

## Sand-Steppenrasen in Hessen: Erhaltung und Restitution

In der hessischen Oberrheinebene kommen auf kalkreichen Sanden noch einige steppenartige, europaweit bedeutende Lebensräume vor (z. B. *Koelerion glaucae*, *Allio-Stipetum*). Im Rahmen des siebenjährigen Projektes „Ried und Sand“ und des vierjährigen Vorläuferprojektes „Sand-Ökosysteme im Binnenland: Dynamik und Restitution“ konnten wir Erkenntnisse zur Erhaltung, Werterhöhung und Restitution dieser stark fragmentierten und gefährdeten Lebensräume gewinnen, wobei „neue Hudelandschaften“ entstehen sollten.

Die Beweidung erwies sich als gut geeignet, die Diversität zu erhalten bzw. zu erhöhen, insbesondere den Anteil habitattypischer Arten. Schaf-Beweidung ist ideal zur großflächigen Pflege; Esel-Beweidung kann zur schonenden Pflege gut erhaltener Sandflächen eingesetzt werden. Eine Kombination beider Weidetiere hat sich bewährt, um den Naturschutzwert ruderalisierter Bestände zu erhöhen, indem dominante Graminoide zurückgedrängt werden. Auf der Prozessebene konnte gezeigt werden, dass eine ziehende Schafherde einen wichtigen, multifaktoriellen Beitrag zur funktionellen Vernetzung von fragmentierten Habitaten leistet. Das Ausbreitungspotenzial einer 800-köpfigen Schafherde liegt bei ca. 0,5–2,5 Mio. Diasporen/Tag endozoochor und > 0,3 Mio. Diasporen bei Koppelwechsel epizoochor. Von den 93 Arten, die insgesamt im Fell oder Dung gefunden wurden, waren 34 habitattypisch und von diesen 14 gefährdet. Nach erfolgter Diasporenausbreitung spielt die Bereitung eines optimalen „Keimbeetes“ eine signifikante Rolle, z. B. durch Tritteinwirkung.

Die Restitution ist erfolgreich, wenn einerseits die notwendigen abiotischen Verhältnisse hergestellt werden (nährstoffarmer Sand an der Oberfläche) und andererseits eine biotische Restitution erfolgt (Überwindung der Diasporenlimitierung durch Beimpfen mit Mahd- oder Rechgut). Als Pflegemaßnahme hat sich auch hier die Esel- und/oder Schafbeweidung bewährt, die ein lückiges Mosaik mit spezifischer Sandvegetation garantiert. Rote Liste-Arten wie *Alyssum montanum* subsp. *gmelinii*, *Euphorbia seguieriana* oder *Fumana procumbens* konnten sich auf Restitutionsflächen etablieren, und die gesamte Gemeinschaftsstruktur näherte sich den Leitbildflächen. Auch die Wildbienen- und Heuschreckenfauna reagiert sehr positiv auf Restitutionsmaßnahmen.

### Conservation and restoration of sand-steppe grasslands in Hesse

On calcareous sands in the upper Rhine valley of Hesse, there are still several steppe habitats of European importance (e.g. *Koelerion glaucae*, *Allio-Stipetum*). In the framework of the seven-year project “Ried und Sand” and the preceding project “Sand-Ökosysteme im Binnenland: Dynamik und Restitution” we obtained insights into the conservation and restoration of these fragmented and endangered habitats.

Grazing is well suited to maintain/increase diversity, especially of habitat-typical species. Sheep grazing is ideal to manage large areas, and donkeys are suitable to graze poor sandy areas in a non-destructive way. A combination of both grazers enhances the nature conservation value of ruderalised stands by reducing dominant graminoids. On a functional level, the results show that a roaming sheep flock contributes in a multifaceted way to the connectivity of habitats. The dispersal potential of a sheep flock (800 animals) is ca. 0.5–2.5 million diaspores d<sup>-1</sup> endozoochorously and > 0.3 million diaspores epizoochorously when moving between paddocks. Among the 93 species found totally, 34 were habitat-typical and of these 14 were threatened. Sheep also influence the post-dispersal fate of diaspores: trampling can lead to an improved seedling establishment.

The combination of abiotic (depositing nutrient-poor sand at the surface) and biotic measures (transfer of raked/mown plant material to overcome seed limitation) is very effective in restoring open sand habitats. Grazing by sheep and/or donkeys proved to be successful in maintaining the typical vegetation mosaic of inland dune habitats. Red List species, like *Alyssum montanum* subsp. *gmelinii*, *Euphorbia seguieriana* and *Fumana procumbens*, established themselves on the restoration plots, and the plant assemblages developed in the direction of target communities. Wild bees and locusts also showed positive responses.

