start (autumn, spring, summer).

1. *We observed a rather quick turnover of successional stages. During the first four years the mean number of species decreased from more than 15 species per 4 m² to less than 10 species. The dynamics of species richness was roughly similar for the different treatments.*
2. *Although at first the experimental treatment initially determines the composition of the vegetation, in the course of succession these differences disappear.*
3. *The velocity of succession decreases with time and after four to six years the species turn-over in time is similar to the species' turnover in space within one treatment. Despite the initial differences in the vegetation, the course and velocity of succession is again very similar between the three experimental treatments.*

Most of the species found on the experimental plots are widespread in eastern Germany. Thus abandonment does not necessarily promote the growth of rare species.

Zusammenfassung

1. Auf landwirtschaftlichen Flächen läuft nach Aufgabe der Nutzung eine relative rasche Vegetationsentwicklung ab, vor allem dann, wenn die Flächen vorher umgebrochen und geeggt wurden.
2. Der Zeitpunkt der letzten Bearbeitung der Flächen bestimmt dabei die anfängliche Artzusammensetzung. Im Laufe der Sukzession verschwindet dieser Unterschied rasch.
3. Im Lauf der Zeit nimmt die Sukzessionsgeschwindigkeit ab und nach vier bis fünf Jahren entspricht der zeitliche Artenumsatz in etwa dem Artenumsatz zwischen Flächen gleicher Behandlung.
4. Die meisten Arten, die auf den Bracheflächen nachgewiesen wurden, sind relativ weit verbreitete Arten. Durch eine kurzfristige Brachlegung kann nicht unbedingt mit einer Erholung seltener Arten gerechnet werden.

4.1 Einleitung

Will man die Bedeutung von Brachen für den Erhalt der Biodiversität in unserer Kulturlandschaft richtig einschätzen, so müssen die mit der Brachlegung einhergehenden Veränderungen im Artengefüge sowie die zugrundeliegenden Prozesse bekannt sein. Im Vergleich zu anderen Ökosystemen wie z.B. Wäldern laufen viele Prozesse relativ schnell ab, so dass Brachflächen ein geeignetes Modell für die Grundlagenforschung zur Struktur und Dynamik von Artengemeinschaften sind (BAZZAZ 1996, JUNG et al. 2000). Das vorliegende Teilprojekt konzentriert sich ausschließlich auf Ackerbrachen und greift dabei folgende Fragen auf:

⇒ Wie verändert sich der Artenreichtum auf Brachflächen in Verlauf der Sukzession? Wie schnell laufen Sukzessionsprozesse ab?

⇒ Kann durch unterschiedliche Zeitpunkte in der Brachlegung langfristig auch eine unterschiedliche Artenzusammensetzung auf den Flächen erreicht werden?
(Diese Frage geht auf die Beobachtung in der klassischen pflanzensoziologischen Literatur zurück, dass sich Acker-Unkraut-Gesellschaften in zwei Hauptgruppen gliedern lassen (ELLENBERG 1986): Hackfruchtunkrautfluren (Chenopodietea) und Getreideunkrautfluren (Secalietea). Die Entstehung dieser Gesellschaften kann hauptsächlich auf den Zeitpunkt der letzten Bodenbearbeitung zurückgeführt werden.)

⇒ Finden sich auf den Brachflächen wieder seltene Arten ein?

4.2 Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden auf ehemals agrarisch genutzten Flächen auf dem Gelände des UFZ in Bad Lauchstädt/Halle durchgeführt.

Die Untersuchungsfläche wurde bis Sommer 1994 genutzt und die zuletzt angebaute Feldfrucht war Gerste. Die in Nord-Südrichtung ausgerichtete Versuchsfläche wurde in 15 streifenförmige Parzellen eingeteilt (Breite der Parzellen 10 m, Länge mindestens 30 m), die von 1 bis 15 durchnumeriert wurden. Ab Herbst 1994 wurden dann 9 dieser Parzellen mittels Zufallsgenerator Stillegungszeitpunkte zugeordnet, wobei für jeden Stillegungszeitpunkt 3 Parzellen als Wiederholung verwendet wurden (Tab. 4.1). Die einzelnen Parzellen wurden an dem für sie festgelegten Stillegungszeitpunkt gepflügt, geeggt und anschließend sich selbst überlassen, so dass sich die Vegetation spontan entwickeln konnte.

