Botanik und Naturschutz in Hessen **10**, 9-39, Frankfurt am Main 1998.

Ökologische Untersuchungen im Darmstadt-Dieburger Sandgebiet (Südhessen): Allgemeines und Ergebnisse zum Diasporen-Reservoir und -Niederschlag

Nicole Krolupper und Angelika Schwabe

Zusammenfassung: Im Darmstadt-Dieburger Sandgebiet wurden in den letzten Jahren Untersuchungen zur zönotischen Struktur der Vegetation, zu ausgewählten Tiergilden und ihren Konnexen mit der Vegetation sowie zum Nährstoffhaushalt durchgeführt. Ausgewählte Ergebnisse zum Diasporen-Reservoir und Diasporen-Niederschlag werden in dieser Arbeit dargestellt.

Es sollte geklärt werden, wie das Diasporen-Reservoir des Jurineo-Koelerietum glaucae, des Armerio-Festucetum trachyphyllae sowie verschiedener Pionierstadien zusammengesetzt ist und welche Sandrasen-Arten auch in ruderalisierten Stadien vertreten sind. Insgesamt konnten 16 Flächen von jeweils 25 m^2 Größe in 12 verschiedenen Sandgebieten untersucht werden, die 10 Vegetationstypen auf Assoziationsniveau zuzuordnen sind. Pro Untersuchungsfläche sind jeweils 100 standardisiert gewonnene Teilproben zu Mischproben vereinigt worden, die dann mit der Keimungsmethode analysiert wurden (getrennt für Oberboden: 1-6 cm und Unterboden: 11-16 cm, jeweils 88,6 cm^3 pro Bodenschicht und Untersuchungsfläche). Die Streuschicht mit dem ephemeren Diasporen-Niederschlag ist bei zwei Flächen untersucht worden (siehe Tabelle 7). Die Proben konnten über 14-15 Monate unter Freilandbedingungen gehalten, die auflaufenden Keimlinge dann bestimmt werden.

Insgesamt fanden sich im Diasporen-Reservoir 3009 Individuen im Oberboden und 220 im Unterboden, die 69 Taxa (zumeist Arten) angehören. Höhere Individuenzahlen erreichen *Arenaria serpyllifolia*, *Sedum acre*, *Potentilla argentea, Erodium cicutarium* und andere im Oberboden, *Chenopodium album* und andere im Unterboden. Im Unterboden sind auch *Corynephorus canescens* und *Ornithopus perpusillus* vertreten. 11 der Arten in der Diasporen-Bank sind in der Roten Liste von Hessen enthalten, hinzu kommen 4 Rote-Liste-Arten, die nur in der Streu vorhanden waren. Alle gefundenen Rote-Liste-Arten kommen in der aktuellen Vegetation vor. In keinem Falle konnten gefährdete Sandrasen-Arten zum Beispiel im Diasporen-Reservoir stärker ruderalisierter Flächen nachgewiesen werden, in denen diese Arten aktuell fehlen. Im Falle der Pionierfluren zeigte sich, daß das Diasporen-Reservoir eine wichtige Funktion für die Restitution der Flächen nach Störung hat.

Ferner wurde in vier Flächen mit Hilfe von pro Fläche 6 speziell konstruierten Trichterfallen auch der Diasporen-Niederschlag bestimmt. Es konnten hier 1105

Diasporen, die 21 Taxa (zumeist Arten) angehören, nachgewiesen werden, darunter viele Ruderalarten, insbesondere *Conyza canadensis*, aber auch Rote-Liste-Arten (*Euphorbia seguieriana, Jurinea cyanoides, Vicia lathyroides*).

Ecological Investigations in the Sandy Regions of Darmstadt-Dieburg (Southern Hesse): General Remarks and Data on Soil Seed Banks and Seed Rain

Summary: In the sandy regions of Darmstadt-Dieburg, studies on the coenotic structure of the vegetation, on selected animal guilds and their interrelations with the vegetation, and on the nutrient balance have been performed in recent years. Data on soil seed banks and seed rain are presented in this article.

The aim of the study was to determine the composition of the seed bank of the Jurineo-Koelerietum glaucae, of the Armerio-Festucetum trachyphyllae, and of several pioneer stages, and to find out which species of these vegetation types also occur in ruderalized stages. Altogether 16 plots (each of 25 m^2) in twelve different sandy regions were investigated, to which ten vegetation types can be assigned at an association level. Per investigation plot, 100 samples (obtained using one standardized procedure) were mixed and subsequently analysed by the germination method (separately for surface soil: 1-6 cm and subsoil: 11-16 cm, 88.6 cm^3 per soil stratum and investigation plot). The leaf litter stratum containing the ephemeral seed rain was studied in two plots. The samples were kept under field conditions for 14-15 months, the seedlings which developed could then be identified (germination method).

In the seed banks 3,009 individuals were present in the surface soil and 220 in the subsoil belonging to 69 taxa (usually species). In the surface soil, higher numbers of individuals were attained by *Arenaria serpyllifolia*, *Sedum acre*, *Potentilla argentea, Erodium cicutarium* etc., in the subsoil by *Chenopodium album* and others. In addition, *Corynephorus canescens* and *Ornithopus perpusillus* were present in the subsoil. Eleven of the species found in the seed banks are listed in the Red Data Book of Hesse. A further four Red Data Book species were detected in the leaf litter stratum. All Red Data Book species found occur in the actual vegetation too. In no case endangered species of sandy grassland were present in the seed banks of more ruderalized areas. For pioneer habitats it could be shown that the seed bank plays a part in the restitution of the areas after disturbance.

The seed rain was determined in four plots, using funnel traps specifically designed and constructed for this purpose (6 traps per site). The occurrence of 1,105 seeds belonging to 21 taxa (usually species) could be found, among them many ruderal species, particularly *Conyza canadensis*, as well as Red Data Book species (*Euphorbia seguieriana, Jurinea cyanoides, Vicia lathyroides*).

Prof. Dr. Angelika Schwabe (Korrespondenzadresse), Diplom-Biologin Nicole Krolupper, Technische Universität Darmstadt, Institut für Botanik (Geobotanik), Schnittspahnstraße 4, D-64287 Darmstadt

Inhaltsverzeichnis

1.	Einführung	11
2.	Bemerkungen zum Gesamtkonzept der ökologischen Untersuchungen im Darmstadt-Dieburger Sandgebiet	12
3.	Einführende Bemerkungen zum Diasporen-Reservoir	14
4.	Untersuchte Gebiete und Vegetationstypen	15
5.	Methoden: Untersuchung des Diasporen-Reservoirs und -Niederschlages in definierten Vegetationstypen	15
5.1.	Diasporen-Reservoir	15
5.2.	Diasporen-Niederschlag	17
5.3	Spezifizierung der gefundenen Taxa, Nomenklatur	18
6.	Ergebnisse und Diskussion	18
6.1.	Ergebnisse in den einzelnen Vegetationstypen/Flächen	18
6.1.1.	Ergebnisse in Beständen des Spergulo-Corynephoretum (Babenhausen und Naturdenkmal Apfeldüne, Flächen 1, 2, 3)	18
6.1.2.	Ergebnisse in Beständen des Armerio-Festucetum trachyphyllae (ehemaliger Euler-Flugplatz Griesheim, Naturschutzgebiet, Flächen 4, 5)	19
6.1.3.	Ergebnisse in Beständen des Jurineo-Koelerietum glaucae und in *Jurinea*-Beständen	19
6.1.4.	Ergebnisse in Beständen des Allio-Stipetum	20
6.1.5.	Ergebnisse in Beständen der *Sedum acre*-Gesellschaft (Seeheim-Jugenheim und Umgebung, Flächen 10, 11, 12)	21
6.1.6.	Ergebnisse in verschiedenen Ruderalstadien und in Dominanzbeständen aus Flächen, die benachbart zu intakten Sandrasen liegen	21
6.2.	Diasporen-Reservoir: Synopsis	23
6.3.	Ergebnisse zum Diasporen-Niederschlag	24
6.4.	Synopsis: Diasporen-Bank – Diasporen-Niederschlag – Restitution	25
7.	Literatur	26
8.	Tabellenanhang	29

1. Einführung

Die Frage nach der Bedeutung des generativen Diasporen-Reservoirs oder synonym der Diasporen-Bank (das heißt der ruhenden Samen und Früchte) für die Restitution von gefährdeten Vegetationseinheiten ist schon von verschiedenen Autoren bearbeitet worden. So liegen zum Beispiel Ergebnisse zu Niedermooren (Pfadenhauer & Maas 1987, Poschlod 1995), stehenden Gewässern (Poschlod & al. 1993) und Halbtrockenrasen (Poschlod 1993b, Poschlod & Jordan 1992) vor. Für subkontinentale Sandrasen in der pflanzengeographischen Grenzlage der nördlichen Oberrheinebene gibt es bisher kaum Untersuchungsergebnisse. Sautter (1994) führte Untersuchungen in den Sandhausener Dünen südlich von Heidelberg durch; seine Daten können für einen Vergleich herangezogen werden.

Zum Diasporen-Niederschlag gibt es unseres Wissens aus subkontinentalen Sandrasen des nördlichen Oberrheingebietes bisher keine Ergebnisse.

Folgende Fragen sollen anhand dieser Untersuchung beantwortet werden:

- Welche Arten der Sandtrockenrasen bauen eine längerlebige Diasporen-Bank auf, und wie ist deren vertikale Verteilung?

- Gibt es unter diesen gefährdete Arten?

- Welche Arten sind ausschließlich im Diasporen-Reservoir der Untersuchungsflächen vertreten?

- Besteht die Möglichkeit einer Restitution gefährdeter Pflanzengesellschaften durch das Diasporen-Reservoir?

- Wie beeinflußt der anemochore Eintrag von Diasporen die aktuelle Vegetation (Diasporen-Niederschlag)?

Das Ziel ist, den „status quo“ der Diasporen-Vergesellschaftung in intakten Sand-Lebensgemeinschaften zu kennen und ruderalisierte Bestände auf ihr Potential hin zu prüfen.

Besonders empfindlich sind diejenigen Arten gegenüber Eingriffen, die keine längerlebige Diasporen-Bank im Boden aufbauen. Welche das im Bereich der Sandflora sind, ist nur unzureichend bekannt. Die Ergebnisse von Sautter (1994) können hier zum Teil bestätigt, zum Teil aber auch modifiziert und ergänzt werden.

2. Bemerkungen zum Gesamtkonzept der ökologischen Untersuchungen im Darmstadt-Dieburger Sandgebiet

Seit dem Jahre 1994 führen wir unter dem Thema „Naturschutzbezogene Untersuchungen im Landkreis Darmstadt-Dieburg“ im Rahmen eines Kooperationsvertrages mit dem Landkreis Untersuchungen gefährdeter Sandökosysteme durch. Dabei wurde eine parzellenscharfe Feinkartierung schutzwürdiger Flächen jeweils auf einem mehrseitigen Erhebungsbogen weitgehend abgeschlossen, in die Datenbank „Access“ eingegeben und inzwischen in Zusammenarbeit mit dem Fachgebiet Geodäsie der Technischen Universität Darmstadt (Prof. Dr. Harald Schlemmer) digitalisiert und in das „Kommunale Geographische Informationssystem“ (KGIS) des Landkreises integriert. Darauf aufbauend sollen Daten für die Unterschutzstellung, die Pflege und die mögliche Restitution von Flächen ermittelt werden.

Inzwischen konnten Untersuchungen zur Pioniervegetation (Vormwald 1996), zur Bedeutung verschiedener Vegetationseinheiten und ihrer Struktur für Gilden unter den Tierarten (Heuschrecken: Zehm 1996, 1997, Wildbienen: Köhler 1996) und zur Eutrophierung und damit zur Schutzfähigkeit (Kappes 1996, Vormwald 1996, Storm & al. 1998,) abgeschlossen werden. Weitere Untersuchungen zum gesamten Vegetationsmosaik und zu biozönotischen Konnexen laufen noch (Kraft, Zehm, in Vorbereitung).

Die Feinkartierungen ermöglichten einen guten aktuellen Flächenüberblick; so konnten auch die Probeflächen für die Diasporen-Untersuchungen gezielt nach den oben formulierten Fragestellungen ausgewählt werden. Alle untersuchten Sandgebiete befinden sich naturräumlich im Gebiet „Pfungstadt-Griesheimer Sand“ und der „Seeheimer Rinne“ sowie in der Untermainebene im Gebiet „Hegbach-Apfelbach-Grund“ und „Dudenhofener Dünen- und Flugsandgebiet“ (nach Klausing 1988).

Es sollten sowohl basenreiche als auch basenarme Sande mit ihren serialen Einheiten (Pionierstadien und konsolidiertere Standorte) sowie ruderalisierten Stadien untersucht werden. Die Ergebnisse zur Strukturveränderung der Vegetation nach Ruderalisierung und die Auswirkung auf die Heuschrecken-Zönose sind von Zehm (1996, 1997) näher analysiert worden.

In der Tabelle 1 wird eine schematisierte Übersicht der wichtigsten Vegetationstypen auf Offenland-Standorten gegeben; die Untersuchungs-Schwerpunkte sind jeweils gesondert gekennzeichnet.