### Zusammenfassung

### Abstract

## 1 Sand- und Steppenrasen in Südhessen

### 1.1 Einführung

In Südhessen existieren überregional bedeutsame Vorkommen von Sand- und Steppenrasen, die sich auf spät- und frühpostglazialen Flugsandablagerungen finden. Diese sind zumeist primär kalkreich und nährstoffarm. Das Klima ist charakterisiert durch eine mittlere Jahrestemperatur von 9,7 °C und einen mittleren Jahresniederschlag von 658 mm (1961-1990). Einige der hier vorkommenden Habitattypen gehören zu den Lebensraumtypen des Anhangs I der Fauna-Flora-Habitat (FFH)-Richtlinie (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ 2011; die prioritären Lebensraumtypen sind mit \* gekennzeichnet): trockene, kalkreiche Sandrasen (Natura 2000-Code 6120\*, Abb. 1), Subpannonische Steppen-Trockenrasen (z. B. *Allio-Stipetum capillatae*, Code 6240\*, Abb. 2) und Dünen mit offenen Grasflächen mit *Corynephorus* und *Agrostis* (Code 2330). Typenspezifisch beherbergen sie zahlreiche gefährdete Pflanzen- und Tierarten, darunter *Jurinea cyanooides* (prioritäre Art nach Anhang II der FFH-Richtlinie, BEIL & ZEHEM 2006), *Bassia laniflora* (in Deutschland vom Aussterben bedroht), *Koeleria glauca* und *Alyssum montanum* subsp. *gmelinii* (stark gefährdet) sowie *Fumana procumbens* (gefährdet).

Abb. 1:  
Kryptogamenreiche Sandpionierflur (*Koelerion glaucae*) mit *Helichrysum arenarium* im NSG „Ehemaliger August-Euler-Flugplatz von Darmstadt“ (13.8.2006).



Abb. 2:  
Sandsteppenrasen (*Allio-Stipetum*) im Gebiet „Griesheimer Düne“ (9.8.2006).



Wie in anderen Gebieten Mitteleuropas sind diese Arten und Habitattypen auch im südhessischen Raum gefährdet durch einen gravierenden Rückgang der Habitatgrößen und eine starke Fragmentierung der verbliebenen Reste. Hinzu kommen Tendenzen zur Habitatverschlechterung: Zunahme konkurrenzstarker Graminoider, Randeinflüsse (benachbarte Äcker) und schleichender Verlust wertgebender Arten bei Tendenz zur Zunahme von Ruderalarten („Ruderalisierung“).

In zwei Projekten konnten in unserer Arbeitsgruppe die Ursachen dieser Prozesse und Möglichkeiten zu ihrer Verlangsamung bzw. Umkehrung untersucht werden:

2000–2004: „Sandökosysteme im Binnenland: Dynamik und Restitution“, gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (SCHWABE & KRATOCHWIL 2004),

2004–2011: „Ried und Sand: Biotopverbund und Restitution durch extensive Landwirtschaft“, gefördert durch das Bundesamt für Naturschutz mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt (SÜSS et al. 2011). Leitung des Hauptverfahrens: LAndkreis Darmstadt-Dieburg.

Schwerpunkt der Untersuchungen war zum einen die Frage nach dem Einsatz von Beweidung als Mittel der Landschaftspflege, zum anderen die Frage nach einer möglichen Restitution, also Wiederherstellung von Sand- und Steppenrasen. Im Folgenden sollen aus diesen Projekten einige wichtige Ergebnisse zusammengestellt werden. In den zitierten Quellen finden sich ausführliche Angaben.

### 1.2 Sukzessionsmodell

Die typische Sukzession an den genannten Standorten führt von Pionierstadien der *Koelerio-Corynephoretea* zu artenreichen *Allio-Stipetum*-Beständen. Wir konnten den spontanen Sukzessionsverlauf über bis zu 15 Jahre auf 32 Dauerbeobachtungsflächen verfolgen (SÜSS et al. 2010) und daraus folgendes Sukzessionsmodell ableiten (Abb. 3).