Tab 4.1) Struktur und Stillegungszeitpunkte des Sukzessionsversuches in Bad Lauchstädt

Stillegungszeitpunkt	Parzellennummer	Vegetationsaufnahmen/ Parzelle
Oktober 1994 (Herbstvariante)	9 / 12 / 13	6
April 1995 (Frühjahrsvariante)	4 / 11 / 14	6
Juni 1995 (Sommervariante)	1 / 6 / 15	6

Von 1995 bis 1999 wurden im Zeitraum von August bis September auf den einzelnen Parzellen Vegetationsaufnahmen durchgeführt (MUELLER-DOMBOIS & ELLENBERG 1974). Dazu wurde in jeder einzelnen Parzelle ein Metallrahmen mit den Seitenlängen 2x2 m zufällig ausgelegt und in dieser Fläche der Deckungsgrad aller vorkommenden Pflanzenarten nach der Braun-Blanquet-Skala geschätzt. Auf jeder Parzelle erfolgten sechs Vegetationsaufnahmen, so dass für jede Stillegungsvariante insgesamt 18 Vegetationsaufnahmen pro Jahr vorliegen. Obwohl einige dieser Vegetationsaufnahmen räumlich autokorreliert sind, werden diese für die vorliegenden Auswertung als unabhängige Stichproben gewertet. Für die Auswertungen stehen 270 Vegetationsaufnahmen in den Jahren 1995 bis 1999 zur Verfügung. Die Auswertung dieser Vegetationsaufnahmen erfolgte nach folgendem Schema:

⇒ Für jede Stillegungsvariante und Jahr wurde die mittlere Artenzahl (α-Diversität) der Aufnahmen und deren Standardabweichung ermittelt und gegen die Zeit aufgetragen. Die statistische Analyse erfolgte mittels Varianzanalyse mit Stillegungsvariante (3 Stufen) und Jahr (5 Stufen) als unabhängige Faktoren.

⇒ Für alle weiteren quantitativen Auswertungen wurde die Braun-Blanquet-Skala in eine Rangskala von 1 bis 7 umgewandelt: r zu 1; + zu 2; 1 zu 3, 2 zu 4; 3 zu 5; 4 zu 6 und 5 zu 7. Die Häufigkeitsstruktur der Pflanzengemeinschaften auf den drei Stillegungsvarianten wurde in einem Rang-Abundanz-Plot dargestellt (z.B. CRAWLEY 1997). Dazu wurde für jede Art der Mittelwert der Deckungsgrade über die 18 Vegetationsaufnahmen für jedes der fünf Untersuchungsjahre errechnet. Anschließend wurden die Arten entsprechend ihrer Häufigkeit auf der Herbst-Variante im Jahr 1995 geordnet, einer Rangzahl zugeordnet und die Häufigkeit gegen diese Rangzahl aufgetragen (Abb. 4.2).

⇒ Neben der α-Diversität spielt auch der Unterschied der Artenzusammensetzung zwischen den Vegetationsaufnahmen auf den einzelnen Stillegungsvarianten eine bedeutende Rolle für die Artenvielfalt. Diese β-Diversität kann durch verschiedene Ordinierungsverfahren beschrieben werden. Wir wählten die Diskriminanzanalyse, da eine klare Gruppenbildung der einzelnen Vegetationsaufnahmen vorliegt. Dabei wurde jede Stillegungsvariante in jedem Jahr als

unabhängige Gruppe angesehen. Darüber hinaus errechneten wir die Euklidischen Distanzen zwischen allen Aufnahmen. Aus dieser Matrix der Größe 270x270 berechneten wir für jedes Jahr die mittleren Distanzen zwischen Aufnahmen derselben Stillegungsvariante (153 Distanzen), die Distanzen zwischen Aufnahmen der verschiedenen Stillegungsvarianten (324 Distanzen) sowie die Distanzen zwischen Aufnahmen aufeinanderfolgender Jahre jeder Variante (324 Distanzen). Letztere ergeben ein Maß für die Sukzessionsgeschwindigkeit. Je größer die Euklidische Distanz zwischen aufeinanderfolgenden Jahren ist, desto größer ist der Umbau in der Artengemeinschaft und damit die Sukzessionsgeschwindigkeit.