Der Reliktcharakter der Sandvegetation wird zum Teil kontrovers diskutiert und die Frage gestellt, ob es sich nicht wenigstens teilweise um Arten handeln könnte, die seit dem Neolithikum verschleppt wurden (siehe zum Beispiel Philippi 1971, Wilmanns 1997). Einige der gefährdeten Sippen sind nach den Ergebnissen der Feinkartierung in unserem Gebiet relativ ausbreitungsstark und vermögen auch neu entstandene Sandstandorte zumindest im Kontaktbereich von Altbeständen zu besiedeln. Dazu gehören zum Beispiel *Stipa capillata*, die auch in großen Populationen an Bahndämmen auftritt, ferner *Euphorbia seguieriana, Koeleria glauca* und *Helichrysum arenarium*. Die Besiedlung des ehemaligen Euler-Flugplatzes (Griesheim) durch *Stipa capillata* konnten wir in den letzten Jahren verfolgen. Bei diesen und anderen Arten wird deutlich, daß sie durch den Einfluß des Menschen ihr Areal ausweiten konnten, wenn auch bei den meisten dieser Taxa durchaus wahrscheinlich ist, daß sie seit dem Spätglazial/frühen Postglazial in unserem Gebiet immer vorhanden waren. Eine Mittelstellung nimmt *Stipa joannis* ein, die zwar im Prinzip an den zum Beispiel von Breyer (1996) dargestellten Flächen relativ ausbreitungsschwach ist; trotzdem finden sich sogar an einer Autobahnböschung Individuen, die über mehrere Jahre nachgewiesen werden konnten. Bei den sehr ausbreitungsschwachen Arten *Jurinea cyanoides* und *Kochia laniflora* (Kategorie 2 der Roten Liste Hessen 1996, nach unserer Auffassung inzwischen Kategorie 1, *Jurinea*: prioritäre Art der FFH-Richtlinie) dürfte der Reliktcharakter als weitgehend gesichert gelten. Diese Aussage bezieht sich nicht auf eine konkrete Stelle, sondern auf dynamische, kleinräumig offenbar immer dagewesene Dünensysteme. Die Hypothese wird unter anderem dadurch gestützt, daß auch das Studium der Blütenbesucher ausbreitungsschwache Relikt-Gemeinschaften belegt. Die von A. & R. Dreßler (1992) „wiederentdeckte“ Steppenbiene *Nomioides minutissimus*, die zum Beispiel im Gebiet des Naturschutzgebiets Eberstädter Düne, aber auch auf dem ehemaligen Euler-Fluglatz (Naturschutzgebiet), Griesheim, auftritt, ist mit Sicherheit eine solche Reliktsippe (siehe auch Westrich 1989), wenn ihr Vorkommen auch keinesfalls den Reliktcharakter einer bestimmten Lokalität belegt.

Im Mosaik der Sandvegetation kann *Nomioides minutissimus* sogar durch Störungen gefördert werden. So legten wir im Jahre 1995 auf dem ehemaligen Euler-Flugplatz Kaninchen-Ausschlußflächen an. In den Randbereichen wurde durch das Eingraben des Zaunes ein Bestand der *Salsola kali subsp. ruthenica*-Gesellschaft gefördert. Hier fanden

sich im nächsten Jahr mehrere *Nomioides*-Individuen, die an *Salsola* auch Pollen sammelten. Ferner ist aus unserem Gebiet Blütenbesuch unter anderem an *Thymus serpyllum* und *Echium vulgare* bekannt (A. & R. Dreßler 1992, Köhler 1996).

Auch die Sandbiene *Andrena argentata*, von Köhler (1996) im Naturdenkmal Bic??kenbacher Düne beim Blütenbesuch an *Helianthemum nummularium* gefunden, ist eine solche psammophile Art, die mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Reliktsippe darstellt.

3. Einführende Bemerkungen zum Diasporen-Reservoir

Das Diasporen-Reservoir (= Diasporen-Bank) von Pflanzengesellschaften kann grundsätzlich in zwei Hauptgruppen unterteilt werden:

I - in eine kurzfristige, temporäre „Bank“ („transient seed bank“), wobei der Diasporen-Vorrat maximal ein Jahr lang im Boden keimfähig bleibt, und

II - in eine dauerhafte, permanente Bank („persistent seed bank“), in der die Diasporen über längere Zeiträume lebensfähig konserviert werden und sich über Jahre hinaus im Boden ansammeln können.

Als Untertypen von I lassen sich weiterhin nach Thompson & Grime (1979) differenzieren:

-- a) temporäre „Bank“ mit keimfähigen Samen nur im Sommer

-- b) temporäre Bank mit keimfähigen Samen nur im Winter.

Da wir unsere Proben im März nach Auflaufen der Frühjahrstherophyten und vor ihrer Fruchtperiode genommen haben und die Streu besonders behandelten, erfaßten wir vor allem Arten der Diasporen-Bank im engeren Sinn.

Die Unterteilung der längerlebigen Diasporen-Bank in Untertypen war nicht möglich. Es handelt sich hier offenbar auch nicht immer um stabile Merkmale, denn eine Art kann je nach Lokalität und Zeit in manchen Fällen verschiedenen Untertypen angehören (siehe dazu Thompson & al. 1997).

Poschlod & Jackel (1993) kombinieren, modifiziert nach Thompson & Grime (1979), Merkmale der Diasporen-Verteilung im Boden mit der Dauer der Keimfähigkeit. Der Typ Ia ist nur in der Streuschicht zu finden, ein Typ IIa/b wird nach der Präsenz in der unteren Bodenschicht unterschieden. Bei IIb (sehr langlebige Banken) sind genauso viele Diasporen in der unteren wie in der oberen Bodenschicht; diesem Typ gehört keine Art der von uns untersuchten Bestände an.

Weitere Untersuchungen werden es ermöglichen, auch Aussagen über die saisonale Dynamik zu machen (Kraft, in Vorbereitung).

Seit kurzer Zeit liegt das synoptische Werk von Thompson & al. (1997) für das westliche Europa vor mit einem allgemeinen Teil und einer Zusammenstellung der bisherigen Daten zum Diasporen-Reservoir von gut 1000 Taxa; es schließt die nördliche

Oberrheinebene ein. Von verschiedenen Arten, die in unserer Arbeit nachgewiesen wurden, existieren bisher keine Angaben.

4. Untersuchte Gebiete und Vegetationstypen

In der Tabelle 2 sind die Untersuchungsgebiete zusammengestellt; die Tabelle 3 faßt Belegaufnahmen der untersuchten Vegetationstypen zusammen. Einige ruderalisierte Bestände sind in dieser Tabelle nicht enthalten; Belegaufnahmen finden sich im Kapitel 6.1.6. in den Text eingefügt.

Alle Untersuchungsflächen wiesen eine Größe von 25 m² auf, wurden nach der Homogenität der vorhandenen Pflanzengesellschaften gesellschaftsspezifisch ausgewählt und mittels der verfeinerten Braun-Blanquet-Skala (nach Barkman & al. 1964) pflanzensoziologisch aufgenommen. Es ist jeweils eine Aufnahme im Jahre 1995 auf der Diasporen-Fläche angefertigt worden und im Jahre 1996 ebenfalls. Zusätzlich sind – wenn das möglich war – jeweils zwei direkt danebenliegende Vergleichsflächen erfaßt worden, wiederum für die Jahre 1995 und 1996. Ferner liegen jeweils Mikrokartierungen zur direkten Umgebung der Flächen vor (Krolupper 1997). Die Vegetationsaufnahmen 1995/1996 unterschieden sich kaum; wir geben daher aus Platzgründen nur die Daten aus dem Jahre 1996, in wenigen Fällen auch aus dem Jahre 1995, wieder. Wir haben keine Indizien dafür, daß sich die sehr vorsichtig mit dem Spezialbohrer durchgeführte Probenentnahme im März 1995 auf die floristische Zusammensetzung ausgewirkt hat. Die Flächenzahl ohne Zusatz bezeichnet jeweils die Untersuchungsfläche für die Diasporen, a und b die Vergleichsflächen (wenn es möglich war, solche anzulegen). Die vorhandenen Vegetationstypen werden im Zusammenhang mit den Diasporen-Ergebnissen im Kapitel 6 kurz erläutert (siehe auch Tabelle 1).

5. Methoden: Untersuchung des Diasporen-Reservoirs und -Niederschlages in definierten Vegetationstypen

5.1. Diasporen-Reservoir

In dieser Untersuchung wurde mit der Keimungsmethode gearbeitet, bei der die Keimlinge in den exponierten Bodenpoben bestimmt und gezählt werden. Wegen der größeren Genauigkeit wurde diese Methode der Extraktion mit anschließendem Keimfähigkeitstest vorgezogen. Thompson & al. (1997) stellen fest, daß die Extraktionsmethoden sehr zeitaufwendig und zum Teil nicht genau genug (zum Beispiel Bestimmung auf Artniveau) sind.

Fast alle Autoren betonen, daß die Beobachtung einer großen Zahl kleiner Proben anzustreben ist, damit geklumpte Verteilungen von Diasporen im Boden nicht zu fal-

schen Ergebnissen führen (Roberts 1981, Thompson 1986, Thompson & al. 1997, Urbanska 1992).

Die Bodenproben-Entnahmen für die Diasporenbank-Untersuchung fanden im März 1995 statt (Ausnahme Fläche 7: März 1996; diese wurde dann aber noch bis August 1997 beobachtet). Die temporäre Diasporen-Bank im engeren Sinn blieb durch die Wahl dieses Zeitpunktes unberücksichtigt (vergleiche zum Beispiel Fischer 1987, Poschlod 1991 und Thompson 1986). Ein aktueller Diasporen-Eintrag ist im März auf Sandrasen-Standorten nicht zu erwarten, eine Kältestratifikation bereits unter natürlichen Bedingungen eingetreten.

Für die Probenahme ist eine von der aktuellen Vegetation her quasi-homogene 25-m^2-Fläche jeweils in 25 große Rasterflächen (je 1 m^2) und diese wiederum in 100 jeweils 10 × 10 cm-Raster unterteilt worden. Die genaue Lokalisierung der Bodenentnahme folgte, jeweils bezogen auf 1 m^2, in 4 verschiedenen 10 × 10 cm-Flächen nach dem Zufallsprinzip; insgesamt erfolgten dann 100 einzelne Probenahmen. Es wurde so eine systematische mit einer Zufalls-Auswahl verknüpft. Das von Christian Storm (Darmstadt) konzipierte Verfahren wird an anderer Stelle noch genauer in einer methodischen Vergleichsarbeit dargestellt.

Die Bodenproben wurden mit einem Spezialbohrer der Firma Eijkelkamp (Durchmesser von 4,75 cm und Oberfläche mit 17,72 cm^2) gezogen. Der Bohrer ist auf der Innenseite mit einer herausnehmbaren Folie ausgekleidet, um die Bodenproben aus definierten Horizonten gewinnen und entnehmen zu können.

Für die Untersuchung des Diasporen-Reservoirs wurden die Bodenschichten 1-6 cm (Oberboden, ohne Streu) und 11-16 cm (Unterboden) verwendet. Eine Probe umfaßt demnach ein Volumen von 88,6 cm^3. Das Gesamtvolumen pro Bezugsfläche und Horizont betrug 8.860 cm^3. In der Tabelle 4 werden untersuchte Bodenvolumina und Größen der jeweiligen Bezugsflächen für verschiedene Untersuchungen zusammengestellt. Eine Standardisierung wäre dringend notwendig.

Im Allio-Stipetum des Naturdenkmals Bickenbacher Düne und am Bahndamm bei Pfungstadt (Flächen 7, 9) konnte auch die Streuschicht analysiert werden (Tabelle 7).

Zur Bearbeitung der Proben wurden jeweils zehn zu einer Mischprobe vereinigt und in Kunststoffschalen (22 × 14,5 cm) gegeben. Anschließend trockneten die Proben mehrere Wochen in einem geschlossenem Raum, um das Austreiben vegetativer Pflanzenteile zu unterbinden (siehe zum Beispiel auch Schwabe 1991, Schwabe & Kratochwil 1995). Größere Pflanzenteile wurden mit einem Sieb (5 mm Maschenweite) ausgelesen. Dieses Verfahren könnte zu einer abermaligen Dormanz führen; in der Literatur wird jedoch angegeben, daß Rücktrocknung von stratifiziertem, noch ungekeimten Saatgut gewöhnlich keine erneute Dormanz zur Folge hat. Bei *Arabidopsis thaliana* ist nachgewiesen, daß auch Pflanzen mit erneuter Dormanz nochmals stratifiziert werden können (siehe dazu zum Beispiel Napp-Zinn 1961). Die physiologischen Prozesse, die beteiligt sind, wurden bisher kaum aufgeschlüsselt (Schopfer 1989); siehe dazu auch die Diskussion bei Sautter (1994). Wir erzielten, verglichen mit anderen Sandgebieten (zum Beispiel Sautter 1994), mit der hier angewendeten Methode keine niedrigeren Keimlingszahlen.

Eine Konzentrierung der Samen durch Auswaschen der Erde mit verschiedenen Sieben und anschließende Keimversuche (Ter Heerdt & al. 1996, Thompson & al. 1997) wurde nicht durchgeführt, da mit der hier angewendeten Methode bereits gute Erfah-

rungen vorlagen (Schwabe & Kratochwil 1995). Die Methode der Konzentrierung von Diasporen soll aber in weiteren Arbeiten getestet werden.

Die Exposition erfolgte unter Quasi-Freilandbedingungen im Botanischen Garten der Technischen Universität. Dabei wurden die auf großen Podesten stehenden Keimkästen durch ein Dach vor Regen geschützt und mit einer Gaze bedeckt, um die Proben von Diasporen-Einträgen frei zu halten. Um einen Eintrag von Diasporen völlig ausschließen zu können, wurden zur Kontrolle Blindschalen mit sterilisierter Erde zwischen die Versuchsreihen gestellt. Zum Schutz vor Ameisen wurden die Tischbeine der Anlage in Wassereimer gestellt. Gelbtafeln sollten vor Trauermücken (*Lycoriidae*) und anderen Schadinsekten schützen.