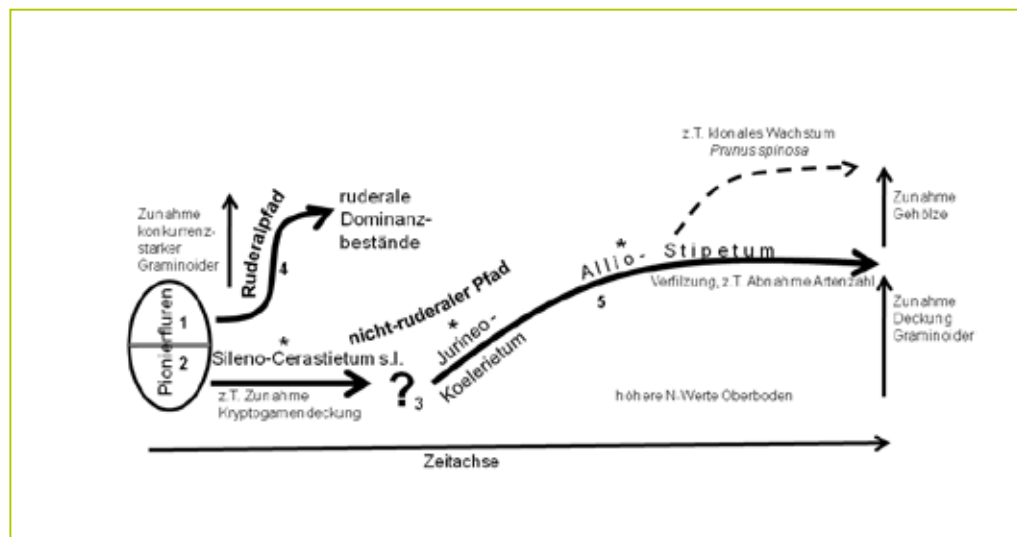


Abb. 3: Sukzessionsmodell der basenreichen Sandökosysteme des Binnenlandes (frühe bis mittlere Stadien).  
 1) Phosphat-P > 20 mg/kg, initiale Feuchtezahl ≥ 3,4.  
 2) Phosphat-P < 20 mg/kg, initiale Feuchtezahl < 3,4.  
 3) „missing link“.  
 4) Entwicklung innerhalb von 4-6 Jahren beobachtet.  
 5) Entwicklungsdauer z. T. > 14 Jahre. \*Lange Stagnation möglich. Aus Süß et al. (2010).

a) Die offene Sandvegetation nährstoffarmer Standorte ist relativ stabil. Pioniergesellschaften des *Sileno conicae-Cerastietum semidecandri* s. l. und des *Jurineo-Koelerietum glaucae* waren teilweise durch strukturelle Änderungen wie die Zunahme der Kryptogamen-Deckung gekennzeichnet. Eine Zunahme von *Stipa capillata* konnte z.T. im *Jurineo-Koelerietum* festgestellt werden. Viele typische Arten des *Jurineo-Koelerietum* blieben jedoch erhalten.

b) Auch in vielen Beständen des *Allio-Stipetum* waren die Veränderungen gering (Abb. 4); sporadisch trat als Gehölz *Prunus spinosa* auf. In einigen Beständen wurde mit zunehmender Deckung von *Stipa capillata* jedoch eine deutliche Abnahme der Artenzahl dokumentiert.

Typisch ausgebildete Sand- und Steppenrasen erwiesen sich nicht nur als vergleichsweise stabil, sondern auch gegenüber Störungen als resilient (FAUST et al. 2011b).



Abb. 4:  
Gebiet „Griesheimer Düne“  
mit Aspekt von *Stipa capillata*  
(12.7.2007).



c) In bestimmten Fällen nahm die Sukzession einen anderen Verlauf („Ruderalpfad“). Hier konnten sich binnen weniger Jahre aus den Pionierfluren Dominanzbestände konkurrenzstarker Graminoider bilden, insbesondere von *Calamagrostis epigejos*. Bodenuntersuchungen haben gezeigt, dass diese Entwicklung mit einem höheren Bodennährstoffgehalt (besonders Phosphat) und einer höheren Bodenfeuchte (Ellenberg-Feuchtezahl) korreliert (Süss et al. 2004).

## 2 Erhaltung und Verbesserung von Sand- und Steppenrasen durch Beweidung

### 2.1 Monitoring: Auswirkungen der Beweidung

Die Auswirkungen von Beweidung auf verschiedene Sukzessionsstadien wurden von uns langjährig untersucht (Süss et al. 2011). Im Naturschutzgebiet „Griesheimer Düne und Eichwäldchen“ (Abb. 5) wurden 80 m<sup>2</sup>-große, systematisch verteilte Rasterpunkte etabliert, die sich folgenden Typen zuordnen lassen: a) ehemalige Ackerflächen, beweidet (16 Rasterpunkte), b) *Allio-Stipetum*-Bestände, beweidet (14 Rasterpunkte), c) *Allio-Stipetum*-Bestände, unbeweidet (10 Rasterpunkte). Auf diesen Flächen wurden 2000-2010 jährlich Vegetationsaufnahmen erstellt (Typ c nur bis 2009).