4.3 Ergebnisse und Diskussion

Im ersten Jahr nach Brachlegung lag die mittlere Artenzahl pro Vegetationsaufnahme zwischen 15 und 20 Arten je 4 m². Im Laufe der Sukzession sank die Artenzahl auf Werte zwischen 5 und 10 Arten mit einem Tiefpunkt im vierten Jahr nach Brachlegung (Abb. 4.1).

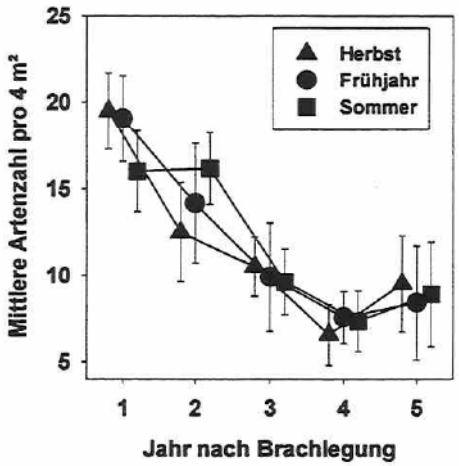

Abb.4.1)
Mittlere Artenzahl auf den jeweils 18 Vegetationsaufnahmen jeder Stillegungsvariante (± Standardabweichung) im Verlauf von fünf Jahren nach Brachlegung

Erst im fünften Jahr zeigte sich ein leichter Wiederanstieg der Artenzahlen. Zwischen den einzelnen Stillegungsvarianten gab es aber keine deutlichen Unterschiede in der α-Diversität (Abb. 4.1). Eine statistische Analyse ergab keine Unterschiede zwischen den Stillegungsvarianten ($F=0.16$; $df_1=2$; $df_2=255$; $P>0.5$), wohl aber einen klaren, absicherbaren Unterschied zwischen den Jahren ($F=173$; $df_1=4$; $df_2=255$; $P<0.001$). Es fand sich aber auch eine signifikante Interaktion zwischen den Faktoren Stillegungsvariante und Jahr ($F=5.6$; $df_1=8$; $df_2=255$; $P<0.001$), der auf gewisse Unterschiede in der Dynamik der Artenzahlen in den einzelnen Stillegungsvarianten hinweist. Obwohl statistisch hoch signifikant, ist aber der Unterschied von geringer biologischer Bedeutung und beruht vor allem auf dem Verhalten der Sommer-Variante während der ersten beiden Jahre.

Neben dieser Dynamik der Artenzahlen ergibt sich auch eine deutliche Dynamik im Vorkommen und der Häufigkeit der einzelnen Arten. In Abb. 4.2 wurden die Arten entsprechend ihrer

Häufigkeit in der Herbst-Variante im ersten Jahr aufgetragen. Dadurch ergibt sich für die Herbst-Variante im ersten Jahr ein stetig abfallendes Häufigkeitsmuster. Die Abweichungen in den Teilgraphiken der beiden anderen Varianten in den einzelnen Jahren sind dann ein Maß für den Unterschied in der Artenzusammensetzung. Im ersten Jahr nach Brachlegung waren *Chenopodium album* und *Stellaria media* die beiden häufigsten Arten auf der Herbst-Variante. Beide Arten kamen zwar auch auf der Frühjahrs- und Sommer-Variante vor, allerdings war die häufigste Art auf der Sommer-Variante nach dem ersten Jahr *Amaranthus retroflexus*. Im Verlauf der Sukzession werden sich die einzelnen Stillegungsvarianten hinsichtlich des Vorkommens und der Häufigkeit der Arten immer ähnlicher. Im fünften Jahr nach Brachlegung ist auf allen drei Stillegungsvarianten *Epilobium adnatum* die häufigste Art. In der Frühjahrs- und Herbst-Variante ist *Cirsium arvense* die zweithäufigste Art, bei der Sommerbrache die dritthäufigste.