Beendet wurde die Untersuchung am 13. 8. 1996, bei später gezogenen Proben am 7. 8. 1997. Die Expositionsdauer lag bei 14-15 Monaten. Um gute Keimungsquoten zu erzielen, mußte der Boden während der gesamten Zeit feucht gehalten und mehrmals im Jahr gekrümelt werden. Die Keimlinge wurden bestimmt, gezählt und dann entfernt, um Konkurrenz zu minimieren (vergleiche Fischer 1987, Schwabe 1991, Poschlod 1993a; Bestimmung nach Csapody 1968, Muller 1978). Zur Dokumentation ist ein Keimlings-Herbarium angelegt worden.

5.2. Diasporen-Niederschlag

Zur Untersuchung des Eintrages von Diasporen auf den Untersuchungsflächen wurden auf vier ausgewählten Flächen jeweils 6 Diasporen-Fallen aufgestellt; dabei war unser Ziel, den Diasporen-Influx zu untersuchen, dem die jeweilige Pflanzengesellschaft in einer bestimmten Höhe ausgesetzt ist.

Bei den Fallen handelte es sich um Trockenfallen, die mit einem trichterförmigen Behälter ausgestattet waren, der auf einer Höhe von 90 cm über dem Pflanzenbestand befestigt wurde. Ein Diasporen-Eintrag aus dem Pflanzenbestand der Untersuchungsflächen selbst konnte auf diese Weise minimiert werden.

Im Trichter befand sich ein Gazesäckchen zum Auffangen der Diasporen. Zur Schimmelvermeidung wurden Belüftungslöcher in das PVC-Standrohr gebohrt (in Anlehnung an Goetze 1995, Kollmann & Goetze 1997; siehe dort auch eine Abbildung des Fallentyps).

Die Anzahl der eingefangenen Evertebraten konnte durch einen grünen Anstrich der Trichter gering gehalten werden. Außerdem wurden die Fallen randlich durch Draht vor gezielt durch Vögel verursachtem Diasporen-Eintrag geschützt, da anderenfalls die Trichter Attraktoren darstellen würden. Belege für Samenverzehr in den Trichtern/Gazesäckchen haben wir nicht.

Die effektive Fangfläche/Untersuchungsfläche beträgt 2493 cm² und entspricht der Empfehlung von Fischer (1987) für Grünlandbestände.

Der Untersuchungszeitraum reichte von April 1996 bis einschließlich Oktober 1996. Die Fallen wurden jeweils am Monatsende geleert und nach einer speziell angelegten Vergleichssammlung, Beijerinck (1976), Bertsch (1941), Brouwer & Stählin (1955) und Kiffmann (1986 & 1991) bestimmt.

5.3. Spezifizierung der gefundenen Taxa, Nomenklatur

In den meisten Fällen war eine Bestimmung bis zur Art möglich. Dies gelang nicht bei einigen *Verbascum*-Individuen im Rosettenstadium, bei verschiedenen *Veronica*- und *Cerastium*-Keimlingen und anderen, die sich nicht weiterentwickelten.

Dem *Festuca ovina*-Aggregat konnte in dieser Arbeit aus Zeitgründen keine besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden, insbesondere gelang in der Regel keine Differenzierung der *Festuca*-Sippen bei den Keimlingen.

Bei den Zählungen sind Gattungs-Zuweisungen als eine Sippe gezählt worden; wenn zudem spezifizierte Arten auftreten, bedeutet das: die Art zum Beispiel *Veronica arvensis* wurde eindeutig bestimmt, bei *Veronica* species handelt es sich um eine oder mehrere andere Arten.

Das *Rumex acetosella*-Aggregat ist nach den Ergebnissen der Arbeit von Lohwasser (1997) zusammengefaßt worden.

Die Nomenklatur der Gefäßpflanzen richtet sich nach Buttler & Schippmann (1993), die der Moose nach Frahm & Frey (1992).

6. Ergebnisse und Diskussion

6.1. Ergebnisse in den einzelnen Vegetationstypen/Flächen (siehe dazu Tabelle 5)

6.1.1. Ergebnisse in Beständen des Spergulo-Corynephoretum (Babenhausen und Naturdenkmal Apfeldüne, Flächen 1, 2, 3)

Bei den wenig ruderalisierten Silbergrasfluren (Fläche 1, Fläche 3) ist das Diasporen-Reservoir sehr artenarm (4 bis 7 Arten); es sind jedoch einige bezeichnende Arten (*Corynephorus, Ornithopus perpusillus*) auch im Unterboden vertreten. Die kaum ruderalisierten Silbergrasfluren haben nur geringe Diasporen-Werte im Unterboden (11-34/m^2), die stärker ruderalisierte Fläche 2 weist Werte von 102 Diasporen/m^2 auf. Sehr bemerkenswert ist das Auftreten der stark gefährdeten Art *Mibora minima* (Kategorie 2 der Roten Liste Hessen, Buttler & al. 1997) sowohl im Ober- als auch im Unterboden. Bei den Silbergrasfluren hat das Diasporen-Reservoir auch des Unterbodens mit Sicherheit eine große Bedeutung für die Re-Etablierung der Gesellschaften nach Störung. Durch Aufreißen der Vegetationsdecke können dort, wo vor kurzer Zeit Silbergrasfluren waren, diese für wenige Jahre restituiert werden. Dies zeigte sich am Flugplatz von Babenhausen; hier wurden auch Mikrokartierungen in einem von Kettenfahrzeugen befahrenen Gelände durchgeführt (Vormwald 1996, Krolupper 1997). Inzwischen (August 1997) hat sich die Vegetation wieder verdichtet und *Poa angustifolia* dringt ein; eine Restitution wäre im Moment noch möglich und ist mit der Unteren Naturschutzbehörde und dem amerikanischen „Base Support Bataillon“, Darmstadt, besprochen worden.

Spergula morisonii ist im schon subkontinental geprägten Untersuchungsgebiet sehr selten (aktuelle Fundpunkte zum Beispiel im Bereich der Stadt Darmstadt sind uns aber bekannt, siehe auch Jung 1992); in den untersuchten Flächen kommt die Art weder aktuell noch im Diasporen-Reservoir vor.

6.1.2. Ergebnisse in Beständen des Armerio-Festucetum trachyphyllae (ehemaliger Euler-Flugplatz Griesheim, Naturschutzgebiet, Flächen 4, 5)

Beide Flächen haben eine vergleichbar hohe Artenzahl (18 beziehungsweise 21) und enthalten im Diasporen-Reservoir Arten der Sand-Pionierfluren und Sandrasen (*Potentilla argentea*, *Saxifraga tridactylites*, *Medicago minima*, *Koeleria cristata*, *Vicia lathyroides*); *Armeria elongata* ist nicht vertreten. Ruderalarten haben in der stärker ruderalisierten Fläche 5 eine größere Bedeutung auch im Unterboden (*Chenopodium album*, *Salsola kali subsp. ruthenica* und andere). Die Menge der Diasporen pro m² erreicht auf beiden Flächen eine ähnliche Größe (2528/m² und 2246/m² im Oberboden). Bezeichnenderweise sind die Werte im Unterboden auf der ruderalisierten Fläche höher (248 gegenüber 85/m²). Obwohl Corynephoreten die Pionierstadien des Armerio-Festucetum-Vegetationskomplexes aufbauen, konnten in den konsolidierten Grasnelkenrasen keine Diasporen von *Corynephorus* gefunden werden. Die Lebensdauer der *Corynephorus*-Karyopsen ist wahrscheinlich relativ kurz; bisher konnte eine Lebensdauer um 2 Jahre nachgewiesen werden (Thompson & al. 1997). Andere Arten der Pionierfluren sind jedoch reichlich, zum Teil ausschließlich in der Diasporen-Bank vertreten (zum Beispiel *Sedum acre*, *Saxifraga tridactylites*).

6.1.3. Ergebnisse in Beständen des Jurinea-Koelerietum glaucae und in *Jurinea*-Beständen

<u>*Jurinea cyanoides*-Dominanzbestand (Weißer Berg bei Pfungstadt, Fläche 6)</u>
Ein *Jurinea cyanoides*-Dominanzbestand, der aber keine vollständige phytocoenotische Struktur aufweist, und daher eher als Fragment einzustufen ist (siehe Tabelle 3), zeigt im Diasporen-Reservoir keinerlei Arten dieser Gesellschaft; die Diasporen-Bank mit 4 Arten weist nur Pionier-/Ruderalarten auf. Die Struktur des Diasporen-Reservoirs läßt Zweifel an der bisherigen längerfristigen Existenz einer *Jurinea*-reichen Phytocoenose an dieser Stelle aufkommen. Möglicherweise handelt es sich sogar um eine erfolgreiche anthropogene „Etablierung".

Die Blütenbesucher-Untersuchungen von Köhler (1996) wiesen für diese Stelle eine Vielzahl von Hummeln (Gattung *Bombus*) und Schmarotzerhummeln (Gattung *Psithyrus*) sowie Stengelnister nach, die *Jurinea* zum Teil mitgenutzt haben, jedoch keine sehr spezifische Blütenbesucherfauna dieser Art sind.

Übergangstyp Jurineo-Koelerietum/Allio-Stipetum (Naturdenkmal Bickenbacher Düne, Fläche 7)
Das Diasporen-Reservoir ist mit 13 Arten artenreicher als bei der Fläche 6, wenn auch deutlich ärmer als im humusreichen Armerio-Festucetum. Neben Pionierarten treten als Rote-Liste-Arten *Alyssum montanum subsp. gmelinii, Silene otites* und *Poa badensis* auf (alle Kategorie 2 in Hessen). Sautter (1994) konnte bei seinen Untersuchungen die aktuell vorkommenden Arten *Euphorbia seguieriana* und *Silene otites* nicht in der Diasporen-Bank nachweisen (*Alyssum montanum subsp. gmelinii* und *Poa badensis* kommen nicht vor).

In der Streuschicht, die in diesem Falle untersucht wurde, sind eine Reihe von Arten des Jurineo-Koelerietum vorhanden, unter anderem die lokal bezeichnende, hochgradig gefährdete Art *Fumana procumbens* sowie *Koeleria glauca, Scabiosa canescens* und weitere. Die benachbart wachsende, hochgradig gefährdete *Jurinea cyanoides* konnte nicht nachgewiesen werden; sie ist jedoch im Diasporen-Niederschlag (siehe unten) vertreten.

6.1.4. Ergebnisse in Beständen des Allio-Stipetum

Gebietstypisches Allio-Stipetum (Bickenbach/Autoübungsplatz, Teil des Naturschutzgebiets Kalksand-Kiefernwald, Fläche 8)
Dieses Gebiet liegt am Rande eines schütteren Kiefernbestandes und erfährt eine stete Zufuhr von basenreichem Sand durch Sandwolken, die bei Begehen eines Sandweges und bei Befahren des vorgelagerten Sandsträßchens, das zu einem Autoübungsplatz führt, entstehen. Die Stelle liegt so windexponiert, daß auch durch Winde eine oberflächliche Versauerung verhindert wird. Es handelt sich um ein für subkontinentale Sandstandorte typisch aufgebautes Allio-Stipetum unter anderem mit *Scabiosa canescens*, mit hohen pH-Werten. 13 Arten bauen die Diasporen-Bank auf, darunter neben Pionierarten auch *Silene otites* und *Festuca ovina* s. l.; Ruderalarten haben geringe Bedeutung.

Allio-Stipetum, fragmentarisch, auf einem ausgeprägten Sekundärstandort, ruderalisiert (Bahndamm Pfungstadt, Fläche 9)
Die erste Versuchsreihe dieser Fläche mit sehr kleinen, nicht gemischten Proben, wurde wegen der schlechten Keimungserfolge abgebrochen. Die erneut im März 1996 gezogenen Proben konnten dann bis Anfang August 1997, also wiederum nach ca. 15 Monaten, beobachtet werden. Erstaunlicherweise finden sich an der Intercity- und ICE-Trasse größere Bestände von *Stipa capillata,* die zusammen mit wenigen Arten der Sandfluren und Ruderalarten ein fragmentarisches Allio-Stipetum aufbauen. Reliktarten finden sich nicht in diesen Beständen, jedoch relativ viele Ruderalarten. Die von Köhler (1996) randlich dieser Fläche untersuchte Blütenbesucher-Gemeinschaft (Wildbienen) weist ebenfalls keine Reliktarten auf, aber durchaus seltene Arten wie den Compositen-Spezialisten *Colletes fodiens* an *Helichrysum arenarium* in höheren Individuenzahlen.

Die relativ rasche Etablierung von *Stipa capillata* an Sekundärstandorten in klimatisch und edaphisch optimalen Gebieten ist verschiedentlich auch aus anderen Gebieten belegt worden (zum Beispiel von Rychnovská & Ulehovsá 1975, Partzsch & Mahn 1997,).