Die Beweidung begann im Jahr 2000 nach der Erstellung der ersten Vegetationsaufnahmen. Die Schafbeweidung wurde dynamisch durchgeführt, das heißt kleine Flächen (ca. 1 ha) wurden für Stunden bis Tage mit einer Herde von bis zu 500 Muttertieren (teilweise zuzüglich Lämmer) beweidet. Später kam eine Eselbeweidung ergänzend hinzu.

Abb. 5:  
Schafbeweidung im Gebiet „Griesheimer Düne“ (18.7.2011).



Als Indikator für die naturschutzfachliche Wertigkeit einer Fläche wurden Zielartenindizes definiert. Der qualitative Zielartenindex ist der Quotient aus Zielartenzahl/Gesamtartenzahl, der quantitative Zielartenindex berücksichtigt die Deckung der Arten. Zielarten sind dabei Arten der *Festuco-Brometea* und *Koelerio-Corynephoretea*. Nach Süss et al. (2011) wurden folgende Ergebnisse erzielt: Im Jahr 2000 bestanden deutliche Ausgangsunterschiede zwischen den drei Flächentypen mit den höchsten Zielartenzahlen (um 18) auf den unbeweideten *Allio-Stipetum*-Flächen (c) und niedrigeren (um 14) auf den in den Folgejahren beweideten Flächen (b). Seit 2002 übertrafen letztere jedoch erstere und 2010 lagen auf den beweideten *Allio-Stipetum*-Flächen (b) mit ca. 19 Arten die höchsten Zielartenzahlen vor, auf den unbeweideten Flächen (c) nur noch ca. 11. Die Zunahme der Deckung der Zielarten durch die Beweidung lässt sich am quantitativen Zielartenindex ablesen. Dieser stieg von ca. 0,35 auf knapp 0,6 an, während er ohne Beweidung von knapp 0,6 auf unter 0,5 abnahm. Aus diesen Befunden lässt sich erstens ableiten, dass durch Beweidung eine Verbesserung des Pflegezustandes zu erreichen ist und zweitens, dass ohne Beweidung (oder andere Managementmaßnahmen) eine allmähliche Verschlechterung auch anfänglich gut ausgebildeter Steppenrasen erfolgt (Abb. 6).



Abb. 6:  
Untersuchung des Beweidungseinflusses mittels gezäunter Ausschlussflächen: Im Zaun Anreicherung von *Calamagrostis epigejos*, Gebiet „Griesheimer Düne“ (18.8.2009).

Auf den beweideten ehemaligen Ackerflächen (a) nahmen die Zielartenzahlen zunächst deutlich von 9 auf 15 zu, ab dem Jahr 2005 jedoch wieder ab auf 12 im Jahr 2009. Der quantitative TSR stieg von ca. 0,19 auf knapp 0,30 an. Wenn sich also auch allein durch eine „restaurative Beweidung“ ehemaliger Ackerflächen eine naturschutzfachliche Verbesserung erreichen lässt, bleibt der Naturschutzwert auch nach neun Jahren deutlich hinter dem von gut ausgebildeten Steppenrasen zurück.

Insgesamt erweist sich am Beispiel der Griesheimer Düne die Beweidung mit Schafen und Eseln als sehr geeignet zur Schaffung von mosaikartigen Sand-Vegetationskomplexen. Entomologische Untersuchungen konnten belegen, dass die Schaffung von Mosaiken aus botanisch hochwertigen Steppenrasen und ehemaligen Ackerflächen mit erhöhtem Aufkommen von einigen Ruderalarten beispielsweise für bedrohte Wildbienenarten optimal ist (z. B. BEIL 2007).

## 2.2 Fraßpräferenzen

Bei einer Untersuchung der Fraßpräferenzen von Schafen in Sand-Lebensräumen fanden STROH et al. (2002) heraus, dass die Ruderalarten im Vergleich zu den Zielarten der Sand-Lebensräume stärker verbissen wurden. Diese Selektivität unterstützt die Erhöhung des Naturschutzwertes durch Beweidung.

Für die Erfolge bei der Zurückdrängung insbesondere von konkurrenzstarken Graminoiden könnte also die Fraßselektion der Weidetiere ausschlaggebend sein. Um diesen Faktor näher zu untersuchen, haben Süss et al. (2009) die Fraßpräferenzen von Eseln und Schafen verglichen. Außerdem wurde die sukzessive Beweidung mit beiden Weidetierarten (Multispeziesbeweidung) einbezogen. 2003 und 2004 wurden in Beständen des *Armerio-Festucetum trachyphyllae* zwei Subassoziationen jeweils dreifach repliziert untersucht. Auf 150 jeweils 2 m<sup>2</sup>-großen Probeflächen wurde die Phyto-

masse des Weiderestes mit dem Aufwuchs unter Kleinexlosures verglichen, die durch Weidekörbe vor Fraß geschützt waren. Aus diesen Werten wurde die prozentuale Phytomasse-Extraktion in den funktionellen Gruppen „Graminoide“, „Leguminosen“ und „sonstige Kräuter“ berechnet.