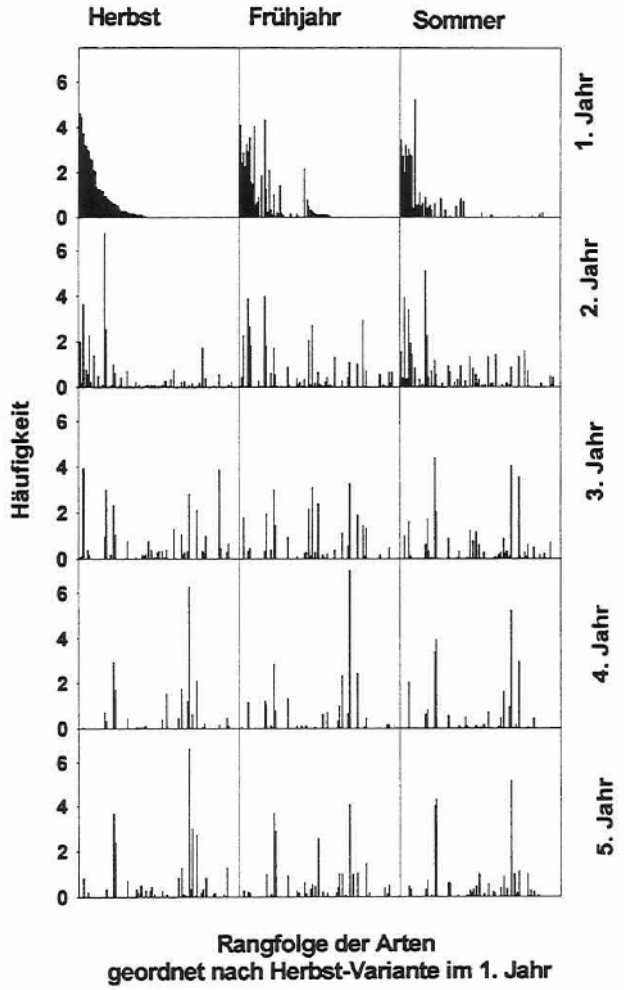

Abb.4.2)
Dynamik der Artenzusammensetzung während der Sukzession auf den einzelnen Stillegungsvarianten

Die bisherigen Auswertungen zeigen, dass es im ersten Jahr einen deutlichen Unterschied in der Artenzusammensetzung der einzelnen Stillegungsvarianten gibt, sich dieser Unterschied aber nach

fünf Jahren bereits verwischt hat, also alle Stillegungsvarianten im Laufe der Sukzession konvergieren. Dies zeigt die Diskriminanzanalyse, in die 270 Vegetationsaufnahmen eingehen.(Abb. 4.3).

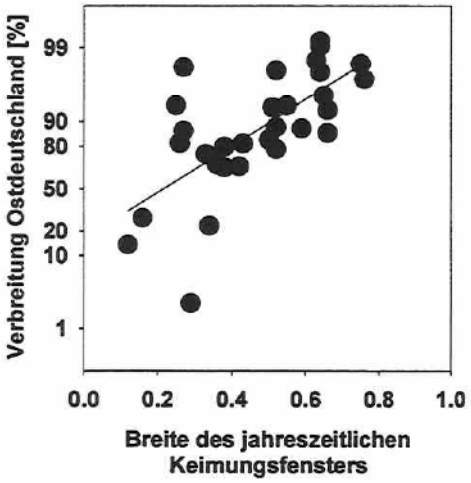

Abb. 4.3)
Lage der 270 Vegetationsaufnahmen entlang der ersten beiden Diskriminanzachsen
Offene Symbole: Dreieck (Herbst), Kreis (Frühjahr), Quadrat (Sommer)
Gefüllte Symbole: Gruppenmittelwerte, zur Verdeutlichung des Sukzessionsverlaufes durch Linien verbunden