6.1.5. Ergebnisse in Beständen der *Sedum acre*-Gesellschaft (Seeheim-Jugenheim und Umgebung, Flächen 10, 11, 12)

Es handelt sich hier mit großer Wahrscheinlichkeit jeweils um ehemalige Ackerstandorte. Sowohl auf saurem als auch auf basenreicherem Substrat bildet *Sedum acre* Pionierstadien auf solchen lückigen ehemaligen Ackerflächen und ist selbst auch im Diasporen-Reservoir mit höheren Individuenzahlen vertreten. Entsprechende Flächen gibt es zum Beispiel auch auf Brachäckern in unmittelbarer Nähe des Naturschutzgebiets Mainzer Sand II. In den drei Flächen wurde als gefährdete Art im Diasporen-Reservoir *Medicago minima* nachgewiesen. Die Zahl der im Reservoir erfaßten Taxa ist mit 15 in der am stärksten ruderalisierten Fläche am höchsten. Eine Restitution der Bestände auch über das Diasporen-Reservoir ist somit gegeben.

Im Gebiet Eisengrube wurde durch Vormwald (1996) im Jahre 1995 eine experimentelle Störung durch leichtes Grubbern der Bodenoberfläche erzeugt. Dies führte im Jahre 1996 zu einem starken Auflaufen von *Petrorhagia prolifera*-Keimlingen, deren Samen jedoch dem Diasporen-Niederschlag der benachbarten Individuen und nicht dem Diasporen-Reservoir entstammten.

6.1.6. Ergebnisse in verschiedenen Ruderalstadien und in Dominanzbeständen aus Flächen, die benachbart zu intakten Sandrasen liegen

Fläche R1: Tanaceto-Artemisietum: benachbart dem Spergulo-Corynephoretum mit *Mibora minima*, Apfeldüne nahe Fläche 1

Das Diasporen-Reservoir wird durch *Tanacetum vulgare* bestimmt; an Sandarten treten *Myosotis ramosissima, Trifolium arvense* und eingeschränkt auch *Sedum acre* auf. Die Artenzahl ist mit 19 relativ hoch. Durch eine Störung der Vegetationsdecke ließe sich an dieser Stelle aus dem Diasporen-Reservoir keine Silbergrasflur restituieren.

Belegaufnahme aktuelle Vegetation (21 Taxa, Dominanzbildner fett): Achillea millefolium 1.1, Agrostis capillaris 2m.1, Arrhenatherum elatius 1.1, Calamagrostis epigejos 2m.2, **Tanacetum vulgare** 4.5., Cirsium arvense +, Clematis vitalba 2m.2, Convolvulus arvensis 1.1, Dactylis glomerata 2m.2, Hypericum perforatum 2m.1, Myosotis arvensis 1.2, Pimpinella saxifraga +, Poa angustifolia 2m.2, Quercus robur juv. +, Cytisus scoparius juv. +, Valerianella species 2a.2, Veronica arvensis 2m.1, Vicia hirsuta 1.1, Viola tricolor 2m.2, Moose: Hypnum cupressiforme s. l. 2b, Rhizomnium punctatum 2b.

Fläche R2: *Calamagrostis epigejos*-Dominanzbestand, nahe der Fläche 2 im Industriegebiet von Babenhausen

Auch hier ist die Diasporen-Bank relativ artenreich (22 Arten); es treten als Arten der Pionierfluren *Erophila verna, Trifolium arvense* und *Ornithopus perpusillus* auf; *Calamagrostis epigejos* fehlt, Ruderalarten dominieren. Auch hier wäre die Restitution einer Silbergrasflur nur aus dem Diasporen-Reservoir nicht möglich.

Belegaufnahme (18 Taxa, Dominanzbildner fett): **Calamagrostis epigejos** 5.5, Carex spicata 2m.1, Tanacetum vulgare +, Convolvulus arvensis 1.1, Conyza canadensis 1.1, Euphorbia cyparissias 1.1, Hypericum perforatum 1.1, Hypochaeris radicata 1.1, Jasione montana +, Myosotis ramosissima 1.1, Plantago lanceolata 1.1, Poa pratensis 2m.2, Verbascum species +, Veronica arvensis 1.1, Vicia angustifolia 1.1, Vicia hirsuta +, Viola tricolor 1.1, Moos: Brachythecium rutabulum 2a .

Fläche R3: fragmentarischer Sandrasen mit *Euphorbia seguieriana*, nahe „Eisengrube" bei Seeheim und Naturdenkmal Bickenbacher Düne

Die Fläche lag in den Jahren 1995/1996 randlich von einer Materialdeponie und von Acker-Standorten, eventuell wäre dies eine potentielle Fläche zur Ausweitung des Naturdenkmals Bickenbacher Düne gewesen. Inzwischen ist jedoch die Fläche in die Materialdeponie einbezogen und zerstört worden.

Auch in der Diasporen-Bank konnte *Euphorbia seguieriana* nachgewiesen werden (Unterboden), doch überwogen Elemente der Ackerunkraut-Fluren und der Ruderalstandorte (*Apera spica-venti, Chenopodium album* und andere). Eine Abschiebung des Oberbodens könnte die Entwicklung von *Euphorbia seguieriana* fördern.

Belegaufnahme (28 Taxa): Arabidopsis thaliana +, Arenaria serpyllifolia 2m.2, Artemisia campestris 2m.2, Asparagus officinalis +, Bromus hordeaceus 1.2, Bromus tectorum 2m.2, Centaurea stoebe +, Cerastium species 1.1, Cerastium semidecandrum 2a.2, Crepis tectorum 2m.1, Conyza canadensis 2a. 1, Elymus repens 2m.2, Erodium cicutarium 1.1, Erophila verna 2m.2, Euphorbia seguieriana 2m.2, Geranium molle 1.1, Medicago minima 1.2, Silene latifolia subsp. alba 2m.2, Petrorhagia prolifera 2m.1, Oenothera biennis 1.1, Poa angustifolia 2m.2, Sedum acre 2m.2, Senecio vernalis +, Trifolium arvense 1.2, Veronica arvensis 1.1, Vicia lathyroides 1.2, Vicia villosa 1.2, Moos: Brachythecium albicans 3.

Fläche R4: Fragmentarischer Sandrasen, Schneise an der Gasleitung, randlich Naturdenkmal Bickenbach

Diese Fläche wurde randlich des Naturdenkmals Bickenbach angelegt, einer Fläche, die inzwischen keinen hohen Schutzwert mehr besitzt. Sie befindet sich im Bereich der neu geschaffenen Schneise für die Gasleitung. Es sollte ermittelt werden, ob hier zum Beispiel durch eine Aktivierung der Diasporen-Bank die bisher für den Naturschutz recht ungünstige Situation verbessert werden könnte; hohe Werte von Neophyten wie *Oenothera biennis* und *Conyza canadensis*, dazu das Fehlen spezifischer Sandarten erbrachten jedoch ein negatives Ergebnis.

Belegaufnahme (19 Taxa): Arenaria serpyllifolia 2m.1, Arabidopsis thaliana 1.1, Bromus tectorum 2b.2, Cardamine hirsuta 1.1, Conyza canadensis 2m.1, Cerastium semidecandrum 2m.1, Cynodon dactylon 1.2, Erophila verna 1.1, Euphorbia cyparissias 2m.1, Festuca ovina s. l. 1.1, Helianthemum nummularium 1.1, Myosotis stricta 1.2, Oenothera biennis 2m.1, Potentilla verna s. l. +, Rubus caesius +, Saxifraga tridactylites 1.1, Verbascum lychnitis +, Verbascum species +, Moos: Hypnum cupressiforme s. l. 2b.

6.2. Diasporen-Reservoir: Synopsis

In der Tabelle 5 sind alle Angaben zur Diasporen-Bank der Sandrasen-Flächen 1-12 und der Ruderalflächen R1-R4 zuammengestellt.

Insgesamt keimten in den Proben (ohne Streu) 3009 Individuen, die 69 Taxa (zumeist Arten) angehören (Individuen der Flächen 1-12, R1-R4). 25 davon keimten im ersten Jahr, weitere erst nach der Kältestratifikation im darauffolgenden Winter. Dies ist in der Tabelle 5 gekennzeichnet worden.

Eine synoptische Zusammenstellung der Arten mit den meisten Keimlingen (Tabelle 6) getrennt nach Oberboden und Unterboden weist den Arten *Arenaria serpyllifolia, Sedum acre* die Spitzenposition im Oberboden, *Chenopodium album* und *Arenaria* im Unterboden zu. *Arenaria, Chenopodium, Agrostis capillaris, Rumex acetosella* sind auch in den „Top 100" (nach Zahl der Fundpunkte) von Thompson & al. (1997) enthalten, alle anderen der Tabelle 6 nicht. Dies weist darauf hin, daß die hier untersuchten Sandstandorte durchaus einen hohen Grad an Spezifität im Diasporen-Reservoir aufweisen. Lediglich das extrem langlebige *Chenopodium album* (nachgewiesenes Höchstalter der keimfähigen Samen > 660 Jahre, siehe Tabelle 5) scheint vollkommen unspezifisch in praktisch allen Diasporen-Banken aufzutreten. In keiner der Flächen kam *Chenopodium album* in der aktuellen Vegetation vor; auch die Pionierart *Erodium cicutarium* war vielfach in der Diasporen-Bank vertreten und fehlte in der aktuellen Vegetation.

Die hohe Spezifität der Diasporen-Bank, unter anderem auch durch das Vorkommen von „Rote-Liste-Arten" grenzt die hier untersuchten subkontinentalen Sandstandorte von verschiedensten Grasland-Typen Europas ab. Nach einer Auswertung von Bekker & al. (1997), die verschiedene Grasland-Typen in Europa verglichen, werden die Diasporen-Banken hier jeweils durch Arten geprägt, die mittlere Nährstoffverhältnisse anzeigen. Magerkeitszeiger traten nur sehr selten auf; diese dominieren jedoch bei den von uns untersuchten Standorten.

Hohe Übereinstimmungen in den Diasporen-Banken zeigten sich bei Flächen, die weitgehend derselben Pflanzengesellschaft zuzuordnen sind und dieselbe Nutzungsgeschichte haben. Dies trifft zum Beispiel für die Bestände des Armerio-Festucetum auf dem ehemaligen Euler-Flugplatz zu (Flächen 4, 5) und die Flächen der *Sedum acre*-Gesellschaft bei Malchen (Flächen 11, 12). Diese Übereinstimmungen in der Zusammensetzung der Diasporen-Banken belegen auch die wahrscheinlich repräsentative Erfassung bei unserer Art der Probe-Entnahme.

Auffällig ist, daß die stärker ruderalisierten Sandrasen höhere Diasporen-Werte im Unterboden haben (insbesondere die Flächen 2 und 5); für konsolidierte Ruderalstadien gilt das jedoch nicht. Dies ist ein Zeichen von zumeist anthropogen verursachten Turbationen der oberen Bodenschichten. Ruderalisierung kann nach unseren Ergebnissen rein durch Bewegung des Bodensubstrates erzeugt werden, ohne jede Nährstoffzufuhr von außen. Dies wird durch Kaninchenausschluß-Experimente belegt, wo durch Zaunbau bedingt große Bestände des Bromo-Corispermetum leptopteri entstanden sind (siehe Kapitel 2); die Bodenstörung führt jedoch auch zu Mineralisierungsschüben.

Die Aussage von Sautter (1994), daß die Diasporen-Dichte mit fortgeschrittenem Vegetationsschluß zunimmt, muß modifiziert werden. Die Aussage stimmt für den serialen Komplex Spergulo-Corynephoretum und Armerio-Festucetum, nicht jedoch für die

untersuchten stärker ruderalisierten Flächen zum Beispiel mit *Tanacetum vulgare*-Dominanz.

Das Verhalten von Rote-Liste-Arten in der Diasporen-Bank soll im folgenden kurz besprochen werden (Status für Gesamthessen nach Buttler & al. 1997).

Viele der Rote-Liste-Arten der Tabelle 3 sind entweder überhaupt nicht in der Diasporen-Bank und auch nicht in der Streu (*Allium sphaerocephalon, Helichrysum arenarium, Jurinea cyanoides, Seseli libanotis, Stipa capillata*) oder ausschließlich in der Streu vorhanden. Nur wenige der gefährdeten Arten vermögen es, in der Diasporen-Bank zu überdauern. Vor allem diese sind für eine Restitution von Flächen interessant.

Corynephorus canescens, auf der Roten Liste (1996) in Hessen als gefährdet (Kategorie 3) aufgeführt, konnte auf allen drei Flächen des Spergulo-Corynephoretum im Diasporen-Reservoir nachgewiesen werden. Besonders interessant war das Vorkommen von *Mibora minima* (Kategorie 2). Selbst in einer Bodentiefe von 11-16 cm war diese hochgradig bedrohte Art noch nachzuweisen.

Als weitere Rote-Liste-Art ist *Teesdalia nudicaulis* (Kategorie 3) zu nennen; sie kam allerdings nur mit einem Individuum vor. *Ornithopus perpusillus*, eine Art der Vorwarnliste, tritt im Unter- und im Oberboden auf; auch *Vicia lathyroides* (RL 3) wurde nachgewiesen. Vor allem in den *Sedum acre*-Stadien gibt es Vorkommen von *Medicago minima* (RL 3) in der Diasporen-Bank.

Bei den konsolidierteren Rasen sind *Koeleria cristata* (RL 3), *Alyssum montanum subsp. gmelinii* (RL 3), *Poa badensis* (RL 2), *Euphorbia seguieriana* (RL 3) und *Silene otites* (RL 2) zu nennen. Alle diese Arten treten jedoch nur in niedrigen Individuenzahlen auf. *Euphorbia seguieriana* wurde jedoch sogar auf einer stark gestörten Fläche (R3) im Unterboden gefunden.

6.3. Ergebnisse zum Diasporen-Niederschlag

Insgesamt wurden während des Zeitraumes von April bis Oktober 1996 1105 Diasporen auf vier unterschiedlichen Untersuchungsflächen mittels Trichterfallen eingefangen.