Die maximale Phytomasse-Extraktion wird demnach unter Multispezies-Beweidung erzielt. Schafe nutzen die „sonstigen Kräuter“ stärker als Esel, während letztere „Leguminosen“ und „Grasartige“ bevorzugen. Für die Praxis lässt sich aus diesen Ergebnissen ableiten, dass die Multispezies-Beweidung zur Verbesserung ruderalisierter Bestände am besten geeignet ist, da sich die Nahrungsspektren der Weidetierarten ergänzen und insgesamt die Phytomasse am stärksten reduziert wird.

### 2.3 Schaffung von Offenboden-Stellen

Im selben Untersuchungsansatz wurde studiert, in welchem Umfang durch die Weidetiere Offenboden-Stellen geschaffen werden, die für die Pflanzen als Regenerationsnischen dienen können (SÜSS & SCHWABE 2007). Dabei zeigte sich, dass der Offenbodenanteil nach Eselbeweidung höher war als nach Schafbeweidung und nach Multispeziesbeweidung am höchsten lag.

### 2.4 Schafe als Ausbreitungsvektoren für Diasporen

Eine Reihe von unseren Untersuchungen zu Schafen als Ausbreitungsvektoren von Samen und Früchten durch Epi- und Endozoochorie wurden von EICHBERG & WESSELS-DE WIT (2011) zusammengestellt. Die wichtigsten Ergebnisse sind: Insgesamt transportierten die Schafe Diasporen von 93 Gefäßpflanzenarten, darunter 14 Rote Liste-Arten, 20 weitere habitattypische und 32 Ruderalarten. Das Ausbreitungspotential erwies sich als sehr hoch: eine Schafherde von 800 Tieren transportiert bei einem Koppelwechsel über 300.000 Diasporen in ihrem Fell. Endozoochor beträgt die Ausscheidung 0,5-2,5 Millionen Diasporen pro Tag. Die Ausbreitungsspektren der beiden Transportwege sind dabei weitgehend komplementär: Nur 34 % der Arten werden auf beiden Wegen ausgebreitet.

Für die Arten *Jurinea cyanoides*, *Stipa capillata* und *Agrimonia procera* wurde die Verweilzeit im Fell experimentell geprüft (EICHBERG et al. 2005, WESSELS et al. 2008): Dabei zeigte sich, dass *Jurinea*-Achänen zu 82 % binnen 2 Stunden aus dem Fell fallen, aber zu 5 % länger als 52 Stunden im Fell verbleiben. Auch die anderen Arten werden in nennenswerten Anteilen bei einem Koppelwechsel über eine Distanz von 3 km zur neuen Koppel transportiert.

### 2.5 Etablierung

Um zu prüfen, inwieweit der epizoochore Transport auch zu einer erfolgreichen Etablierung führt, wurden drei 81 m<sup>2</sup>-große Aufschüttungen aus Diasporen-armen Tiefensand angelegt und 24 Stunden von 2 Schafen beweidet, von denen eines mit je 600 Diasporen von 14 Pflanzenarten experimentell ausgestattet wurde. Keimlingsemergenz und Etablierungserfolg wurden über 9 Monate hinweg verfolgt (WESSELS-DE WIT & SCHWABE 2010). Keimlinge konnten von allen 14 Arten gefunden werden, einige Arten konnten sogar erfolgreich fruktifizieren.

Auch die Etablierung nach endozoochorem Transport wurde studiert (EICHBERG et al. 2007). 28 Arten wurden in einem Experiment als potentiell keimfähig ermittelt, davon entwickelten 15 im Freiland auf den Faeces Keimlinge. Fünf Arten kamen bis zur Fruchtreife. Dies sind winterannuelle, konkurrenzschwache Arten, darunter vier Rote Liste-Arten. Zielarten gewannen im Verlauf der Prozesskette immer höhere Anteile. Konkurrenzstarke Graminoide wie *Carex hirta* und *Poa angustifolia* waren zwar im Dung keimfähig, konnten sich aber nicht unter Freilandbedingungen etablieren.