Die ersten beiden Diskriminanzachsen beschreiben zusammen 76 % der Varianz. Für das erste Jahr ergibt sich eine deutliche Trennung der Vegetationsaufnahmen zwischen den Stillegungsvarianten, wobei die Frühjahrs- und Sommer-Variante zueinander ähnlicher sind *als zur Herbst-Variante*. Man beachte, dass sich die Punktwolken der einzelnen Aufnahmen im ersten Jahr nach Brachlegung kaum überlappen. Im zweiten Jahr kann man immer noch einen Unterschied zwischen den Stillegungsvarianten erkennen, der aber geringer als im ersten Jahr ausfällt. Nach dem dritten Jahr sind alle Unterschiede nahezu verschwunden.

Die Ergebnisse der Diskriminanzanalyse in Abb. 4.3 zeigen aber auch deutlich die Geschwindigkeit des Sukzessionsverlaufes. Die Gruppenmittelwerte der einzelnen Stillegungsvarianten zeigen ihre größte Verschiebung vom ersten zum zweiten Jahr, was den tiefgreifenden Umbau der Artenzusammensetzung während der ersten Jahre der Sukzession anzeigt. Dieser Umbau der Artenzusammensetzung wird im Verlauf der Sukzession immer geringer. Obwohl sich die Stillegungsvarianten in ihrer anfänglichen Artenzusammensetzung erheblich unterscheiden, sind der Verlauf und die Geschwindigkeit der Sukzession relativ ähnlich.

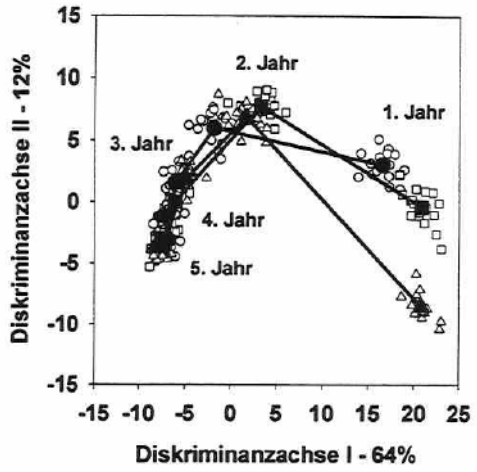

Abb. 4.4)
Mittlere Euklidische Distanz zwischen Aufnahmen derselben Stillegungsvariante eines Jahres (graue Füllung - Dreieck: Herbst, Kreis: Frühjahr, Quadrat: Herbst)
Stillegungsvarianten einzelner Jahre (schwarze Füllung - Dreieck: Herbst versus Frühjahr, Kreis: Frühjahr versus Sommer, Quadrat: Sommer versus Herbst;)
Aufnahmen aufeinanderfolgender Jahre jeder Variante (offen - Dreieck: Herbst, Kreis: Frühjahr, Quadrat: Sommer)

Abb. 4.4 zeigt einen Vergleich der β-Diversität zwischen Vegetationsaufnahmen derselben Stillegungsvariante, zwischen Vegetationsaufnahmen unterschiedlicher Stillegungsvarianten sowie zwischen Aufnahmen aufeinanderfolgender Jahre einer Stillegungsvariante. Die β-Diversität wurde für diese Auswertung über die mittlere Euklidische Distanz zwischen den Aufnahmen erfasst. Diese Abbildung stellt nochmals klar die wesentlichen Charakteristika des Sukzessionsverlaufs auf den Brachflächen von Bad Lauchstädt dar:

⇒ Im ersten Jahr nach der Brachlegung ist die Euklidische Distanz zwischen Aufnahmen derselben Stillegungsvariante stets geringer als zwischen Aufnahmen unterschiedlicher Stillegungsvarianten. Der Stillegungszeitpunkt und damit der Zeitpunkt der letzten Bodenbearbeitung erzeugt einen deutlichen Unterschied in der Artenzusammensetzung.