Der Bestandesniederschlag sollte bei der Untersuchung nicht erfaßt werden (siehe dazu aber unten: *Oenothera biennis*). Aus diesem Grund wurde für die Fallen eine Höhe von 90 cm gewählt.

Der Hauptanteil des Diasporen-Niederschlages wurde in den Monaten von August bis Oktober registriert. Das stimmt auch mit den Ergebnissen von Poschlod & Jackel (1993) überein. Sie fanden ein Maximum im jahreszeitlichen Verlauf des Diasporen-Niederschlags in den Monaten August und September.

In der *Sedum acre*-Gesellschaft (Fläche 10) spiegelt der hohe Anteil von *Oenothera biennis* Teile des Bestandesniederschlages wider, weil in unmittelbarer Nähe der Fallen sehr hochwüchsige Individuen aufkamen.

Nach Fläche 10 war der Diasporen-Niederschlag im *Jurinea*-Dominanzbestand (Fläche 6) mit 268 Diasporen am größten. Windexponierte Flächen, wie auf dem ehemaligen August-Euler-Flugplatz in Griesheim (Armerio-Festucetum) oder auf der Bickenba-

cher Düne (Allio-Stipetum), liegen mit ihrer Anzahl an eingefangenen Diasporen deutlich niedriger.

Rote-Liste-Arten konnten im Falle von *Jurinea cyanoides* (RL2), *Vicia lathyroides* (RL3) und *Euphorbia seguieriana* (RL3) nachgewiesen werden. Die weiteste Minimalentfernung lag bei 13 Metern (*Bromus erectus*).

Die Fallen-Ergebnisse können sicherlich wegen der geringen Zahl der untersuchten Stellen nur erste vorwiegend qualitative Daten liefern (siehe dazu auch den methodischen Vergleich von Kollmann & Goetze 1997, die diesen Fallentyp bei unserer Fragestellung empfehlen). Bemerkenswert ist, daß alle Arten, die nachgewiesen wurden und nicht unmittelbar im Bestand zu finden sind, praktisch ausschließlich in die Gruppe der Ruderalarten im weiteren Sinne fallen (*Calamagrostis epigejos, Conyza canadensis, Poa angustifolia*, mit „ruderaler Tendenz“: *Vulpia myuros*) oder der anemochoren Gehölzarten (*Betula, Pinus*), siehe Tabelle 8.

Vier jahresphänologische Gruppen kristallisierten sich heraus:

1. Die erste Gruppe betrifft die Ausstreu der Frühjahrsblüher, die im Sommer abgeschlossen ist (zum Beispiel *Euphorbia cyparissias, Vicia lathyroides*).

2. Bei der zweiten Gruppe erfolgt die Ausstreu im Sommer, vornehmlich im Juli, wie bei *Festuca ovina* s. l. oder *Euphorbia seguieriana.*

3. Die dritte Gruppe wird durch Arten aufgebaut, die im Spätsommer bis Herbst ausstreuen. Dazu gehören *Ononis repens, Verbascum phlomoides, Crepis capillaris*.

4. Als vierte Gruppe sind Arten zu erwähnen, die das ganze Jahr über Diasporen ausstreuen, beziehungsweise deren Diasporen umgelagert werden (zum Beispiel *Betula pendula).*

Die Maxima der eingefangenen Diasporen lagen in den Monaten August bis Oktober mit jeweils 150 Diasporen oder mehr bei den Flächen Weißer Berg (Fläche 6) und Malchen (Fläche 11).

Wir werden die genaueren Daten des Diasporen-Niederschlages bezogen auf die Einzelfallen (Krolupper 1997) in einer methodischen Arbeit noch genauer darstellen.

6.4. Synopsis: Diasporen-Bank – Diasporen-Niederschlag – Restitution

Die Untersuchungen des Diasporen-Reservoirs von ausgewählten Vegetationstypen auf Sandstandorten haben ergeben, daß ein Großteil der Arten keine oder nur nur eine kurzfristige Diasporen-Bank aufbaut.

Eine Restitution über die Diasporen-Bank wäre im Falle des Spergulo-Corynephoretum möglich durch flachgründiges oberflächliches Abschieben vor allem im Oberbodenbereich. Auch *Euphorbia seguieriana*-Stadien können so restituiert werden.

Auch mit einem anemochoren Ferneintrag gefährdeter Arten ist in der Regel nicht zu rechnen, denn alle Arten des Diasporen-Niederschlages waren entweder auf den Untersuchungsflächen selbst oder in unmittelbarer Umgebung in der aktuellen Vegetation zu finden. Daß dieses allerdings als sehr seltenes, manchmal singuläres Ereignis zuweilen eintritt, belegen Neuvorkommen von *Stipa capillata* auf dem ehemaligen Euler-Flugplatz (siehe Kapitel 2).

Diejenigen Rote-Liste-Arten, die sowohl im Diasporen-Reservoir als auch im -Niederschlag nachzuweisen waren, sind *Vicia lathyroides* und *Euphorbia seguieriana*. Beide sind im Darmstädter Sandgebiet noch recht verbreitet (die Steppen-Wolfsmilch nur auf basenreichem Substrat) und treten auch zuweilen an neu geschaffenen Standorten (zum Beispiel randlich von Sandäckern) auf.

Die Ergebnisse unterstreichen die besondere Bedeutung auch kleinflächigerer intakter Sandrasen für eine Wiederbesiedlung von Flächen, die restituiert werden sollen, damit diese Wiederbesiedlung nicht nur über die Diasporen-Bank erfolgen muß. Versuche zu solchen Flächen laufen im unmittelbaren Randbereich des Naturdenkmals Rotböhl bei Weiterstadt, wo die Neubesiedlung ehemaliger Sandäcker verfolgt wird. So soll zum Beispiel auch geklärt werden, welche Erfolge mit aufgebrachtem Mahdgut erzielt werden können.

Danksagung

Die Untersuchungen wurden im Rahmen eines Kooperationsvertrages zwischen der Te chnischen Universität Darmstadt und dem Landkreis Darmstadt -Dieburg durchgeführt. Für die gute Zusammenarbeit und die Erstattung von Unkosten bedanken wir uns herzlich bei den Vertretern des Landkreises, insbesondere bei Herrn Dr. Heimer.

Auch dem Regierungspräsidium Darmstadt danken wir für die Erteilung von Betretungsgenehmigungen und die gute Zusammenarbeit.

Wir danken verschiedenen Mitarbeitern unserer Arbeitsgruppe Geobotanik und des Fachbereiches Bio - logie der TU Darmstadt für ihre Hilfe. Herr Dr. Sto rm half bei der Konzeption für die Probenentnahme, Herr Schuller, Herr Fischer und andere Mitarbeiter der Werkstatt des Fachbereiches Biologie erstellten die Freiland-Diasporenanlage, und die Mitarbeiter des Botanischen Gartens ermöglichten die Aufstel lung. Frau Diplom-Biologin Kraft half bei Bestimmungen, insbesondere auch von Keimlingen, die erst im Jahre 1997 erfaßt werden konnten. Für Diskussionen, insbesondere zur Kon struktion der Diasporen-Fallen, danken wir Herrn Diplom-Biologen Goetze sehr herzlich. Frau Lebong sorgte für eine optimale Betreuung der Proben, auch ihr sei herzlich gedankt. Herr Dreßler, Darmstadt -Eberstadt, gab uns freundlicherweise wertvolle Hinweise auf schutzwürdige Flächen im südwestlichen Kreisgebiet.

Die Probenentnahmen im Frühjahr 1995 wurden mit finanzieller Unterstützung des Landkreises von verschiedenen Mitgliedern der Arbeitsgruppe Geobotanik durchgeführt; allen sei herzlich gedankt.

Herrn Dr. Gregor (BVNH) danken wir sehr herzlich für seine Anmerkungen zum Manuskript un d die große Hilfe bei der redaktionellen Bearbeitung unserer Tabellen.

7. Literatur

Barkman J. J., H. Doing. & S. Segal 1964: Kritische Bemerkungen und Vorschläge zur quantitativen Vege - tationsanalyse. – Acta Botan. Neerland. **13**, 394-419, Amsterdam.

Bekker R. M., G. L. Verweij, R. E. N. Smith, R. Reine, J. P. Bakker & S. Schneider 1997: Soil seed banks in European grasslands: does land use affect regeneration perspectives? – J. Applied Ecol. **34**, 1293-1310, Oxford, London, Edinburgh, Boston & Melbourne.

Beijerinck W. 1976: Zadenatlas der Nederlandsche Flora. – Backhuys & Meesters, Amsterdam. 316 S.

Bertsch K. 1941: Früchte und Samen. Handbücher der praktischen Vorgeschichtsforschung, Band 1. – Enke, Stuttgart. 247 S.

Breyer G. 1996: Die Federgras-Arten *Stipa capillata* und *Stipa pennata* im Flugsandgebiet der nördlichen Bergstraße zwischen Zwingenberg und Wixhausen. Ergebnisse einer Kartierung von 1982 bis 1994. – Bot. Natursch. Hessen **8**, 95-104, Frankfurt am Main.

Brouwer W. & A. Stählin 1955: Handbuch der Samenkunde. – DLG, Frankfurt (Main), 656 S.

Buttler K. P., R. Cezanne, A. Frede, T. Gregor, S. Hodvina & R. Kubosch 1997: Rote Liste der Farn - und Samenpflanzen Hessens. 3. Fassung. – Hessisches Ministerium des Innern und für Landwirtschaft, Forsten und Naturschutz, Wiesbaden „1996". 152 S.

Buttler K. P. & U. Schippmann 1993: Namensverzeichnis zur Flora der Farn - und Samenpflanzen Hessens (Erste Fassung). – Bot. Natursch. Hessen, Beih. **6**, 1-476, Frankfurt am Main.

Csapody V. 1968: Keimlingsbestimmungsbuch der Dicotyledonen. – Akadémia Kiadó, Budapest. 286 S.

Dreßler A. & R. 1992: Einige Beobachtungen im Darmstädter Lebensraum der Steppenbiene *Nomioides minutissimus*. – Ber. Naturwissenschaftl. Ver. Darmstadt, Neue Folge **15**, 29-40, Darmstadt.

Fischer A. 1987: Untersuchungen zur Populationsdynamik am Beginn von Sekundärsukzessionen. Die Bedeutung von Samenbank und Samenniederschlag für die Wiederbesiedlung vegetationsfreier Flächen in Wald- und Grünlandgesellschaften. – Diss. Botan. **110**, 234 S., Berlin & Stuttgart.

Frahm J. P. & W. Frey 1992: Moosflora. 3. Auflage. – Ulmer, Stuttgart. 528 S.

Goetze D. 1995: Zur Entstehung von Schlagvegetation. Untersuchungen zur Vegetationsdynamik und Populationsbiologie von Buchenwaldschlägen auf Löß. – Diplomarbeit Univ. Freiburg i.Br., Fakultät Biologie. 156 S.

Jung K.-D. 1992: Flora des Stadtgebietes von Darmstadt. Ergebnisse einer Rasterkartierung. – Ber. Naturwissenschaftl. Ver. Darmstadt, Sonderband, 572 S., Darmstadt.

Kappes J. 1996: Untersuchungen zur Nährstoffökologie ruderalisierter und nicht-ruderalisierter Sandvegetation. – Diplomarbeit TH Darmstadt, Fachbereich Biologie. 85 S. + Anhang.

Kiffmann R. (1986 & 1991): Illustriertes Bestimmungsbuch für Wiesen - und Weidepflanzen des mitteleuropäischen Flachlandes. Teil A: Echte Gräser. 6. Auflage 1986. 51 S. Teil B: Sauergräser, Binsengewächse und sonstige grasartige Pflanzen. 4. Auflage 1991. 120 S. Teil C: Schmetterlingsblütler. 4. Auflage 1991. 67 S. – Rudolf Kiffmann, Aranno/TI.

Klausing O. 1988: Die Naturräume Hessens. – Schriftenreihe Hess. Landesanst. Umwelt **67**, 43 S., 1 Karte, Wiesbaden.

Köhler A. 1996: Blütenbesucher-Gemeinschaften von Sandtrockenrasen untersucht am Beispiel apoider Hymenopteren. – Diplomarbeit TH Darmstadt, Fachbereich Biologie. 140 S.

Kollmann, J. & D. Goetze 1997: Notes on seed traps in terrestrial plant communities. – Flora **192**, Jena, im Druck.

Krolupper N. 1997: Untersuchung des Diasporenreservoirs und -niederschlages in Sandtrockenrasen und die Bedeutung für die Restitution von Flächen. – Diplomarbeit TH Darmstadt, Fachbereich Biologie. 85 S. + Anhang.

Lohwasser U. 1997: Biosystematische Untersuchungen an *Rumex acetosella* Linnaeus in Hessen und angrenzenden Gebieten. – Bot. Natursch. Hessen **9**, 47-80, Frankfurt am Main.

Muller F. M. 1978: Seedlings of the North-Western European Lowland. – Dr. W. Junk, The Hague & Boston. 664 p.

Napp-Zinn K. 1961: Vernalisation und verwandte Erscheinungen. In: W. Ruhland: Handbuch der Pflanzenphysiologie **XVI**, 24-75. – Springer, Berlin u.a.

Oberdorfer E. 1994: Pflanzensoziologische Exkursionsflora. 7. Auflage. – Ulmer, Stuttgart. 1050 S.