### 2.6 Effekte von Schaftritt auf die Etablierung

In zwei Untersuchungen standen die Effekte von Schaftritt auf die Etablierung von Diasporen im Fokus. EICHBERG et al. (2005) legten in zwei Koppeln an je 20 Kleinflächen (100 cm<sup>2</sup>) je fünf Achänen von *Jurinea cyanoides* aus. Nach Beweidung mit zwei Schafen wurde das Schicksal der Achänen überprüft. Dabei zeigte sich ein hochsignifikanter Einfluss des Faktors Tritt: Durch die Beweidung wurden 14 % der Achänen komplett in den Boden inkorporiert – und damit dem Einfluss von Prädatoren entzogen und in guten Bodenkontakt gebracht. Der Anteil in der Kontrolle betrug 0 %.

Die Etablierung wurde in einem weiteren Experiment verfolgt (WESSELS-DE WIT & SCHWABE 2010). Hier wurden in drei Koppeln auf je fünf 625 cm<sup>2</sup>-großen Kleinflächen je 25 *Jurinea cyanoides*- und 100 *Koeleria glauca*-Diasporen ausgelegt und dem Tritt von Schafen ausgesetzt. Eine entsprechende Anzahl unbeweideter Kontrollen wurde eingerichtet. Das Keimlingsaufkommen wurde sieben Monate untersucht. Es konnte ein hochsignifikanter positiver Einfluss des Schaftritts auf die *Jurinea*

*cyanooides*-Etablierung, nicht jedoch auf die von *Koeleria glauca* gefunden werden.

Wie FAUST et al. (2011a) zeigen konnten, erhöht der Schaftritt nicht nur im Schafdung, sondern auch im Kaninchendung die Keim- und Etablierungsraten der enthaltenen Diasporen deutlich (2- bis 4-fach).

### 2.7 Schlussfolgerungen für das Pflegemanagement

Aus diesen Untersuchungen ergeben sich differenzierte Vorschläge für ein Pflegemanagement:

- Intakte Sand-Pionierfluren müssen nur sehr extensiv beweidet werden, wofür sich eine Schaf-Hütebeweidung mit großen Herden, aber kurzer und nicht jährlicher Beweidung empfiehlt. Bei sehr kleinen Flächen, die für Schafherden schlecht erreichbar sind, kommt eine gelegentliche Beweidung mit Eseln als Alternative in Betracht.
- Bestände des *Allio-Stipetum* mit zunehmender Homogenisierung, Verfilzung und Anreicherung von hochwüchsigen Gräsern (auch *Stipa capillata*) sollten zur Dynamisierung einer Esel-Beweidung unterzogen werden.
- Zur Zurückdrängung der Ruderalisierung ist eine sukzessive Schaf- und Eselbeweidung optimal geeignet. Hierdurch werden ein hoher Phytomassenentzug erreicht, offene Stellen geschaffen und Diasporen von Zielarten eingetragen.
- Im Falle der Anreicherung von Gehölzen, die sich punktuell auf unseren Flächen angesiedelt haben, kommt eine manuelle Pflege oder bei stärkerem Aufkommen Ziegenbeweidung in Betracht (SCHWABE & KRATOCHWIL 2004).

### 3.1 Maßnahmen

In unserer Arbeitsgruppe wurden verschiedene Techniken der Restitution von Sand- und Steppenrasen erprobt und untersucht (SCHWABE & KRATOCHWIL 2004, SCHWABE & KRATOCHWIL 2009, SÜSS et al. 2011). Bestandteile eines umfassenden Renaturierungskonzeptes sind:

#### I. Abiotische Maßnahmen: Schaffung der notwendigen Standortbedingungen

In vielen Fällen erfordert die Restitution die Neuanlage der Habitate z. B. nach ehemaliger Acker- nutzung. Nach den Ergebnissen von SÜSS et al. (2004) machen die im Oberboden dann meist noch vorhandenen hohen Phosphatgehalte eine Sukzession in Richtung „Ruderalpfad“ wahrscheinlich. Abhilfe kann geschaffen werden durch Profilinversion, d. h. Umkehr der Abfolge des Ober- und Unterbodens, oder Tiefensandaufbringung, d. h. Überschüttung des vorhandenen Bodens mit Substrat z. B. aus Baugruben (Abb. 7 und 8).



### 3 Restitution von Sand- und Steppenrasen

Abb. 7: Restitution mittels Tiefensandauf- bringung: vorn frisch inokulierter Tiefensand, Hintergrund: ND „Seeheimer Düne“ bei Seeheim- Jugendheim (2.6.2005).



Abb. 8:  
Restitutionsfläche vier Jahre  
nach der Anlage, ND „Seeheimer  
Düne“ bei Seeheim-Jugenheim  
(18.5.2009).



## II. Biotische Maßnahmen: Einbringen der Diasporen von Zielarten (Inokulation)

Die abiotischen Maßnahmen sorgen zugleich für ein diasporenarmes Substrat. Ein Eintrag von Diasporen von Zielarten durch natürliche Ausbreitungsmittel (Wind, Tiere) ist sehr begrenzt (EICHBERG et al. 2010, STROH et al. 2002) und im Falle der Neuschaffung von Trittsteinen ohne direkt benachbarte, zielartenreiche Habitats auch nahezu unmöglich. Abhilfe schafft hier das Einbringen von Diasporen von Zielarten durch die Auftragung von Mahdgut oder Rechgut aus Leitbildflächen. Unter letzterem verstehen wir das durch Ausrechen (manuell oder maschinell) gewonnene Material, das reich an Streu und Kryptogamen ist und auch etwas Oberbodenmaterial enthält.

## III. Pflegemanagement: Beweidung

Durch Beweidung kann die Sukzession in die gewünschte Richtung gelenkt werden.

### 3.2 Fallstudie Rotböhl: Habitatvergrößerung durch Restitution

Das flächenhafte Naturdenkmal Rotböhl sollte durch Einbeziehung benachbarter ehemaliger Äcker vergrößert werden. Durchgeführt wurde 2001 als abiotische Maßnahme eine Bodeninversion (Abb. 9) mit nachfolgender Inokulation. Seit 2003 wird die Fläche mit Eseln beweidet.

Abb. 9:  
Restitution mittels Profilinversion:  
links nährstoffarmer Unterboden,  
rechts dunklerer, humus- und  
nährstoffreicher Oberboden, der  
im nächsten Schritt in der Grube  
begraben wird. Maßnahme an-  
grenzend an das ND „Rotböhl“  
bei Weiterstadt (2004).





SÜSS et al. (2011) fassen die Ergebnisse zusammen: Durch die Bodenprofilinversion ist es gelungen, die Phosphat-P-Gehalte im Oberboden von Werten von rund 200 mg/kg Trockensubstanz in jungen Ackerbrachen auf Werte um 20 mg/kg zu senken, was den Leitbildflächen mit 10-20 mg/kg nahekommt. In der Diasporenbank des invertierten Bodens wurden nur neun Arten, darunter eine Zielart gefunden, und die mittlere Diasporendichte in den obersten 6 cm betrug nur ca. 130 m<sup>-2</sup>. Auch der Diasporenniederschlag enthielt, trotz der räumlichen Benachbarung von Leitbildflächen, nur zu 5 % Zielarten (sechs Arten); selbst diese stammen vermutlich zum Teil von den inokulierten Parzellen dieses Versuchs. Somit ergeben sich ein sehr niedriges spontanes Besiedlungspotential mit habitatypischen Arten und die Notwendigkeit, diese Diasporen-Limitierung durch Inokulation zu überwinden.

Die Auswertung der Vegetationsaufnahmen (EICHBERG et al. 2010) zeigte eine spezifische Sukzession der Empfängerflächen, jeweils in Richtung auf die zugehörige Spenderflächen; erstere nähern sich letzteren über die vier Jahre an, freilich ohne diese ganz zu erreichen. In beiden Spenderflächen zusammen kamen 41 Zielarten vor. 34 davon (83 %) siedelten sich auf den Empfängerflächen an. Von den bedrohten Arten wurden 10 von 13 übertragen (77 %). Bemerkenswerterweise wurden zusätzlich 11 Zielarten (davon 3 Rote Liste-Arten) nur auf Empfängerflächen registriert. Wie der Zielartenindex zeigte, war die Ausstattung der Restitutionsflächen mit Zielarten nicht schlechter als die der Leitbildflächen. Auch die Wildbienen- und Heuschreckenfauna reagiert sehr positiv auf Restitutionsmaßnahmen (SÜSS et al. 2011).

Diese Fallstudie zeigt – ebenso wie weitere Untersuchungen z. B. im Gebiet Seeheim-Jugenheim – dass es tatsächlich möglich ist, in überschaubaren Zeiträumen hochwertige Sandlebensräume auf entwerteten Ackerböden neu zu schaffen, wenn die dafür nötigen Ausgangsbedingungen hergestellt werden und ein Pflegemanagement sichergestellt ist.

- BEIL, M. (2007): Blütenbesuchende Wildbienen-Gemeinschaften (Hymenoptera, Apoidea) in Sand-Ökosystemen. Diss., Technische Universität Darmstadt.
- & ZEHM, A. (2006): Erfassung und naturschutzfachliche Bewertung der hessischen Vorkommen von *Jurinea cyanoides* (L.) Rchb. (FFH-Anhang-II-Art). *Natur und Landschaft* **81**: 177–184.
- BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (2011): Liste der in Deutschland vorkommenden Lebensraumtypen der FFH-Richtlinie. URL: [http://www.bfn.de/0316\\_lr\\_intro.html](http://www.bfn.de/0316_lr_intro.html). Stand: 22.03.2011.
- EICHBERG, C., STORM, C. & SCHWABE, A. (2005): Epizoochorous and post-dispersal processes in a rare plant species: *Jurinea cyanoides* (L.) Rchb. (Asteraceae). *Flora* **200**: 477–489.
- EICHBERG, C., STORM, C. & SCHWABE, A. (2007): Endozoochorous dispersal, seedling emergence and fruiting success in disturbed and undisturbed successional stages of sheep grazed inland sand ecosystems. *Flora* **202**: 3–26.
- EICHBERG, C., STORM, C., STROH, M. & SCHWABE, A. (2010): Is the combination of topsoil replacement and inoculation with plant material an effective tool for the restoration of threatened sandy grassland? *Applied Vegetation Science* **13**: 425–438.
- EICHBERG, C. & WESSELS-DE WIT, S. (2011): Schafe als Ausbreitungsvektoren von Samen und Früchten und als Faktoren für den Etablierungserfolg dieser Diasporen in offenen Sand-Ökosystemen. In: SÜSS, K., STORM, C. & SCHWABE, A. (Hrsg.): Ried und Sand: Biotopverbund durch extensive Landwirtschaft. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* **110**: 137–162. Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg.
- FAUST, C., EICHBERG, C., STORM, C. & SCHWABE, A. (2011a): Post-dispersal impact on seed fate by livestock trampling – A gap of knowledge. *Basic and Applied Ecology* **12**: 215–226.
- FAUST, C., SÜSS, K., STORM, C. & SCHWABE, A. (2011b): Threatened inland sand vegetation in the temperate zone under different types of abiotic and biotic disturbances during a ten-year period. *Flora* **206**: 611–621.
- SCHWABE, A. & KRATOCHWIL, A. (2004) (Hrsg.): Beweidung und Restitution als Chancen für den Naturschutz? *NNA-Berichte* **17** (1): 237 S.
- SCHWABE, A. & KRATOCHWIL, A. (2009): Renaturierung von Sandökosystemen im Binnenland. In: ZERBE, S. & WIEGLEB, G. (Hrsg.): Renaturierung von Ökosystemen in Mitteleuropa: 235–263, Heidelberg.
- STROH, M., STORM, C., ZEHM, A. & SCHWABE, A. (2002): Restorative grazing as a tool for directed succession with diaspore inoculation: the model of sand ecosystems. *Phytocoenologia* **32**: 595–625.

## Literatur

- SÜSS, K. & SCHWABE, A. (2007): Sheep versus donkey grazing or mixed treatment: results from a 4-year field experiment in *Armerio-Festucetum trachyphyllae* sand vegetation. *Phytocoenologia* **37**: 135–160.
- SÜSS, K., STORM, C. & SCHWABE, A. (2009): Is the different diet selection by sheep and donkeys a tool for the management of threatened sand vegetation? *Tuexenia* **29**: 181–97.
- SÜSS, K., STORM, C. & SCHWABE, A. (2010): Sukzessionslinien in basenreicher offener Sandvegetation des Binnenlandes – Ergebnisse aus Untersuchungen von Dauerbeobachtungsflächen. *Tuexenia* **30**: 289–318.
- SÜSS, K., STORM, C. & SCHWABE, A. (Hrsg.) (2011): Ried und Sand: Biotopverbund durch extensive Landbewirtschaftung. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* **110**, Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg, 348 S.
- SÜSS, K., STORM, C., ZEHM, A. & SCHWABE, A. (2004): Successional traits in inland sand ecosystems: which factors determine the occurrence of the tall grass species *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth and *Stipa capillata* L.? *Plant Biology* **6**: 465–476.
- WESSELS, S., EICHBERG, C., STORM, C., & SCHWABE, A. (2008): Do plant-community-based grazing regimes lead to epizoochorous dispersal of high proportions of target species? *Flora* **203**: 304–326.
- WESSELS-DEWIT, S. & SCHWABE, A. (2010): The fate of sheep-dispersed seeds: Plant species emergence and spatial patterns. *Flora* **205**: 656–665.

### Anschrift der Autoren

Dr. Christian Storm & Prof. Dr. Angelika Schwabe  
Fachgebiet Vegetations- und Restitutionsökologie  
Technische Universität Darmstadt  
Schnittspahnstr. 4  
64287 Darmstadt  
DEUTSCHLAND

E-Mail: [Storm@bio.tu-darmstadt.de](mailto:Storm@bio.tu-darmstadt.de)

E-Mail: [Schwabe@bio.tu-darmstadt.de](mailto:Schwabe@bio.tu-darmstadt.de)