⇒ Im Laufe der Sukzession verschwindet aber dieser Unterschied relativ rasch und die Euklidischen Distanzen zwischen Aufnahmen unterschiedlicher Stillegungsvarianten sind ähnlich den Distanzen zwischen Aufnahmen ein und derselben Variante.

⇒ Der zeitliche Verlauf der Sukzession erzeugt einen *Artenumsatz* und damit eine β-Diversitätskomponente die anfänglich über den β-Diversitätskomponenten innerhalb und zwischen den Stillegungsvarianten liegt. Nach dem dritten bzw. vierten Jahr ist aber auch diese zeitliche Komponente ähnlich den Komponenten innerhalb und zwischen den Aufnahmen.

Der anfängliche Unterschied zwischen den Stillegungsvarianten ist vor allem durch die Keimungsbiologie einzelner Arten bedingt (LAUER 1953). Die auf der Ackerbrache vorkommenden Arten unterscheiden sich deutlich in ihrem jahreszeitlichen Fenster, in dem sie keimen können. Die Unterschiede in der jahreszeitlichen Lage des Keimungsfensters können zumindest teilweise die anfänglichen Unterschiede in der Zusammensetzung der Vegetation erklären. So fanden KLOTZ et al. (1997) für den hier beschriebenen Versuch in Bad Lauchstädt klare Korrelationen zwischen dem

Zeitpunkt der Keimung und den Deckungswerten einzelner Arten für das erste Jahr nach Brachlegung. Der anfängliche Unterschied in der Vegetation ist damit zu einem großen Teil durch die autökologischen Eigenschaften der Arten bedingt. Die Keimung einzelner Arten ist aber nicht nur durch den Zeitpunkt der Keimung bestimmt, sonder auch durch die Breite des jahreszeitlichen Fensters, in dem Keimung möglich ist. Die Breite des Keimungsfenster bestimmt vor allem die regionale Verbreitung der Arten. Es zeigt sich, dass die einzelnen Arten um so weiter verbreitet sind, je breiter das zeitliche Keimungsfenster ist (Abb. 4.5). Dieses gilt sowohl für die Verbreitung der Arten in Ostdeutschland ($r=0.68$; $df=29$; $P<0.001$; Abb. 4.5) als auch für ihre Verbreitung in Europa ($r=0.49$; $df=29$; $P=0.005$; Anzahl von Ländern, in denen die Art nachgewiesen wurde: maximal 39 (BRÄNDLE et al. 1999). Die Verbreitung in Ostdeutschland wurde über den Prozentsatz besetzter 6x6 m-Raster ermittelt (BENKERT et al. 1996). Die Breite des Keimungsfensters wurde in einem speziellen Versuch ermittelt (KLOTZ et al. 1997).

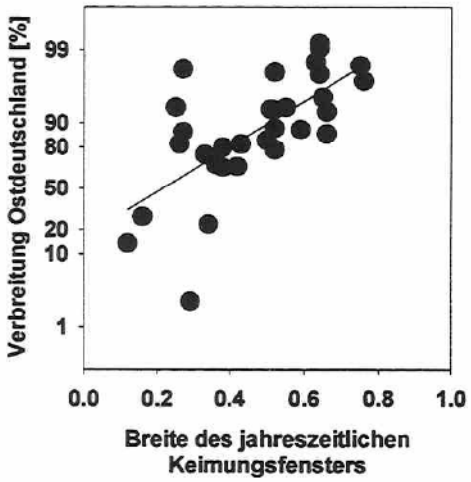

Abb. 4.5)
Korrelation der Verbreitung und Breite des zeitlichen Keimungs-fensters für 31 in Ostdeutschland vorkommende Pflanzenarten, die auf den Versuchsflächen von Bad Lauchstädt nachgewiesen wurden