Partzsch M. & E. G. Mahn 1997: Welchen Einfluß haben Flächengröße, Entwicklungszeit und standörtliche Vielfalt isolierter Offenstandorte auf die floristisch-phytozönologische Struktur xerothermer Vegetationskomplexe? – Verhandl. Ges. Ökol. **27,** 93-99, Stuttgart, Jena, Lübeck & Ulm.

Pfadenhauer J. & D. Maas 1987: Samenpotential in Niedermoorböden des Alpenvorlandes bei Grünlandnutzung unterschiedlicher Intensität. – Flora **179,** 85-97, Jena.

Philippi G. 1971: Sandfluren, Steppenrasen und Saumgesellschaften der Schwetzinger Hardt (Nordbadische Oberrheinebene). – Veröffentl. Landesst. Natursch. Landschaftspfl. Baden-Württemberg **39**, 67-130, Ludwigsburg.

Poschlod P. 1991: Diasporenbanken in Böden. Grundlagen und Bedeutung. In: B. Schmid & J. Stöcklin: Populationsbiologie der Pflanzen, 15-35. – Birkhäuser, Basel.

Poschlod P. 1993a: „Underground floristics" – keimfähige Diasporen im Boden als Beitrag zum floristischen Inventar einer Landschaft am Beispiel der Teichflora. – Natur Landschaft **68**, 155-159, Stuttgart.

Poschlod P. 1993b: Die Dauerhaftigkeit von generativen Diasporenbanken in Böden am Beispiel von Kalk - magerrasenpflanzen und deren Bedeutung für den botanischen Arten - und Biotopschutz. – Verhandl. Ges. Ökol. **22**, 229-240, Freising-Weihenstephan.

Poschlod P. 1995: Diaspore rain and diaspore bank in raised bogs and implications for the restoration of peat-mined sites. In: B. D. Wheeler, S. C. Shaw, W. J. Fojt & R. A. Robe rtson: Restoration of tem - perate wetlands, 471-494. – John Wiley & Sons, Chichester, New York, Brisbane, Toronto & Singa - pore.

Poschlod P. & A.-K. Jackel 1993: Untersuchungen zur Dynamik von generativen Diasporenbanken von Sa - menpflanzen in Kalkmagerr asen I. – Flora **188**, 49-71, Jena.

Poschlod P. & S. Jordan 1992: Wiederbesiedlung eines aufgeforsteten Kalkmagerrasenstandortes nach Rodung. – Zeitschr. Ökol. Natursch. **1**, 119-139, Jena.

Poschlod P., U. Bauer, U. Grunicke, B. Heimann & A. Kohler 1993: Ökolo gie und Management periodisch abgelassener und trockenfallender kleinerer Stehgewässer im oberschwäbischen und schwäbischen Vor - alpengebiet. Die Bedeutung der Diasporenbank für das Überleben der Schlammvegetation. –Veröffentl. Proj. Angew. Ökol. **7,** 81-107, Karlsruhe.

Roberts H. A. 1981: Seed banks in soils. – Advances Applied Biol. **6**, 1-55, London.

Rynchnovská M. & B. Ulehlová 1975: Autökologische Studie der tschechoslowakischen *Stipa*-Arten. – Ve- getace ÈSSR **A8**, 1-170, Praha.

Sautter R. 1994: Untersuchunge n zur Diasporen- und Samenökologie in bedrohten Pflanzengesellschaften sandiger Böden. – Diss. Botanicae **226**, 1-155, Berlin & Stuttgart.

Schopfer P. 1989: Experimentelle Pflanzenphysiologie. Band 2. – Springer, Berlin u.a. 458 S.

Schwabe A. 1991: Zur Wiede rbesiedlung von Auenwald-Vegetationskomplexen nach Hochwasser-Ereignis- sen: Bedeutung der Diasporen-Verdriftung, der generativen und vegetativen Etablierung. – Phytocoeno- logia **20**, 65-94, Berlin & Stuttgart.

Schwabe A. & A. Kratochwil 1995: Vegetation und Diasporenbank bei biologischer und konventioneller Grünland-Bewirtschaftung: Bedeutung für den Arten - und Biotopschutz. – Zeitschr. Ökol. Natursch. **3**, 243-260, Jena.

Storm C., I. Herget, J. Kappes & B. Vormwald 1998: Nährstoffökologische Untersuchungen im Darmstadt- Dieburger Sandgebiet. – Bot. Natursch. Hessen **10**, 41-85, Frankfurt am Main.

Ter Heerdt G. N. J., G. L. Verweij, R. M. Bekker & J. P. Bakker 1996: An improved method for seed bank analysis: seedling emergence after removing the soil by siev ing. – Functional Ecol. **10**, 144-151, London.

Thompson K. 1986: Small-scale heterogeneity in the seed bank of an acidic grassland. – J. Ecol. **74**, 733- 738, Oxford and others.

Thompson K. & J. P. Grime 1979: Seasonal variation in the seed banks of herbaceou s species in ten contra - sting habitats. – J. Ecol. **67**, 893-921, Oxford and others.

Thompson K., J. Bakker & R. Bekker 1997: The soil seed banks of North West Europe: methodology, density and longevity. – Cambridge Univ. Press, Cambridge. 276 p. and disc.

Urbanska K. M. 1992: Populationsbiologie der Pflanzen. – Fischer, Stuttgart, Jena. 374 S.

Vormwald B. 1996: Pioniergesellschaften im Flugsandgebiet um Darmstadt: Pflanzensoziologische Gliede - rung, Symphänologie und Nährstoffuntersuchungen. – Diplomarbeit TH Darmstadt, Fachbereich Biolo - gie. 152 S. + Anhang.

Westrich P. 1989: Die Wildbienen Baden-Württembergs. 2 Bände. – Ulmer, Stuttgart. 1049 S.

Wilmanns O. 1997: Zur Geschichte der mitteleuropäischen Trockenrasen seit dem Spätglazial. Methoden, Tatsachen, Hypothesen. – Phytocoenologia **27**, 213-233, Berlin & Stuttgart.

Zehm A. 1996: Untersuchungen zur Koinzidenz von Sandvegetation und Heuschreckengemeinschaften. – Diplomarbeit TH Darmstadt, Fachbereich Biologie. 189 S.

Zehm A. 1997: Zur Koinzidenz von Sandveg etation, ihrer Struktur und Heuschrecken-Zönosen (*Orthoptera*) in der hessischen Oberrheinebene. – Tuexenia, Mitt. Florist.-Soziol. Arbeitsgem., Neue Serie **17**, 193- 222, Göttingen.

8. Tabellenanhang

Tabelle 1: Wichtige Vegetationstypen im Darmstadt-Dieburger Sandgebiet auf Offenland-Standorten, vereinfacht. Abgeschlossene Untersuchungen: **Diasporen**-Bank = Krolupper 1997 und die hier vorliegende Arbeit, **B** = Blütenbesucher (Köhler 1996), **H** = Heuschrecken und Vegetationsstruktur (Zehm 1996, 1997), **N** = Nährstoffhaushalt (Kappes 1996, Storm & al. 1998, Vormwald 1996), **P** = Blühphänologie (Köhler 1996, Vormwald 1996), **experimentelle Störung** (Vormwald 1996), **Kaninchenausschluß** (Vormwald 1996). Nomenklatur im wesentlichen nach Oberdorfer (1994).

<u>offene Sande, basenarm</u>
Spergulo morisonii-Corynephoretum (Frühlingsspark-Silbergrasflur)
N, **P**, **Diasporen**

Filagini-Vulpietum (Federschwingel-Rasen) in verschiedenenen Ruderalisierungsgraden
H, hohe Diversität von Heuschrecken

<u>offene Sande, basenarm und reicher</u>
Sedum acre-Gesellschaft (oft auf ehemaligen Äckern)
H, P, Diasporen, experimentelle Störung

<u>offene Sande, basenreicher, zum Teil kalkreich</u>
Bromo tectorum-Phleetum arenarii (Dachtrespen-Sandlieschgras-Gesellschaft)
H, **N**, **P**, **experimentelle Störung**

<u>Übergang: offene-konsolidierte Sande, basen-/kalkreich</u>
Jurineo cyanoidis-Koelerietum glaucae: wenig konsolidierte Kalkflugsande (Filzscharten-Blauschillergrasflur)
B, **H**, **N, P**, **Kaninchenausschluß**, **Diasporen**

<u>konsolidierte Sande, basen-/kalkreich</u>
Allio-Stipetum capillatae (Kopflauch-Pfriemengras-Flur); im Untersuchungsgebiet kalkreiche, konsolidierte Sande besiedelnd
B, **H**, **N**, **P**, **Diasporen**

<u>konsolidierte Sande, basenarm</u>
Armerio-Festucetum trachyphyllae (Grasnelken-Schwingelgras-Gesellschaft)
B, **H**, **P**, **Diasporen**

Situation bei Trophiezunahme, Störung:

<u>offene Sande</u>
Filagini-Vulpietum (siehe oben) und Sisymbrietalia (Einjährige Ruderalgesellschaften)
Salsola kali subsp. ruthenica-Gesellschaft (Gesellschaft des Ukraine-Salzkrautes)
Plantaginetum indicae (Sandwegerich-Flur)
Bromo-Corispermetum leptopteri (Gesellschaft des Schmalflügeligen Wanzensamens)

konsolidierte Sande
zumeist Gesellschaften der Agropyretalia intermedio-minoris (Halbruderale Trockenrasen): Diplotaxio-Agropyretum (Stinkrauken-Kriechquecken-Gesellschaft)
Dominanzgesellschaften von Herdenbildnern: zum Beispiel *Calamagrostis epigejos*, *Poa angustifolia*, *Cynodon dactylon*
H, **N**, **P**, **Diasporen**

Tabelle 2: Untersuchungsflächen und ihre naturräumlichen Einheiten, getrennt in weitgehend intakte Sand-Pionierfluren und Sandrasen (Flächen 1-12) und Ruderalstadien (Flächen R1-R4), pH-Werte (H_20) getrennt für obere/untere Bodenschicht (o/u).

Untermainebene

Hegbach-Apfelbach-Grund (TK 6017 Mörfelden)	
1 Apfeldüne/Gräfenhausen (3469600/5534900)	Spergulo-Corynephoretum auf offenen basenarmen Sanden mit *Mibora minima*, pH o 3,6-4,2; u 2,8-4,2
Dudenhofener Dünen- und Flugsandgebiet (TK 6019 Babenhausen)	
2 Babenhausen/Industriegebiet (3496400/5536750)	Spergulo-Corynephoretum auf offenen basenarmen Sanden mit *Teesdalia nudicaulis*; pH o 4,5-5; u 4,7-5,1
3 Babenhausen/Flugplatz (3498120/5535050)	Spergulo-Corynephoretum schwach offene, basenarme Sande mit *Teesdalia nudicaulis*; pH o 3,7-5; u 4-4,5

Hessische Rheinebene

Pfungstadt-Griesheimer-Sand (TK 6117 Darmstadt-West)	
4 Ehemaliger August-Euler-Flugplatz in Griesheim (3470560/5524320)	Armerio-Festucetum trachyphyllae konsolidierte, basenarme humusreiche Sande; pH o 6,4-6,9; u 6,5-6,9
5 Ehemaliger August-Euler-Flugplatz in Griesheim (347056/5524320)	Armerio-Festucetum trachyphyllae, ruderalisiert mit Elementen der *Sedum acre*-Gesellschaft, konsolidierte, basenarme humusreiche Sande; Bestand mit *Salsola kali subsp. ruthenica*; pH o 6,7-6,9; u 6,8-6,9
6 Am „Weißen Berg“ in Pfungstadt (3472120/5521620)	*Jurinea cyanoides*-Bestand offene bis konsolidierte, basen- und kalkreiche Sande; pH o 7-7,1; u 7-7,1
Seeheimer Rinne (TK 6217 Zwingenberg)	
7 Naturdenkmal Bickenbacher Düne (3473250/5515440)	Übergang Jurineo-Koelerietum/Allio-Stipetum capillatae; schwach konsolidierte, basen- und kalkreiche Sande; pH o 7,6-7,8; u 7,5-7,7
8 Bickenbach/Autoübungsplatz (3472040/5513780)	Allio-Stipetum capillatae, konsolidierte, basen- und kalkreiche Sande; pH o 7,5-7,8; u 7,6-7,7 benachbarter stäubender Weg pH 8,0-8,4
9 Böschung der Bahnlinie bei Pfungstadt (3472050/5515880)	Allio-Stipetum capillatae, fragmentarisch oberflächennah neutrale Sande; pH o 7,1 u 7,2 benachbarter stäubender Pferdeweg: pH 8,1-8,4

10 Eisengrube/Seeheim (3472900/5514920)	*Sedum acre*-Gesellschaft mit *Petrorhagia prolifera*; pH o 7,4-7,5; u 7,3-7,4
11 Malchen, schwach ruderalisiert (3474840/5517350)	*Sedum acre*-Gesellschaft mit *Helichrysum arenarium*; pH o 7,2-7,5; u 7,3-7,5
12 Malchen, stärker ruderalisiert (3474840/5517350)	*Sedum acre*-Gesellschaft mit *Conyza canadensis*; pH o 7,3-7,6; 7-3-7,5
Stark ruderalisierte Flächen:	
R1 direkt benachbart Fläche1	Tanaceto-Artemisietum, pH o 3,9-4,8; u 3,9-4,8
R2 direkt benachbart Fläche 2	*Calamagrostis epigejos*-Dominanzbestand pH o 5,4-6; u 5,6-6
R3 benachbart Fläche 10; östlich der Neuen Bergstraße, neben Materialdeponie	fragmentarischer Sandrasen mit *Euphorbia seguieriana*, pH o 7,5-7,8; u 7,4-7,7
R4 benachbart Fläche 8, an der Gasleitung	fragmentarischer Sandrasen, pH o 7,6-7,8; u 7,6-7,7

Tabelle 3: Belegaufnahmen der Diasporen-Flächen: weitgehend intakte Sandrasen (Sedo-Scleranthetea-, Festuco-Brometea-Gesellschaften); zu den Flächen und Gesellschaftsbezeichnungen, siehe Tabelle 2. Gefährdungsgrade nach der Roten Liste Hessen (Buttler & al. 1997) stehen hinter dem Artnamen. Belegaufnahmen der Flächen R1-R4, siehe Kapitel 6.1.6.

Flächennummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	10	10	11	12
Gesamtdeckung (%)	50	90	95	90	75	60	70	90	70	85	75	75	70	70
Artenzahl	13	26	20	21	28	20	29	24	30	33	24	28	27	23
Ch, D Spergulo-Corynephoretum (lokal)														
Hieracium pilosella	+	4.2	2b.2	·	·	·	·	·	+	1.2	·	·	·	·
Corynephorus canescens (3)	2b.2	2m.2	1.2	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Ornithopus perpusillus (3)	·	2a.2	1.1	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Teesdalia nudicaulis (V)	·	2a.2	2m.1	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Mibora minima (2)	2a.2	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Polytrichum piliferum	2a	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
D saure Standorte														
Rumex acetosella	1.1	2m.1	2m.2	1.2	1.2	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Jasione montana (V)	2m.2	2m.1	·	·	·	·	·	·	+	1.1	·	·	·	·
Trifolium arvense	·	1.1	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Potentilla argentea	·	·	·	2b.2	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Ch, D Armerio-Festucetum trachyphyllae (lokal)														
Armeria elongata (3)	·	·	·	1.1	1.1	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Festuca brevipila	·	·	·	1.2	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Koeleria cristata (3)	·	·	·	3.2	2m.2	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Ononis repens	·	·	·	2m.2	1.1	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Thero-Airion-Arten														
Filago minima (3)	2m.2	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Vulpia myuros	·	·	·	·	3.2	·	·	·	·	·	·	·	·	·

Flächennummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	10	10	11	12
Ch, D Koelerion glaucae (lokal)														
Jurinea cyanoides (2)	·	·	·	·	·	2b.2	+	·	·	·	·	·	·	·
Koeleria glauca (2)	·	·	·	·	·	·	2m.2	·	·	·	·	1.2	·	·
Alyssum montanum subsp. gmelinii (2)	·	·	·	·	·	·	2m.1	·	·	·	·	·	·	·
Fumana procumbens (1)	·	·	·	·	·	·	1.2	·	·	·	·	·	·	·
Poa badensis (2)	·	·	·	·	·	·	2m.2	·	·	·	·	·	·	·
Thymus serpyllum (2)	·	·	·	·	·	·	2b.3	·	·	·	·	·	·	·
Euphorbia seguieriana (3)	·	·	·	·	·	·	2m.2	·	·	·	·	·	·	·
Ch, D Allio-Stipetum capillatae (lokal, auf Sand)														
Stipa capillata (3)	·	·	·	·	·	1.2	1.2	2b.2	2m.2	2m.2	·	·	·	·
Scabiosa canescens (3)	·	·	·	·	·	+	1.1	2a.2	·	·	·	·	·	·
Allium sphaerocephalon (2)	·	·	·	·	·	·	1.2	·	·	·	·	·	·	·
Festuca duvalii (2)	·	·	·	·	·	·	.1.2	1.2	·	·	·	·	·	·
Festuco-Brometea-Arten														
Silene otites (2)	·	·	·	·	·	2a.2	1.2	1.2	1.1	2m.2	·	·	·	·
Asperula cynanchica (V)	·	·	·	·	·	·	2m.2	2m.2	2b.2	·	·	·	·	·
Helianthemum nummularium	·	·	·	·	·	·	2m.2	2a.2	2a.3	+	·	·	·	·
Potentilla neumanniana	·	·	·	·	·	·	·	1.2	1.2	+	·	·	·	·
Dianthus carthusianorum	·	·	·	·	·	·	·	1.1	·	+	·	·	·	+
Sanguisorba minor	·	·	·	·	·	·	·	·	1.2	1.2	·	·	·	·
Galium verum	·	·	·	·	·	·	·	·	2a.2	2a.2	·	·	·	·
Ajuga genevensis	·	·	·	·	·	·	·	·	1.2	1.1	·	·	·	·
Phleum phleoides (V)	·	·	·	·	·	·	1.1	·	·	·	·	·	·	·
Stachys recta	·	·	·	·	·	·	1.1	·	·	·	·	·	·	·
Salvia pratensis	·	·	·	·	·	·	·	·	+	·	·	·	·	·
D Sedum acre-Gesellschaft														
Bromus tectorum	·	·	·	1.1	3.2	2m.2	·	·	·	·	2a.2	2a.2	2b.1	2a.1
Sedum acre	·	·	·	·	1.2	·	·	·	1.2	·	2b.2	2b.2	2b.3	3.4
Medicago minima (3)	·	·	·	·	1.2	·	·	·	·	·	2a.2	2m.2	2m.2	2a.2
Sedo-Scleranthetea-Arten														
Cerastium semidecandrum	2m.2	2m.2	1.1	1.2	2m.2	2a.2	2m.1	2m.1	1.1	2a.2	2a.2	2m.2	2b.2	2m.1
Arenaria serpyllifolia	·	·	·	2m.2	2m.2	·	1.2	2m.2	2m.2	2m.2	2a.2	2a.2	2a.1	2b.1
Myosotis stricta	1.2	2m.2	1.1	1.2	·	·	·	·	·	1.1	1.2	2m.2	·	·
Echium vulgare	·	·	·	1.1	2m.1	·	·	1.1	1.1	1.1	·	1.1	·	·
Saxifraga tridactylites	·	·	·	·	·	2m.2	·	1.1	1.1	1.1	1.2	1.1	·	·
Arabidopsis thaliana	1.1	1.1	1.2	·	·	1.1	·	·	1.1	·	·	·	·	·
Helichrysum arenarium (2)	·	3.2	·	·	·	·	1.2	·	2a.2	2m.2	·	·	2a.2	·
Petrorhagia prolifera	·	2m.1	·	·	·	+	1.2	·	·	·	2m.1	1.1	·	·
Erophila verna	·	·	·	·	·	2m.2	·	2m.1	2m.1	2m.2	+	·	·	·
Trifolium campestre	·	2a.2	·	1.2	1.1	·	·	·	·	+	·	·	·	·
Vicia lathyroides (3)	·	·	·	1.1	+	·	·	·	·	·	·	1.1	+	·
Erodium cicutarium	·	·	·	·	2m.1	·	·	·	·	·	·	1.1	·	1.1
Silene conica (2)	·	·	·	·	1.2	·	·	·	·	+	·	·	·	·
Cerastium pumilum	·	·	·	·	·	·	2m.1		·	·	·	·	·	·
Veronica verna	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	2m.2	·	·
Trifolio-Geranietea-Arten														
Medicago falcata	·	·	·	·	1.2	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Seseli libanotis (3)	·	·	·	·	·	+	·	·	·	·	·	·	·	·

Flächennummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	10	10	11	12
Agropyretalia-Arten														
Poa angustifolia	·	·	2m.1	·	·	1.1	·	2m.2	·	·	2m.2	2m.2	2m.1	2m.1
Convolvulus arvensis	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	1.1	·	+	·
Elymus repens	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	2m.2	1.1
Saponaria officinalis	1.2	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Salsolion-Arten														
Salsola kali ssp. ruthenica	·	·	·	·	2b.2	·	·	·	·	·	·	·	1.1	+
Plantago arenaria	·	·	·	·	1.2	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Sonstige Begleiter														
Conyza canadensis	+	·	·	·	1.2	2m.1	·	2m.2	1.1	1.2	2a.1	2b.1	2m.1	2m.1
Veronica arvensis	·	·	2m.1	1.2	1.1	·	·	1.1	·	1.2	2m.1	1.1	2m.1	2m.1
Euphorbia cyparissias	·	·	2m.1	·	·	2m.1	1.1	2a.2	1.1	2m.1	2b.2	2a.1	2m.1	·
Festuca ovina s. l.	·	2m.2	1.1	·	·	·	·	2m.2	2a.3	2a.3	1.2	·	·	·
Hypericum perforatum	·	1.1	·	·	+	1.2	1.1	·	1.1	1.1	·	·	·	·
Geranium molle	·	·	·	2a.2	2m.2	·	·	·	·	·	1.1	+	1.1	2m.1
Oenothera biennis	·	·	·	·	·	·	·	·	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Agrostis capillaris	·	1.1	2b.1	2m.2	·	·	·	·	2m.2	1.2	·	·	·	·
Crepis capillaris	·	·	·	·	·	·	·	1.2	·	·	1.1	2a.1	2m.1	2a.1
Vicia angustifolia	·	1.1	1.1	·	·	·	·	·	·	·	·	·	+	+
Plantago lanceolata	·	+	+	+	1.2	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Verbascum species	·	·	·	·	+	·	·	·	1.1	1.1	·	1.1	·	·
Bromus hordeaceus	1.2	·	·	1.1	1.1	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Achillea millefolium	·	1.1	2m.1	1.1	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Hypochaeris radicata	·	+	1.1	·	·	·	·	·	·	+	·	·	·	·
Asparagus officinalis	·	·	·	·	1.1	·	+	+	·	·	·	·	·	·
Sonstige Moose														
Hypnum cupressiforme s. l.	·	·	·	2b	2b	·	·	3	·	·	·	·	2b	2a
Polytrichum juniperinum	·	3	2a	·	·	·	·	·	·	·	3	3	·	·
Tortula ruralis	·	·	·	·	·	2m	2b	·	·	·	·	·	2b	2a
acrocarpe Kleinmoose	·	·	·	·	·	3	2m	·	2a	2b	·	·	·	·
zusätzliche Arten Legende	0	5	2	1	1	3	3	3	3	4	5	6	7	5

Außerdem kommen vor (Begleiter ein-, zweimal): 2: Erigeron annuus 1.1, Luzula multiflora 2a.2, Cytisus scoparius juv. +, Verbascum phlomoides +, Viola tricolor 1.1; 3: Carex hirta 1.1, Luzula multiflora 3.3; 4: Cerastium arvense 2m.2; 5: Cynoglossum officinale +; 6: Lepidium virginicum 1.2, Setaria viridis 2m.1, Viola rupestris 1.1; 7: Artemisia campestris 1.2, Rhacomitrium canescens 2b, Viola riviniana 1.2; 8: Cardamine hirsuta 1.1, Cerastium species +, Dactylis glomerata 1.2; 9a: Luzula campestris 2m.2, Arabis glabra 1.1, Viola rupestris +; 9: Luzula campestris 1.1, Pinus sylvestris +, Arabis glabra 1.1, Viola species +; 10: Apera spica-venti 1.2, Senecio vernalis 2m.1, Silene vulgaris 1.2, Verbascum lychnitis 1.1, Viola tricolor 1.1; 10a: Anchusa arvensis 1.1, Apera spica-venti 2m.2, Papaver dubium 1.1, Senecio vernalis 2m.1, Silene vulgaris 2m.2, Valerianella species 1.1; 11: Berteroa incana 1.1, Cynoglossum officinale +, Helictotrichon pubescens 2m.2, Myosotis arvensis 1.1, Senecio jacobaea +, Sedum maximum 1.1, Vicia villosa +; 12: Calamagrostis epigejos 1.2, Helictotrichon pubescens 2m.2, Myosotis arvensis 2m.1, Papaver rhoeas +, Silene latifolia subsp. alba 1.1.

Tabelle 4: Unterschiedliche Bodenvolumina im Vergleich (Beispiele).

	Pflanzengesellschaften	Bezugsfläche für die Einzelproben (m^2)	Einzelproben/Horizont	Untersuchtes Gesamtvolumen/Horizont (cm^3)
Fischer (1987)	Wald- und Grünlandgesellschaften	0,4-0,7	4-7	4.500
Schwabe & Kratochwil (1995)	Grünlandgesellschaften	1	6-7	ca. 6.000
Sautter (1994)	Sandtrockenrasen	ca. 45.000	20	12.000
vorliegende Untersuchung	Sandtrockenrasen	25	100	8.860

Tabelle 5: Arten des Diasporen-Reservoirs, weitgehend intakte Pionierfluren und Rasen der Sandstandorte (Flächen 1-12) und ruderalisierte Sandflächen (Flächen R1-R4). Erste Angabe: Keimlinge im Oberboden (1-6 cm)/ zweite Angabe: Keimlinge im Unterboden (11-16 cm). Funde, die nicht mit Vorkommen in der aktuellen Vegetation korrespondieren, sind unterstrichen. Angaben hinter dem Artnamen bedeuten: + = Keimlinge mit Keimzeitpunkt > 8 Monate nach Exposition, nach dem ersten Untersuchungswinter; **RL** = Status in Roter Liste der Farn- und Samenpflanzen Hessens (Buttler & al. 1997); N = Neophyt.

Zuordnung zu Typen der Diasporen-Bank nach Thompson & al. 1997:

1 Diasporen/Samen, die weniger als ein Jahr im Boden überleben (transitorisch),
2 Diasporen/Samen, die mindestens ein Jahr aber unter 5 Jahren überleben (persistent für kürzere Zeitperiode),
3 Diasporen/Samen, die mindestens 5 Jahre überleben (persistent im engeren Sinn).
-- bisher keine Daten oder keinem Typ der Diasporen-Bank zuzuordnen.

Wenn bei Thompson & al. (1997) mehrere Literaturhinweise ausgewertet wurden mit unterschiedlichen Einschätzungen des Typs der Diasporen-Bank, wird jeweils die Amplitude angegeben. Die Angabe L (Langlebigkeit) bezieht sich auf Diasporen, die im Boden überlebt haben, und gibt die Zahl der Jahre an. Beispiel: 2, L > 2 bedeutet: Typ 2 (persistent für kürzere Zeitperiode), noch nach mehr als 2 Jahren keimfähig.

Typ Diaspo-	Flächennummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	R1	R2	R3	R4
ren-Bank und	**Anzahl Taxa**	**4**	**21**	**7**	**18**	**21**	**4**	**13**	**12**	**18**	**8**	**9**	**15**	**19**	**22**	**16**	**7**
Langlebigkeit	**Anzahl Keimlinge Oberboden**	**77**	**264**	**222**	**448**	**398**	**290**	**91**	**182**	**150**	**71**	**141**	**129**	**99**	**195**	**101**	**151**
nach Thomp-	**Anzahl Keimlinge Unterboden**	**6**	**18**	**2**	**15**	**44**	**4**	**4**	**1**	**5**	**6**	**16**	**14**	**3**	**62**	**12**	**8**
son & al. 1997	**Dichte/m² Oberboden**	**435**	**1490**	**1253**	**2528**	**2246**	**1637**	**514**	**1027**	**847**	**401**	**796**	**728**	**559**	**1101**	**570**	**852**
	Dichte/m² Unterboden	**34**	**102**	**11**	**85**	**248**	**23**	**23**	**6**	**28**	**34**	**90**	**79**	**17**	**350**	**68**	**45**
	Sedo-Scleranthetea/Festuco-Brometea-Arten																
	Schwerpunkt im Spergulo-Corynephoretum																
2, L > 2	Corynephorus canescens + **RL 3**	52/5	15/0	4/0													
1-3, L > 5	Trifolium arvense		1/0											4/0	1/0		
1, L ?	Ornithopus perpusillus + **RLV**		64/7	62/0											1/0		
2, L ?	Mibora minima + **RL 2**	9/1															
- -	Teesdalia nudicaulis **RL 3**		1/0														
1, L ?	Jasione montana **RLV**		7/0														
	Schwerpunkt auf sauren Standorten																
1-3, L > 26	Rumex acetosella +		20/1	84/1	18/3	1/0				1/0							
1,2, L ?	Saxifraga tridactylites				97/5	33/11				11/0						1/0	
3, L > 40	Potentilla argentea +				155/0												
1,2, L ?	Koeleria cristata + **RL 3**				4/0												
	Schwerpunkt auf basenreichen Standorten																
- -	Euphorbia seguieriana **RL 3**							2/0								0/3	
- -	Alyssum montanum subsp. gmelinii **RL 2**							3/0									
- -	Poa badensis **RL 2**							1/0									
	Sonstige Sedo-Scleranthetea/ Festuco-Brometea-Arten																
1,2, L ?	Cerastium semidecandrum	13/0	9/0	3/0	13/1	11/0	2/0	19/0	33/1	12/0		4/0	8/0			3/0	43/1
1-3, L > 11	Arenaria serpyllifolia +			1/1	63/0	62/3	267/4	20/0	117/0	78/2	40/1	91/1	64/5	1/0		21/0	51/5
1-3, L > 30	Erodium cicutarium +		1/0	2/0	8/0	124/5				5/0		0/1				4/0	

	Flächennummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	R1	R2	R3	R4
1-3, L > 5	Trifolium campestre +		45/6		28/0	2/0								7/0	3/1	1/0	
1, L ?	Sedum acre +				41/1	82/3					14/1	33/4	31/4	1/0			
1-3, L > 18	Arabidopsis thaliana +		10/0						2/0	2/0					13/2	1/0	
1, L ?	Medicago minima + **RL 3**				6/1	40/1					3/2	6/0	13/0				
1-3, L > 18	Myosotis stricta		5/0		1/0												
- -	Silene otites **RL 2**							18/0	1/0								
1-2, L > 2	Echium vulgare								1/0	3/0							
1-3, L > 20	Myosotis ramosissima								1/0					1/0			
1,2, L ?	Vicia lathyroides **RL 3**					1/0											
- -	Vulpia myuros					0/2											
2, L ?	Asperula cynanchica **RL V**							8/1									
1,2, L ?	Helianthemum nummularium							4/0									
1-3, L > 30	Potentilla neumanniana									5/0							
	Ruderalarten/Ackerwildkräuter																
1-3, L > 660	Chenopodium album +	3/0			0/1	18/7	20/0	10/3		0/1	7/2	2/9	0/1		37/47	38/3	2/0
1-3, L > 11	Conyza canadensis N +		1/0			1/1			4/0	3/0	2/0	1/1	3/1			11/0	21/1
1-2, L > 3	Veronica arvensis		5/0		1/0	2/0			5/0	2/0			2/0	3/0			
1-3, L > 39	Oenothera biennis N +							2/0		9/0	3/0	3/0	1/0			7/1	28/1
2,3, L ?	Erigeron annuus N		10/0							0/1					1/0		
- -	Eragrostis minor +					2/2							1/1	1/0			
1-3, L > 460	Polygonum aviculare		5/0												4/0		
1-3, L > 39	Setaria viridis +				0/1					0/1							
1-3, L > 20	Viola arvensis													5/0	1/0		
- -	Salsola kali subsp. ruthenica +					8/2											
- -	Plantago arenaria +					2/5											
1-3, L 40	Amaranthus retroflexus N +											1/0					

	Flächennummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	R1	R2	R3	R4
1,2, L ?	Tanacetum vulgare													27/1	1/0		
1-3, L > 10	Papaver dubium														3/1		
	Sonstige																
1-3, L > 45	Hypericum perforatum +		13/0				1/0		13/0	1/0				15/0	84/7		
1-3, L > 40	Agrostis capillaris +		43/3	66/0	6/0									15/0			2/0
	Myosotis species		4/1							1/0			1/0	2/0	2/0		
	Verbascum species +				0/1			1/0	2/0	15/0					22/2		
1, L ?	Poa angustifolia				2/0	2/0								2/0	4/0	8/4	
	Vicia species		2/0										2/0		0/1		
1-3, L > 5	Geranium molle +				5/1	3/0										1/0	
1-3, L > 5	Betula pendula										1/0		1/1			0/1	
1-3, L > 12	Holcus lanatus +					2/2								3/0			
1, L ?	Artemisia campestris							1/0								2/0	
- -	Verbascum phlomoides (*cf.*)														2/1		*4/0*
	Veronica species							1/0						5/0	2/0		
1-3, L > 30	Euphorbia cyparissias							1/0	2/0								
- -	Vicia angustifolia		2/0														
1,2, L > 2	Arrhenatherum elatius													5/0			
	Valerianella species													2/0			
2,3, L ?	Carex spicata														10/0		
3, L > 20	Silene latifolia subsp. alba															2/0	

Weitere Arten, die nur in je einem Exemplar im Ober- oder Unterboden festgestellt wurden: *Anagallis arvensis* (in 12), *Apera spica-venti* (R3), *Artemisia vulgaris* (R2), Bromus tectorum (in 5), Convolvulus arvensis (R2), Crepis capillaris (in 12), *Epilobium ciliatum* (in 10), *Erophila verna* (in 5), *Fallopia convolvulus* (R1), Festuca ovina s. l. (in 8), *Lupinus species* (R1), Luzula campestris s. l. (in 9), *Scleranthus annuus* (in 2), *Tripleurospermum perforatum* (R2), *Urtica dioca* (in 12), Viola cf. rupestris (in 9).
Nicht in der aktuellen Vegetation enthaltene Arten sind kursiv gesetzt, Arten im Unterboden sind zusätzlich unterstrichen.

Tabelle 6: Arten, die in den Pionierfluren/Sandrasen (Flächen 1-12) die meisten keimfähigen Diasporen besitzen, geordnet nach der Zahl der aufgelaufenen Keimlinge. Fett: Arten, die sowohl im Unter- als auch im Oberboden unter den „Top 10“ sind. „Top 100“: Arten, die in der Aufstellung von Thomp-son & al. (1997) unter den „Top 100“ sind (bezogen auf die Zahl der Nennungen für ganz NW-Europa).

Oberboden 1-6 cm	**Unterboden 11-16 cm**
Arenaria serpyllifolia Top 100	Chenopodium album Top 100
Sedum acre	**Arenaria serpyllifolia** Top 100
Potentilla argentea	**Saxifraga tridactylites**
Erodium cicutarium	**Sedum acre**
Saxifraga tridactylites	**Ornithopus perpusillus**
Cerastium semidecandrum	**Erodium cicutarium**
Ornithopus perpusillus	**Trifolium campestre**
Rumex acetosella	Corynephorus canescens
Agrostis capillaris Top 100	**Rumex acetosella** Top 100
Trifolium campestre	Medicago minima

Tabelle 7: Gekeimte Individuen in der Streu der Flächen 7 und 13. Gefährdungsgrade in Hessen nach Buttler & al. (1997) in Klammern hinter dem Artnamen. Weitere Erläuterungen siehe Tabelle 5.

Taxon/Probenkasten	Fläche 7	Fläche 13	Typ nach Thompson & al. 1997
Arenaria serpyllifolia	86	19	1-3, L > 11
Saxifraga tridactylites	2	37	1,2, L ?
Asperula cynanchica (V)	36	0	2, L ?
Conyza canadensis	4	19	1-3, L > 11
Artemisia campestris	22	0	1, L ?
Oenothera biennis	1	21	1-3, L > 39
Verbascum species	1	17	
Poa badensis (2)	17	0	- -
Helianthemum nummularium	14	0	1,2, L ?
Cerastium semidecandrum	12	2	1,2, L ?
Urtica dioica	0	13	1-3, L > 35
Thymus serpyllum (2**)**	12	0	- -
Festuca ovina s. l.	0	10	1-3, L ?
Fumana procumbens (1)	9	0	- -
Koeleria glauca (2**)**	9	0	- -
Echium vulgare	0	9	1-2, L > 2
Petrorhagia prolifera	7	0	- -
Euphorbia seguieriana (3)	6	0	- -
Poa angustifolia	6	2	1, L ?
Alyssum montanum subsp. gmelinii (2)	4	0	- -
Arabidopsis thaliana	0	4	1-3, L > 18
Veronica arvensis	0	4	1-2, L > 3
Myosotis species	3	0	
Sanguisorba minor	0	3	1-3, L > 30
Agrostis capillaris	2	1	1-3, L > 40
Euphorbia cyparissias	2	0	1-3, L > 30

Taxon/Probenkasten	Fläche 7	Fläche 13	Typ nach Thompson & al. 1997
Scabiosa canescens (3)	2	0	- -
Viola cf. riviniana	2	0	
Myosotis stricta	0	2	1-3, L > 18
Setaria viridis	0	2	1-3, L > 39
Hypericum perforatum	1	0	1-3, L > 45
Stachys recta	1	0	1, L ?
Ajuga genevensis	0	1	1,2, L ?
Chenopodium album	0	1	1-3, L > 660
Hypochaeris radicata	0	1	1,2 l > 1
Luzula campestris s. l.	0	1	1-3, L > 100
Veronica praecox (3)	0	1	1, L ?
Viola cf. rupestris	0	1	
Summe	**261**	**171**	
Anzahl/m²	**1473**	**965**	

Tabelle 8: Diasporen, die in den Fallen nachgewiesen werden konnten. Die Flächenbezeichnungen entsprechen der Tabelle 2. In der letzten Spalte ist die minimale Entfernung in m des nächstgelegenen Individuums der betreffenden Pflanzenart angegeben, bezogen auf die Diasporen-Fallen.

	Fläche 4	Fläche 6	Fläche 7	Fläche 11	Entfernung
Betula pendula	5	124	33	81	7,5
Bromus erectus	1	·	·	·	13
Calamagrostis epigejos	·	2	·	21	2
Cerastium species	·	·	1	·	?
Conyza canadensis	10	113	7	155	0,03
Crepis capillaris	·	·	·	9	0,2
Daucus carota	·	·	·	1	6
Euphorbia cyparissias	·	1	·	16	0,1
Euphorbia seguieriana	·	·	7	·	0,4
Festuca ovina s. l.	2	·	1	·	0,7
Geranium molle	18	·	·	32	0,02
Jurinea cyanoides	·	19	·	·	0,01
Koeleria glauca	·	·	2	·	0,05
Koeleria cristata	23	·	·	·	dicht
Oenothera biennis	·	·	·	382	0,1
Ononis repens	6	·	·	·	0,6
Pinus sylvestris	·	7	3	1	2
Poa pratensis s.l.	13	1	3	1	0,1
Verbascum cf. phlomoides	9	·	·	·	2,7
Vicia lathyroides	3	·	·	1	?
Vulpia myuros	1	·	·	·	10,1
Summe Diasporen (gesamt: 1115)	**91**	**267**	**57**	**700**	

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Botanik und Naturschutz in Hessen

Jahr/Year: 1998

Band/Volume: 10

Autor(en)/Author(s): Krolupper Nicole, Schwabe [Kratochwil] Angelika

Artikel/Article: Ökologische Untersuchungen im Darmstadt-Dieburger Sandgebiet (Südhessen): Allgemeines und Ergebnisse zum Diasporen-Reservoir und -Niederschlag 9-39