Bisher wurden vor allem die autökologischen Eigenschaften der Arten als wesentlicher Mechanismus für die Sukzession diskutiert. Darüber hinaus spielen aber auch andere Prozesse eine bedeutende Rolle, die hier aber nur kurz erwähnt werden können. Viele Modelle der Sukzession gehen davon aus, dass sowohl Konkurrenzbeziehungen zwischen Arten aber auch gegenseitige positive Einflüsse eine bedeutende Rolle spielen können (CONNELL & SLATYER 1977). Derzeit werden Versuche ausgewertet, bei denen die Konkurrenz zwischen häufigen Arten in der Anfangsphase der Sukzession untersucht wurde. Dabei traten aber Konkurrenzeffekte z.B. zwischen *Chenopodium album* und *Amaranthus retroflexus* erst bei Dichten auf, wie sie im Freiland nicht erreicht werden. Auch phytophage Insekten können eine wichtige Rolle in der Sukzession spielen. Dazu wurde in Bad Lauchstädt ein Versuch angelegt, bei dem durch Applikation von Insektiziden unterirdisch und oberirdisch lebende phytophage Insekten selektiv ausgeschlossen wurden. Dabei zeigte sich, dass Insekten zwar anfänglich auf die Vegetationsdichte und Artenzahl nur einen

untergeordneten Einfluss haben (JUNG et al. 2000), dass aber der Einfluss von Insekten im Laufe der Sukzession die Dominanzverhältnisse tiefgreifend verändern kann (SCHÄDLER et al. 1999). Von der Brachlegung landwirtschaftlicher Flächen erwartet sich der Arten- und Naturschutz vor allem eine Erholung der Bestände seltener Ackerunkräuter. Untersucht man aber die Häufigkeit der auf den Brachflächen von Bad Lauchstädt nachgewiesenen Arten mit der Häufigkeit der ostdeutschen Flora so ergibt sich, dass nahezu alle Arten relativ weit verbreitet sind (Abb. 4.6).

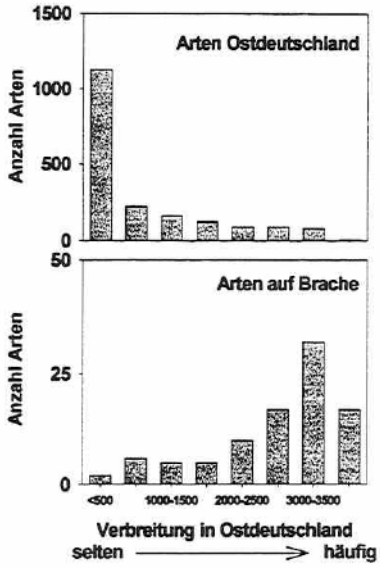

Abb. 4.6)
Vergleich der Häufigkeit der auf dem Versuchsflächen von Bad Lauchstädt in Laufe der fünf Jahre nachgewiesenen Arten mit der Häufigkeit aller anderen in Ostdeutschland vorkommenden Arten

Im Laufe der ersten fünf Jahre haben sich nicht allzuviele Arten eingestellt, die in Ostdeutschland eine eher eingeschränkte Verbreitung haben. Die Gründe dafür sind vielfältig. Zum einen fördert der hohe Stickstoffgehalt der Böden vor allem schnell wachsende Arten, zum anderen mögen auch geeignete Diasporenquellen fehlen (vgl. Kap. 3.2). In Abb. 4.6 wurde zudem die Häufigkeit einzelner Arten über ihre Gesamtverbreitung in Ostdeutschland abgeschätzt (BENKERT et al. 1996), was nicht unbedingt deren lokale Verbreitung widerspiegeln muss. Die Häufigkeit wurde über die Anzahl besetzter Raster ermittelt (vgl. Abb. 4.5). Man beachte, dass die meisten Arten auf den Versuchsflächen weit verbreitete Arten sind.

UFZ-Bericht

Einfluß der Landnutzung auf Landschaftshaushalt und Biodiversität in agrarisch dominierten Räumen

Heidrun Mühle (Hrsg.)

UFZ - Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH