



Naturschutz und Biologische Vielfalt

73

Offenlandmanagement außerhalb landwirtschaftlicher Nutzflächen

Peter Finck, Uwe Riecken und Eckhard Schröder (Bearb.)

Binnendünen-Flutmulden-Renaturierung im Auengebiet der Hase (Niedersachsen) – eine Bilanz nach sieben Jahren

ANSELM KRATOCHWIL, MICHAEL STROH, SEBASTIAN DITTRICH
und DOMINIQUE REMY

Abstract

Seven years of inland sand dunes-flood channel-restoration – an evaluation

To counteract the increasing disappearance of inland sand-dune complexes a typical vegetation complex composed of inland sand dunes and seasonally flooded grasslands was restored on sites which were located on two meander loops of the Hase river (Haseluene, Emsland) and had been under intensive agricultural management for several decades. Vegetation complexes in a nature reserve area near Lingen/Ems were used as target communities. Plant communities of *Spergulo vernalis-Corynephorretum canescentis* (typicum and cladonietosum) and *Diantho deltoidis-Armerietum elongatae* were intended to be established. Models of the landscape relief were developed on the basis of historical maps and aerial photographs. In 2001, the relief was modelled in the restoration area, the dikes near the river were removed and dune complexes as well as temporarily flooded hollows were created. Nutrient-rich soil layers were transferred into the core of the new dunes and then covered by layers poor in nutrients and free of diaspores. After this, the new dune systems were inoculated by mown and raked material of *Spergulo-Corynephorretum* and *Diantho-Armerietum*. A detailed study-design is used to evaluate the success of the restoration measures (among others vegetation, abiotic factors, grazing effects, colonization of specific animal groups). In winter 2001/2002, the initiation of natural abiotic processes (floodings) could be observed whereas biotic processes (grazing) started in early summer 2002. Since that time, the following results have been assessed: Due to the inversion of soil layers the content of nitrate and phosphate is decreasing after years of intensive agricultural land use. However, owing to soil compaction waterlogging zones can be observed in the restoration area which can be attributed to landscape-modelling activities with heavy machinery. The restoration of the natural flood-water level created large-scale dynamic processes. During the first years of our project, inoculation of mown and raked material led to rapid colonization processes of the studied target communities. Although the vegetation compositions of the target and restoration areas have become progressively more similar, the success of seven years of restoration has to be interpreted from differentiated points of view. Whereas *Diantho-Armerietum* is constantly dispersing in the restoration areas, this is not true for *Spergulo-Corynephorretum*. The present maintenance of the restoration areas is too limited to prevent *Spergulo-Corynephorretum* from disappearing and even to conserve numerous sites of *Diantho-Armerietum* in the long run.

1 Einleitung

Im nordwestdeutschen Tiefland unterliegen heute zahlreiche Auenstandorte einer intensiven agrarischen Nutzung. Dies gilt auch für den Fluss „Hase“, das mit einer Gesamtlänge von 168 km größte Seitengewässer der Ems. Seit dem Jahr 1950 wurden zur Eindämmung der jährlichen Hochwässer und zur Schaffung intensiv nutzbarer Landwirtschaftsflächen der einst mäandrierende Fließgewässerverlauf verkürzt und flussnahe Deiche angelegt. Über Jahrhunderte existierten dort, ähnlich wie an der Ems, alluvial geprägte Hudelandschaften mit Ufergebüsch, Flutrasen, Dünenkomplexen und Weidewaldchen, Lebensraum-Komplexe mit einer besonders hohen Biodiversität (ASSMANN & KRATOCHWIL 1995; ASSMANN & FALKE 1997). Solche Landschaftsmosaik sind heute nur noch an wenigen Stellen vorhanden, so im Naturschutzgebiet „Borkener Paradies“ oder im Naturschutzgebiet „Sandtrockenrasen am Biener Busch“ (POTT & HÜPPE 1991).

Durch den Rückzug der Landwirtschaft aus Grenzertragsflächen bot es sich an, solche Bereiche zur Restitution von Natura 2000-Lebensräumen zu nutzen. Im Rahmen eines Erprobungs- und Entwicklungsvorhabens „Hasetal – Wiederherstellung der natürlichen Flussdynamik in der Hase-Aue im Landkreis Emsland“, gefördert durch das Bundesamt für Naturschutz (BfN) mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), stellte der Landkreis Emsland in den Jahren von 1995 bis 2001 auf 14 km Fließstrecke (ca. 500 ha Grundfläche) die Flussdynamik der Hase wieder her (REMY 2006). Im Rahmen dieses Vorhabens konnte in ausgewählten Bereichen die Anlage großflächiger Sanddünen-Flutmulden-Komplexe realisiert werden. Dies ermöglichte die Integration eines vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF) geförderten Verbundprojektes „Sand-Ökosysteme im Binnenland: Dynamik und Restitution“, in welchem neben den Gebieten der Hase-Aue auch Binnensand-Ökosysteme in Südhessen (Darmstadt) restituiert und wissenschaftlich untersucht wurden (SCHWABE & KRATOCHWIL 2004). Projektziel im Emsland war die Restitution und Redynamisierung einer typischen halboffenen Weidelandschaft (RIECKEN et al. 2001) mit Binnendünen-Flutmulden-Komplexen auf sandigen Böden im Flusstal der Hase unter besonderer Berücksichtigung der Restitution der Silbergras- (*Spergulo vernalis-Corynephorum canescentis* [R. Tx. 1928] Libbert 1934) und Heidenelken-Fluren (*Diantho deltoidis-Armerietum elongatae* Krausch 1959), die beide Natura 2000-Lebensräume repräsentieren („Offene Grasflächen mit *Corynephorus* und *Agrostis* auf Binnendünen“; FFH-Richtlinie Anhang I; LRT 2330; vgl. SSYMANK et al. 1998). Binnendünen-Ökosysteme gehören zu den in West- und Mitteleuropa am stärksten gefährdeten Lebensräumen (RIKSEN et al. 2006). Eine synoptische Übersicht über die Renaturierung von Sandökosystemen geben SCHWABE & KRATOCHWIL (2008).

Ende des Jahres 2000 waren Planungsphase und Voruntersuchungen abgeschlossen. Unter Berücksichtigung von altem Kartenmaterial sowie von Luftbildern konnte ein Modell für die Restitution entworfen werden. Auf der gesamten Fläche wurden die Nährstoff-Verhältnisse verschiedener Bodenschichten geprüft. Im September 2001 folgte die Abtragung der alten Deiche und ein neuer, nach hinten verlegter Deich zum Siedlungshochwasserschutz wurde angelegt. Die nährstoffreichen Oberböden wurden in den Kern des neuen Deiches und in die Kerne der den Dünen nachgebildeten Erhebungen eingebaut und ste-

rile Sande aus dem Kern der alten Deiche und aus tieferen Schichten als Deckschicht aufgetragen. Insgesamt kam es zu einer Bodenbewegung von 67.000 m³ auf ca. 38 Hektar Fläche. In dieser Initialphase wurde auf die modellierten Dünenbereiche ausgerechtes, gemähtes und anschließend getrocknetes Pflanzenmaterial aus Leitbildflächen eingebracht, so dass sich dort Silbergras- und Heidenelken-Fluren entwickeln konnten. Seit dem Winter 2001/2002 setzte im Gebiet die Hochwasser-Dynamik ein. Es kam zu großflächigen Sanddepositionen und Erosionen. Ab 2002 begann die extensive Rinderbeweidung (0,7 Großvieheinheiten pro Hektar). Somit sind die beiden im Gebiet für die Landschaftsdynamik vorgesehenen Parameter „Fließgewässerdynamik“ und „Beweidung“ eingeleitet worden. Die wichtigsten Ergebnisse dieses Projektes wurden in den Jahren zwischen 2004 und 2006 bereits vorgestellt (u. a. KRATOCHWIL 2004; KRATOCHWIL et al. 2004; REMY & ZIMMERMANN 2004; STROH & KRATOCHWIL 2004; STROH et al. 2005; STROH 2006).

Inzwischen sind seit dieser Restitutionsmaßnahme sieben Jahre vergangen, so dass sich aus wissenschaftlicher Sicht unter anderem folgende Fragen stellen:

- Ist es gelungen, auf dieser stark gedüngten, intensiv landwirtschaftlich genutzten Fläche wieder relativ nährstoffarme Verhältnisse herzustellen?
- Konnten sich nach dem Einbringen von Samen- und Pflanzenmaterial des Spergulo-Corynephorum und Diantho-Armerietum aus Leitbildflächen und Restpopulationen die standorttypischen Pflanzengesellschaften im Restitutionsgebiet etablieren?
- Gibt es floristische Unterschiede zwischen den Spenderflächen und den restituierten Beständen?
- Haben sich beide Pflanzengesellschaften im Restitutionsgebiet nach ihrer Etablierung weiter ausbreiten können?

Arbeiten über die sich im Restitutionsgebiet spontan ansiedelnde Tierwelt liegen bisher über Heuschrecken und Laufkäfer vor (PERSIGEHL & ASSMANN 2004; PERSIGEHL et al. 2004; GÜNTHER & ASSMANN 2005). Die Kolonisation durch Wildbienen wird in einer eigenen Arbeit im Rahmen dieses Bandes vorgestellt (EXELER & KRATOCHWIL 2009).

2 Untersuchungsgebiete

Das Restitutionsgebiet (Abb. 1, Abb. 2) umfasst zwei Mänderschleifen des Flusses „Hase“ bei Haselünne (Emsland), die „Hammer Schleife“ und die „Wester Schleife“ (7° 26' O, 52° 34' W). Beide befanden sich vor der Restitution über mehrere Jahrzehnte unter intensiver landwirtschaftlicher Bewirtschaftung. Als Leitbildflächen dienten das Naturschutzgebiet „Sandtrockenrasen am Biener Busch“ bei Lingen/Ems (7° 15' O, 52° 34' N; s. Abb. 1) mit großflächigen Flutrasen und Silbergrasfluren (Spergulo vernalis-Corynephorum canescentis typicum und cladonietosum) sowie Flächen nördlich der „Hammer Schleife“ an der Hase mit Heidenelken-Fluren (Diantho deltoidis-Armerietum elongatae). Des Weiteren wurde eine seit dem Jahr 1995 bestehende ehemalige Ackerbrache (NSG „Sandtrockenrasen am Biener Busch“), die vor 8 Jahren eine magere Grünland-Ansaat erhielt, als Modell für eine ältere nicht inokulierte Referenzfläche in die Untersuchung mit einbezogen.

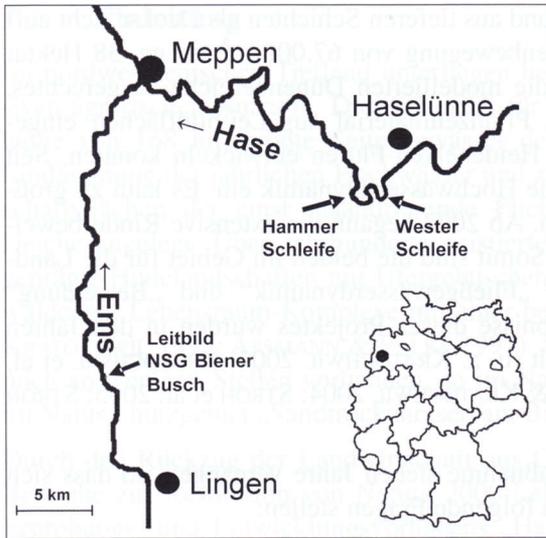


Abb. 1:
Lage des Leitbild- und Restitutionsgebietes.



Abb. 2: Das Restitutionsgebiet „Hammer Schleife“ mit den beiden eingerichteten Dünenzügen und angelegten wasserführenden Senken. Nach der ersten winterlichen Überflutung (Februar 2003) hat sich ein großer Sandfächer gebildet; Blickrichtung Nordwest (Foto: Mecklenburg/Haren).

3 Methoden

3.1 Erfassung des Sickerwassers

Über einen Zeitraum von fünf Jahren (2002–2006) wurden die Sickerwasser-Mengen und die damit verbundene vertikale Nährstoffverlagerung monatlich erfasst. Im Jahr 2006 waren aufgrund der geringen Niederschläge nur im ersten Halbjahr Messungen möglich. Es kamen insgesamt 12 Lysimeter zum Einsatz (Tab. 1). Hierbei handelt es sich um nicht wägbare Zylinder mit kontinuierlichem, gravimetrischem Sickerwasser-Ablauf von 0,39 m Durchmesser und 0,60 m Höhe, in die die Bodenkörper samt Vegetation eingebaut wurden. Die Frachten trophisch relevanter Ionen, wie Stickstoff- und Phosphatverbindungen, und die Frachten konservativer Ionen, die kaum sorptiv gebunden werden, wie Chlor-, Brom- und Fluorverbindungen, geben Hinweise auf Art und Umfang der Auswaschungsprozesse; sie wurden ionenchromatographisch bestimmt. Auftreten von Staunässe bzw. die Höhe des Grundwasserflurabstandes bis 100 cm unterhalb der Geländeoberkante wurde anhand der Wasserstände in den Entnahmerohren der Lysimeter gemessen. Die statistischen Analysen erfolgten mit dem Programm R 2.7.0 (R DEVELOPMENT CORE TEAM 2008). Hierbei wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse durchgeführt (Vergleich Leitbild-/Restitutionsgebiet und Spergulo-Corynephorretum/Diantho-Armerietum).

Tab. 1: Übersicht über die Lokalisationen der Lysimeter sowie Angaben über Beweidungseinfluss, Einbautermin, Staufeuchte-Bildung. (D.-C.: Diantho-Armerietum, S.-C.: Spergulo-Corynephorretum, Rest.: Restitutionsfläche, Leitb.: Leitbildfläche).

Messpunkte	Lysimeter	Höhe ü. NN	Beweidung	Einbau	Staufeuchte
Rest. S.-C.	L1	17,98	nein	Herbst 2001	nein
Rest. S.-C.	L2	16,56	ja	Herbst 2001	ja
Rest. D.-A.	L3	16,10	nein	Herbst 2001	ja
Rest. D.-A.	L4	15,90	ja	Herbst 2003	ja
Leitb. D.-A.	L5	15,84	ja	Herbst 2001	nein
Leitb. D.-A.	L6	15,64	ja	Herbst 2001	nein
Rest. S.-C.	L7	16,76	nein	Frühjahr 2002	ja
Rest. S.-C.	L8	16,85	ja	Frühjahr 2002	nein
Rest. D.-A.	L9	15,61	nein	Frühjahr 2002	ja
Leitb. S.-C.	L10	17,38	ja	Frühjahr 2002	nein
Leitb. S.-C.	L11	18,07	ja	Frühjahr 2002	nein
Rest. D.-A.	L12	15,60	ja	Herbst 2003	ja

3.2 Dauerflächen-Beobachtung (Zeitreihenanalyse)

Zur Überprüfung der Vegetationsentwicklung wurden in den Leitbildflächen (Spergulo-Corynephorum und Diantho-Armerietum) fünf jeweils beweidete und unbeweidete Flächen (ab 2000), in der ehemaligen Ackerbrache je zwei beweidete und unbeweidete Flächen (ab 2000) und im Restitutionsgebiet je 16 beweidete und unbeweidete Flächen, jeweils differenziert in inokuliert und nicht inokuliert (ab 2001), pflanzensoziologisch erfasst. Die Dokumentation der Unterschiede in der Vegetationsentwicklung erfolgte durch Vegetationsaufnahmen auf 25 m² nach BARKMAN et al. (1964). Somit liegen für die Leitbildflächen für acht Jahre, für die Restitutionsflächen für sieben Jahre Daten über die Vegetationsentwicklung vor. Die Darstellung erfolgte über eine DCA (Programm PCORD; MCCUNE & GRACE 2002) mit einer Zeittrajektoren-Bildung.

3.3 Vergleich der Altbestände (Leitbild), restituierte Flächen und Analyse ihrer spontanen Ausbreitung

Hierzu wurden in den beiden Restitutionsgebieten „Hammer Schleife“ und „Wester Schleife“ nach der Methode von Braun-Blanquet 189 Vegetationsaufnahmen (in der Regel auf 20 m²) erhoben (DITTRICH 2008). Unterschieden wurden im Falle des Spergulo-Corynephorum:

- Altbestände auf den Leitbildflächen „Sandtrockenrasen am Biener Busch“ (Subassoziationen „typicum“ und „cladonietosum“)
- Altbestände des Spergulo-Corynephorum typicum auf der „Hammer Schleife“
- Inokulierte Bestände auf der „Hammer Schleife“ und „Wester Schleife“.

Für das Diantho-Armerietum wurden unterschieden:

- Altbestände (Leitbildflächen) im Norden der „Hammer Schleife“
- Inokulierte Bestände auf der „Hammer Schleife“ und „Wester Schleife“
- Neubildungen des Diantho-Armerietum. Hierunter sind solche Bestände zu verstehen, die eindeutig nicht inokuliert wurden, sondern über die Kolonisationsprozesse aus den inokulierten Flächen entstanden sind.

Die Auswertung erfolgte über eine DCA (Programm PCORD; MCCUNE & GRACE 2002).

4 Ergebnisse

4.1 Lysimeter-Analysen

Geringe durchschnittliche Sickerwasser-Mengen (angegeben als prozentualer Anteil der im Vergleichszeitraum erfassten Niederschlagsmenge pro Quadratmeter, ermittelt über den Niederschlagssammler) wiesen mit 24-27 % die Lysimeter L5 und L6 im Bereich der Leitbildflächen des Diantho-Armerietum auf. Durchschnittlich höhere Sickerwasser-Mengen mit 39-41 % erbrachten die Lysimeter L10 und L11 im Bereich der Leitbildflächen des Spergulo-Corynephorum. Die Höhe des Wasserstandes in den Entnahmerohren der

Lysimeter ergab für 6 der Lysimeter-Messpunkte (L2, L3, L4, L7, L9, L12; Tab. 1) eindeutige Hinweise auf Stauwasserbildung.

Im Zusammenhang mit der Sickerwasser-Spende und der Staunässe sind auch die langjährigen Mittelwerte der N_{\min} -Konzentration im Sickerwasser unter den Leitbild- und Restitutionsflächen von Diantho-Armerietum und Spergulo-Corynephoretum zu sehen. Die N_{\min} -Konzentrationen aller Restitutionsflächen sowie der Leitbildfläche des Diantho-Armerietum liegen in einem ähnlichen Bereich (1,4-1,7 mg/l) und weisen einen vergleichsweise geringen Standardfehler auf (0,82-2,22); Abb. 3. Demgegenüber erreicht die Auswaschung von N_{\min} bei der Leitbildfläche des Spergulo-Corynephoretum mit durchschnittlich 4,9 mg/l einen signifikant höheren Wert, wobei die Einzelwerte außerdem eine sehr viel größere Streuung zeigen (Abb. 3).

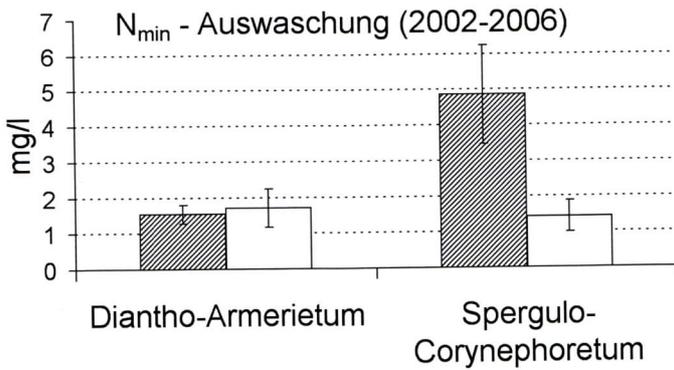


Abb. 3: Vergleich der langjährigen durchschnittlichen N_{\min} -Konzentration im Sickerwasser der Leitbildflächen (schraffiert) und Restitutionsflächen des Diantho-Armerietum und Spergulo-Corynephoretum (nicht schraffiert) im Zeitraum der Jahre 2002-2006; Diantho-Armerietum: nicht signifikant, Spergulo-Corynephoretum: $p = 0.01$; $F_{1,52} = 6,6$.

4.2 Vegetationsentwicklung der Leitbild- und Restitutionsflächen (Spergulo-Corynephoretum und Diantho-Armerietum)

Die Abbildung 4 zeigt die Vegetationsentwicklung in den Dauerbeobachtungsflächen über sieben bzw. sechs Jahre. Die Achse 1 entspricht einem Gradienten von gemäßigt frischen bis zu trockenen Standorten. Rechts im Ordinationsdiagramm gruppieren sich die Leitbildflächen des Spergulo-Corynephoretum typicum und cladonietosum. Die Zeittrajektorien sind relativ kurz. Das Spergulo-Corynephoretum typicum zeigt eine große Konstanz, das Spergulo-Corynephoretum cladonietosum eine sukzessionsbedingt gerichtete Entwicklung. Die mit Pflanzenmaterial der Silbergras-Flur inokulierten Flächen nähern sich anfänglich deutlich den Leitbildflächen. Nach drei Jahren schwächt sich dieser Prozess ab.

Auch die Leitbildfläche des Diantho-Armerietum zeigt über einen Zeitraum von sieben Jahren keine allzu großen Veränderungen. Die restituierten Bereiche mit Pflanzenmaterial des Diantho-Armerietum nähern sich langsam dem Bestand der Leitbildfläche. Die ehemalige Ackerbrache steht isoliert und zeigt eine deutliche Sukzession. Die direkt neben den inokulierten Flächen sich befindenden Nullflächen wurden inzwischen durch die sich

in direkter Nachbarschaft befindenden inokulierten Flächen kolonisiert. Dieser Prozess ist neben Flächen des Diantho-Armerietum schneller verlaufen als neben solchen des Spergulo-Corynephoretum.

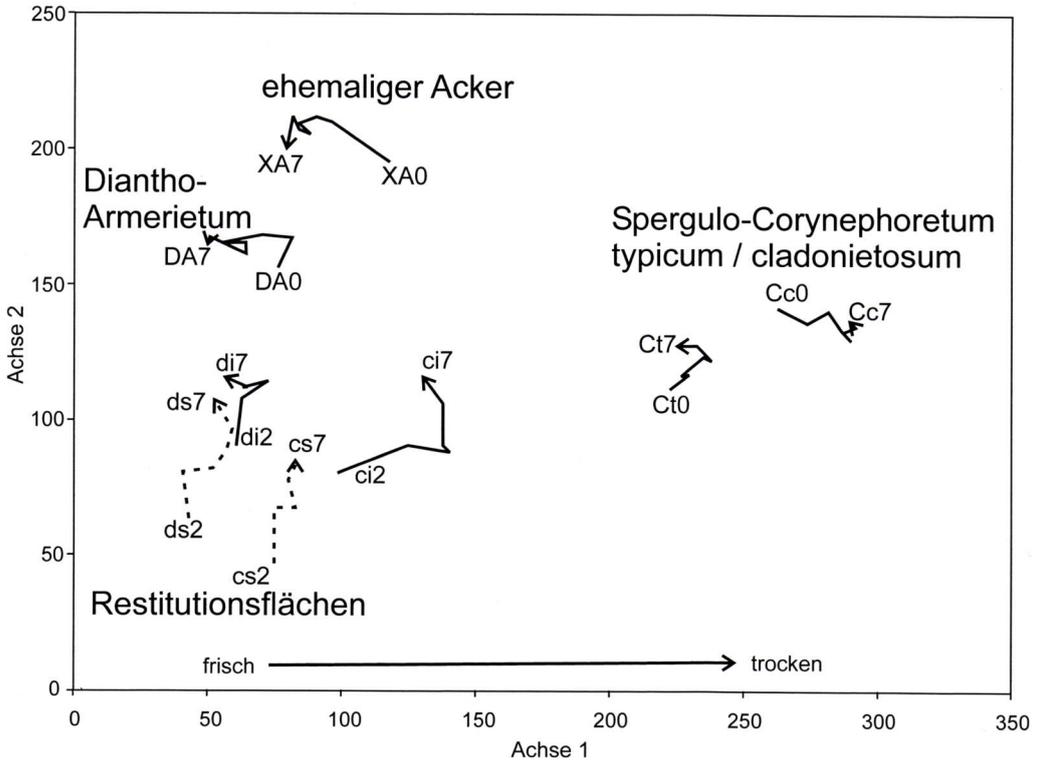


Abb. 4: Ordination der Grundaufnahmen der Jahre 2000–2007, Jahresmittel der Flächentypen (n=4) durch Zeittrajektorien verbunden, DCA, Eigenwerte: Achse 1: 0,389; Achse 2: 0,177. Ct: Spergulo-Corynephoretum typicum, Cc: Spergulo-Corynephoretum cladonietosum, DA: Diantho-Armerietum, XA: ehemaliger Acker; Restitutionsflächen: c: Spergulo-Corynephoretum, d: Diantho-Armerietum, i: inokuliert, s: nicht inokuliert. Die Zahlen hinter den Flächenkürzeln stehen für die Jahre (von bis): 0: 2000, 2: 2002, 7: 2007).

4.3 Vergleichende Analyse der Leitbildgesellschaften, der inokulierten Bestände und der spontanen Neubildungen

Die Abbildung 5 zeigt die Ordination der Altbestände des Spergulo-Corynephoreteum und Diantho-Armerietum. Auch hier bildet sich auf der Achse 1 ein Gradient von gemäßigt frisch nach trocken aus. Rechts befinden sich die Bestände des Spergulo-Corynephoretum. Bei den Altbeständen im Naturschutzgebiet „Sandtrockenrasen am Biener Busch“ trennen sich die beiden Subassoziationen nur undeutlich. Die Variation ist bei der Typischen Subassoziation besonders ausgeprägt. Bemerkenswert ist die leicht abgegrenzte Lage der Punkte des Altbestandes der „Hammer Schleife“. In deren Nachbarschaft liegen

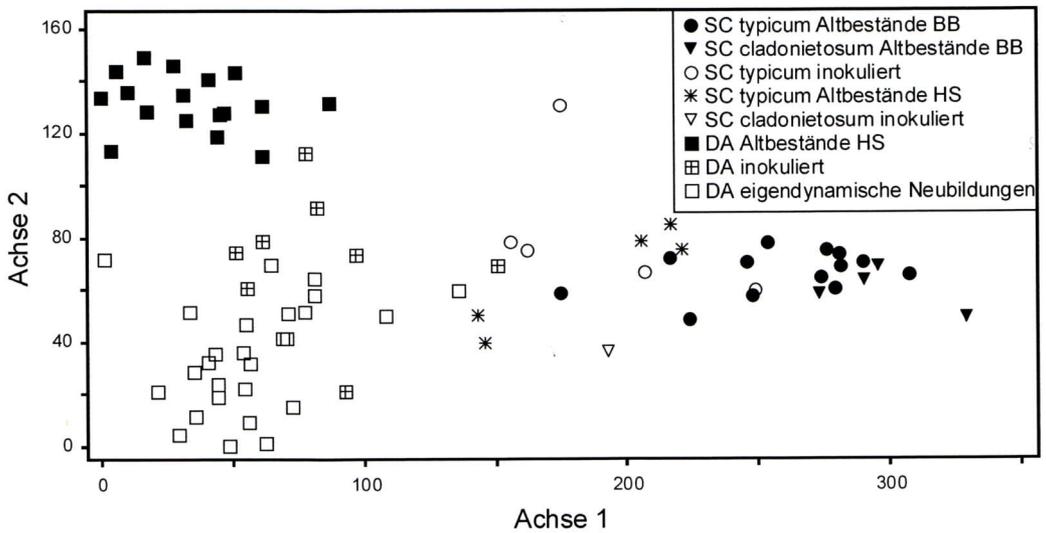


Abb. 5: Vergleich der Altbestände des Spergulo-Corynephoretum und des Diantho-Armerietum mit den restituierten Beständen und nicht inokulierten Neubildungen; BB: Biener Busch, HS: Hammer Schleife, WS: Wester Schleife. Eigenwerte: Achse 1: 0,5504, Achse 2: 0,1367.

auch viele Punkte der inokulierten Bereiche. Die Leitbildflächen des Diantho-Armerietum sind deutlich abgegrenzt; die mit ihrem Pflanzenmaterial inokulierten Bereiche weisen eine große Streuung auf. Bemerkenswert ist der hohe Anteil an Neubildungen des Diantho-Armerietum.

5 Diskussion

5.1 Abiotische Restitution: Sickerwasser und Nährstoffauswaschung

Um den Erfolg einer Restitutionsmaßnahme beurteilen zu können, müssen größere Zeiträume zugrunde gelegt werden. Die hier vorgenommene Restitution konzentrierte sich einerseits auf die Schaffung nährstoffarmer Standortsbedingungen durch die Methode der Bodeninversion, in dem nährstoffreiche Substrate in den Unterboden, nährstoffarme Substrate darüber gedeckt wurden (VERHAGEN et al. 2001). Hinzu kam die Wiederherstellung der Fließgewässerdynamik der Hase, die mit Ausnahme der neu errichteten Dünenzüge zu winterlichen Überflutungsereignissen führt. Zur Kontrolle der Entwicklung des Nährstoffaustrages wurden über einen Zeitraum von fünf Jahren 12 großvolumige Lysimeter eingesetzt. Es wurde bewusst auf die Anwendung von Saugkerzen verzichtet, da sich nur so ein quantitativ messbarer Flächenbezug herstellen ließ. Die Lysimeter-Methode wurde bereits erfolgreich bei Restitutionsprojekten zur Erfolgskontrolle eingesetzt (u. a. OSBORNE & KOVACIC 1993; KAYE et al. 1999; REMY 2007).

Die Sickerwasser-Spenden der Leitbildflächen (Spergulo-Corynephoretum, Diantho-Armerietum) sind vergleichbar mit denen anderer sandiger Lockergesteins-Standorte in

Nordwestdeutschland, wo zwischen 30-36% der jährlichen Niederschlagsmenge versickern (Arbeitskreis Grundwasserneubildung FHG-DGG 1977 in HÖLTING 1989). Der ungestörte Untergrund im Bereich des relativ Phytomasse-armen *Spergulo-Corynephorum* besteht aus sehr lockeren Sanden, so dass hier eine rasche Versickerung mit einer relativ geringen Transpiration zusammentrifft, was letztendlich eine größere Sickerwasserspense begünstigt. Die im Vergleich zu den Silbergras-Fluren geringere Sickerwasser-Spense im Bereich der Leitbildflächen des *Diantho-Armerietum* kann unter anderem auf der höheren Wasserspeicher-Kapazität im humosen Oberboden beruhen. Außerdem ist die Transpiration der Heidenelken-Fluren größer und kommt in dem milden, ozeanisch getönten Klima auch im Winterhalbjahr nicht völlig zum Erliegen.

Die deutlich höhere N_{\min} -Auswaschung im Bereich der Leitbildflächen des *Spergulo-Corynephorum* beruht auf der geringen Sorptionskraft der humusarmen Sande und der geringen Wasserkapazität des überwiegend aus Fein- und Mittelsand aufgebauten Bodens. Die Sickerwasser-Spense, wie auch die Auswaschung, unterliegt starken saisonalen Schwankungen und kann bei leichten Sandböden bereits durch einzelne Niederschlagsereignisse ausgelöst werden (SCHALITZ et al. 2003). Eine erhöhte Auswaschung und Sickerwasser-Bildung ist eine wichtige Voraussetzung für die Etablierung der Silbergras-Fluren, die als konkurrenzschwache Gesellschaft auf dauerhaft nährstoffarme und sommertrockene Standorte angewiesen ist.

Die geringere N_{\min} -Auswaschung unter einem Teil der höher liegenden Restitutionsflächen ist eindeutig durch Bodenverdichtung hervorgerufen, die durch die bei der Oberflächen-Modellierung eingesetzten schweren Raupenschlepper und Lastwagen entstanden ist. Diese Bodenverdichtung verhindert eine weitere Nährstoffverringerung im Oberboden. Bei gleichzeitigem Auftreten von Staunässe sind damit ungünstige Bedingungen für die Etablierung von restituierten Silbergras-Fluren gegeben. Im Falle des *Diantho-Armerietum* ist der Austrag von N_{\min} bei den Leitbildflächen und restituierten Flächen weitgehend gleich. Die Überflutungen haben auf die Nährstoffdynamik eine nur geringe Auswirkung.

5.2 Die Entwicklung der Vegetation im Restitutionsgebiet

5.2.1 *Spergulo-Corynephorum*

Die Inokulation mit Pflanzenmaterial aus den Leitbildflächen und die Beweidung zur Dynamisierung und Retardierung der Vegetationssukzession sind nach heutiger Beurteilung in den ersten drei bis vier Jahren erfolgreich verlaufen. Eine weitere Entwicklung des *Spergulo-Corynephorum* in Richtung der Artenzusammensetzung der Leitbildfläche stagniert seit etwa drei Jahren, wie die Dauerflächenbeobachtungen (Abb. 4) belegen. Die direkt neben den *Spergulo-Corynephorum* liegenden nicht inokulierten Nullflächen haben das Initialstadium der inokulierten Bestände zwar erreicht, aber auch hier erfolgt keine weitere Entwicklung mehr in Richtung auf die Leitbildflächen.

Die Assoziations-Charakterarten *Spergula morisonii* und *Teesdalia nudicaulis* sind weitgehend auf die Altbestände der „Hammer Schleife“ und des Leitbildgebietes „Sandtrockenrasen am Biener Busch“ beschränkt. Den neuen Beständen fehlen sie in der Regel. Außerdem enthalten die neuen Bestände viel weniger Klassen-Charakterarten der

Koelerio-Corynepheretea. Einen klaren Schwerpunkt in inokulierten Beständen haben einige Feuchte- und Stör-(Verdichtungs-)Zeiger, zum Beispiel *Holcus lanatus* und andere. Dies stimmt mit den Beobachtungen zur Staunässe-Bildung im Rahmen der Lysimeter-Untersuchungen gut überein.

5.2.2 Diantho-Armerietum

Das Diantho-Armerietum hat sich in seiner Artenzusammensetzung den Leitbildflächen wesentlich mehr angenähert; die direkt daneben liegenden nicht inokulierten Nullflächen wurden sehr schnell besiedelt. Neuen und alten Beständen des Diantho-Armerietum ist eine große Artengruppe gemeinsam, die sich neben den Assoziations-Charakterarten vor allem aus Arten des Grünlandes (Molinio-Arrhenatheretea) zusammensetzt, was für Bestände der Stromtäler durchaus typisch ist (PREISING et al. 1997). Wesentlich häufiger in alten Beständen sind dagegen *Galium verum* und *Ranunculus bulbosus*. Diese eher basiphytischen Festuco-Brometea-Arten sind an ein bestimmtes Entwicklungsstadium des Bodens gebunden (zumindest leichte Verlehmung, Basenreichtum der oberen Bodenschichten); daher fehlen sie in den neuen Beständen des Diantho-Armerietum mit nur schwach humifizierten Sanden. Diese neuen Bestände des Diantho-Armerietum zeichnen sich durch einen höheren Anteil von Koelerio-Corynepheretea-Arten aus. Die Assoziations-Charakterart *Dianthus deltoides* ist in neuen wie alten Beständen häufig.

Einige Acker-Begleitkräuter in inokulierten und neu gebildeten Beständen des Diantho-Armerietum weisen auf die vorherige Nutzung der Agrarflächen hin. Die für Rinder giftige Art *Senecio jacobaea* wird durch selektive Unterbeweidung gefördert. Die inokulierten Flächen enthalten häufiger die Ruderalarten *Carex hirta* und *Cirsium arvense*. Die Vorkommen solcher Störzeiger beruhen unter anderem auch auf der Bodenverdichtung bei der Errichtung der neuangelegten „Dünenzüge“.

5.3 Schlussfolgerungen

Nach sieben Jahren kann die Restitution von Pflanzengesellschaften der Binnendünen nur zum Teil als Erfolg gewertet werden. Insgesamt sind die Bedingungen für die Neubildung des Diantho-Armerietum im Restitutionsgebiet relativ günstig, wie zahlreiche Neubildungen auf nicht inokulierten Flächen zeigen. Offenbar existieren außerhalb der Dünen viele potenzielle Wuchsorte (ehemalige Deichkerne, weniger überflutete Bereiche). Voraussetzung für die Entstehung neuer Bestände ist jedoch die Verfügbarkeit von Diasporen, die zum Teil erst durch die Restitutionsmaßnahmen möglich wurde.

Das Spergulo-Corynepheretea bildete sich nur in inokulierten Flächen, und die neuen Bestände sind von den alten Beständen nicht nur verschieden, sondern auch qualitativ schlechter (weniger Zielarten der Koelerio-Corynepheretea). Die Restitution der Silbergras-Fluren erscheint somit weniger gelungen und deutlich schwieriger zu sein als beim Diantho-Armerietum. Eine wichtige Voraussetzung wären Sandverlagerungen, die auch die Verjüngung von *Corynephorus canescens* begünstigen (HASSE & DANIELS 2006; RIKSEN et al. 2006). Grundsätzlich muss in Zukunft auch bei der Anlage zu restituierender Flächen jegliche Bodenverdichtung unterbunden werden. Die Beweidung mit Rindern ist

darüber hinaus zu extensiv (unter 0,5 Großvieheinheiten pro Hektar) und nicht flächendeckend geregelt. So konzentriert sich die Beweidung oft auf einzelne Bereiche mit destruktiven Auswirkungen auf die Vegetation, andere große Bereiche bleiben hingegen unbeweidet. Eine Beweidung mit ursprünglichen Pferderassen (Koniks), Heck- oder Hochlandrindern wäre bei entsprechender Besatzdichte (ca. 0,7 Großvieheinheiten pro Hektar) hingegen wesentlich effektiver. Eine ergänzende mechanische Pflege (Öffnung des Bodens für eine weitere Ansiedlung des *Spergulo-Corynephorum*, weitere Inokulationen, partielle Mahd) wäre genau so unerlässlich wie die jährliche Festlegung der einzelnen Beweidungsbereiche.

Der Zustand der *Spergulo-Corynephorum* hat sich insbesondere in der zweiten Hälfte des Jahres 2008 (eigene Beobachtungen) erheblich verschlechtert. An einigen Stellen sind sie in den inokulierten Beständen auf wenige Fragmente zurückgegangen. Es ist anzunehmen, dass die letzten beiden vom Klima her gemäßigten Jahre ohne größere Trockenzeiten sich – konkurrenzbedingt – ungünstig auf die Entwicklung der Silbergrasfluren ausgewirkt haben.

Nur eine Verbesserung des Beweidungsmanagements, jährlich festgelegte Managementpläne und der Einsatz professioneller Pflgetrupps kann dieses Restitutionsvorhaben, für das erhebliche finanzielle Kosten aus öffentlicher Hand bereitgestellt wurden, zu einem anhaltenden Erfolg führen. Ein weiteres wissenschaftliches Monitoring ist hierbei unverzichtbare Grundlage.

Zusammenfassung

Aufgrund des starken Rückgangs von Binnenland-Sandökosystemen wurde ein Binnendünen-Flutrasen-Vegetationskomplex an zwei Mänderschleifen des Flusses „Hase“ (Haselünne, Emsland) auf Standorten, die über mehrere Jahrzehnte unter intensiver landwirtschaftlicher Bewirtschaftung standen, wiederhergestellt. Als Leitbildflächen diente ein Naturschutzgebiet bei Lingen/Ems. Etabliert werden sollten Silbergras-Fluren (*Spergulo vernalis-Corynephorum canescentis typicum* und *cladonietosum*) und Heidenelken-Fluren (*Diantho deltoideis-Armerietum elongatae*). Das Landschaftsmodell wurde auf der Basis historischer Karten und alter Luftbilder entwickelt, im Jahr 2001 das Relief im Gebiet aufmodelliert, die flussnahen Deiche rückverlegt sowie Dünenstrukturen und Vertiefungen angelegt. Nährstoffreiche Bodenschichten kamen in die Kerne der neuen Dünenbildungen, nährstoffarme und diasporenfreie Schichten bildeten die Auflage. Anschließend wurde Mahd- und Rechgut des *Spergulo-Corynephorum* und *Diantho-Armerietum* aufgebracht. Zur Prüfung des Restitutionserfolges (u. a. Vegetation, abiotische Faktoren, Beweidungserfolg, Besiedlung ausgewählter Tiergruppen) liegt ein umfangreiches Untersuchungsdesign vor. Mit dem Winter 2001/2002 setzten natürliche abiotische Prozesse (Überflutungen) und ab Fröhsommer 2002 biotische Prozesse (Beweidung) ein. Folgende Ergebnisse sind seither festzustellen: Über das Bodeninversionskonzept wird die Stickstoff- und Phosphatlast nach langjähriger intensiv landwirtschaftlicher Nutzung zwar verringert; in den Restitutionsflächen treten jedoch aufgrund von Bodenverdichtungen Staunässe-Bereiche auf, die in Zusammenhang mit der Geländemodellierung mit schweren Maschinen entstanden sind. Die Wiedereinführung des natürlichen Hoch-

wasserregimes führte zu einer großflächigen Dynamik. Durch Inokulation mit Mahd- und Rechgut ist eine schnelle Etablierung der hier untersuchten Leitbildgemeinschaften in den ersten Jahren erreicht worden. Obwohl sich Leitbild- und Restitutionsflächen in der Vegetationszusammensetzung einander angenähert haben, ist ein Restitutionserfolg nach sieben Jahren differenziert zu betrachten. Das Diantho-Armerietum zeigt im Restitutionsgebiet eine weitere Ausbreitung, das Spergulo-Corynephoretum nicht. Das derzeitige Pflegemanagement reicht nicht aus, um das Spergulo-Corynephoretum, aber auch zahlreiche Flächen des Diantho-Armerietum auf Dauer zu erhalten.

Danksagung

Für die finanzielle Unterstützung bedanken wir uns bei dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (Bonn) und beim Bundesamt für Naturschutz (Bonn), für die gute Kooperation bei der Bezirksregierung Weser-Ems (Oldenburg), dem Landkreis Emsland (Meppen), der Unteren Naturschutzbehörde (Lingen) und den beteiligten Landwirten (Emsland). R. Cezanne und M. Eichler übernahmen Teile des Monitoring, U. Menzel, A. Möhlmeyer, B. Pahlmann, A. Tschuschke, K. Zimmermann unterstützten uns in organisatorischen und technischen Belangen, T. Eggers in statistischen Fragen.

Literatur

- ASSMANN, T. & KRATOCHWIL, A. (1995): Biozönotische Untersuchungen in Hudelandschaften Nordwestdeutschlands. Grundlagen und erste Ergebnisse. – Osnabrücker Naturwiss. Mitt. 20/21: 275-337.
- ASSMANN, T. & FALKE, B. (1997): Bedeutung von Hudelandschaften aus tierökologischer und naturschutzfachlicher Sicht. – Schr.R. f. Landschaftspfl. u. Natursch. 54: 129-144.
- BARKMAN, J. J., DOING, H. & SEGAL, S. (1964): Kritische Bemerkungen und Vorschläge zur quantitativen Vegetationsanalyse. – Acta Botanica Neerlandica 13: 394-419.
- DITTRICH, S. (2008): Vegetationskundliche Untersuchungen in den Restitutionsgebieten „Hammer Schleife“ und „Wester Schleife“. – Diplomarbeit Universität Osnabrück.
- EXELER, N. & KRATOCHWIL, A. (2009): Spontane Wiederbesiedlung eines restituierten Binnendünen-Flutmulden-Vegetationskomplexes im Auengebiet der Hase (Niedersachsen) durch Wildbienen (Hymenoptera Apoidea). – Natursch. Biol. Vielf. 73: 109-126.
- GÜNTHER, J. & ASSMANN, T. (2005): Restoration ecology meets carabidology: effects of floodplain restitution on ground beetles (Coleoptera, Carabidae). – Biodiversity and Conservation 14: 1583-1606.
- HASSE, T. & DANIELS, F.J.A. (2006): Kleinräumige Vegetationsdynamik in Silbergrasfluren und ihre Bedeutung für ein Kleinpflagemanagement auf Landschaftsebene. – Arbeiten aus dem Institut für Landschaftsökologie Münster 15: 15-26.
- HÖLTING, B. (1989): Hydrogeologie. – 3. Aufl., Stuttgart (Enke Verlag): 396 S.
- KAYE, J.P., HART, S.C., COBB, R.C. & STONE, J.E. (1999): Water and nutrient outflow following the ecological restoration of a Ponderosa pine-bunchgrass ecosystem. – Restoration Ecology 7 (3): 252-261.

- KRATOCHWIL, A. (2004): Sand-Ökosysteme im Binnenland: Dynamik, Restitution und Beweidungsmanagement – das Beispiel: Emsland. – In: TENBERGEN, B., BEULTING, A. & FARTMANN, T. (Hrsg.): Dünen und trockene Sandlandschaften – Gefährdung und Schutz. Münster (Verlag Wolf & Kreuels): 13-21.
- KRATOCHWIL, A., STROH, M., REMY, D. & SCHWABE, A. (2004): Restitution alluvialer Weidelandschaften: Binnendünen-Feuchtgebietskomplexe im Emsland (Nordwestdeutschland). – *Schr. R. f. Landschaftspfl. u. Natursch.* 78: 93-101.
- MCCUNE, B. & GRACE, J. B. (2002): *Analysis of Ecological Communities*. – MJM Software Design, Glenneden Beach: 300 S.
- OSBORNE, L. L. & KOVACIC, D. A. (1993): Riparian vegetated buffer strips in water-quality restoration and stream management. – *Freshwater Biology* 29 (2): 243-258.
- PERSIGHEHL, M. & ASSMANN, T. (2004): Heuschrecken-Gemeinschaften auf Sandrasen im Emsland (Nordwest-Deutschland). – *Beweidung und Restitution als Instrumente zum Schutz von Sandrasenökosystemen*. – *Schr.-R. Landschaftspfl. u. Natursch.* 78: 111-118.
- PERSIGHEHL, M., LEHMANN, S., VERMEULEN, H. J., ROSENKRANZ, B., FALKE, B. & ASSMANN, T. (2004): Kolonisation restituerter Sandrasen im Darmstädter Flugsandgebiet und im mittleren Emsland durch Laufkäfer. – *NNA-Ber.* 17/1: 161-177.
- POTT, R. & HÜPPE, J. (1991): Die Hudelandschaften Nordwestdeutschlands. – *Abh. Westf. Mus. Naturkunde* 53: 1-313.
- PREISING, E., BRANDES, D., HOFMEISTER, H., TÜXEN, J., VAHLE, H.-C. & WEBER, H. E. (1997): Die Pflanzengesellschaften Niedersachsens/Bestandesentwicklung, Gefährdung und Schutzprobleme/Rasen-, Fels- und Geröllgesellschaften. – *Naturschutz und Landespflege in Niedersachsen* 20 (5): 146 S.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM (2008): *R: A language and environment for statistical computing*. – Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- REMY, D. (2006): Das Haseauenprojekt im Landkreis Emsland – Maßnahmenumsetzung und Begleituntersuchungen zur Erfolgskontrolle. – *Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen* 2: 110-119.
- REMY, D. (2007): Lysimeter als Instrumente der Erfolgskontrolle bei der Restitution eines Sandökosystems – Lysimetrie im Konnex zu nationalen und internationalen Regelwerken. – 12. Lysimetertagung der Höheren Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, Arbeitsgruppe Lysimeter: 169-170.
- REMY D. & ZIMMERMANN, K. (2004): Restitution einer extensiven Weidelandschaft im Emsland: Untersuchungsgebiete im BMBF-Projekt „Sand-Ökosysteme im Binnenland“. – In: SCHWABE, A. & KRATOCHWIL, A. (Red.): *Beweidung und Restitution als Chancen für den Naturschutz?* – *NNA-Ber.* 17: 27-38.
- RIECKEN, U., FINCK, P. & SCHRÖDER, E. (2001): Tagungsbericht zum Workshop „Großflächige halboffene Weidesysteme als Alternative zu traditionellen Formen der Landschaftspflege“. – *Natur und Landschaft* 76 (3): 125-130.
- RIKSEN, M., KETNER-OOSTRA, R., VAN TURNHOUT, C., NIJSSEN, M., GOOSSENS, D., JUNGERIUS, P. D. & SPAAN, W. (2006): Will we lose the last active inland drift sands of Western Europe? The origin and development of the inland drift-sand ecotype in the Netherlands. – *Landscape Ecology* 21: 431-447.

- SCHALITZ, G., BEHRENDT, A. & HÖLZEL, D. (2003): Einfluss der Nutzungsintensität auf Grundwasserneubildung, Grundwasserqualität und Biomasseproduktion. – BAL Bericht über die 10. Gumpensteiner Lysimetertagung: 97-100.
- SCHWABE, A. & KRATOCHWIL, A. (Red.) (2004): Beweidung und Restitution als Chancen für den Naturschutz? – NNA Berichte 17(1): 1-237.
- SCHWABE, A. & KRATOCHWIL, A. (2008): Sandökosysteme im Binnenland. – In: ZERBE, S. & WIEGLEB, G. (Hrsg.): Renaturierung von Ökosystemen in Mitteleuropa. – Heidelberg (Spektrum Akademischer Verlag): 235-263.
- STROH, M. (2006): Vegetationsökologische Untersuchungen zur Restitution von Sandökosystemen. – Diss. TU Darmstadt. 129 S.
- STROH, M. & KRATOCHWIL, A. (2004): Vegetationsentwicklung von restituierten flussnahen Sand-Ökosystemen und Feuchtgrünland im Vergleich zu Leitbildflächen (Emsland, Niedersachsen). – In: SCHWABE, A. & KRATOCHWIL, A. (Red.): Beweidung und Restitution als Chancen für den Naturschutz? – NNA-Ber. 17: 55-68.
- STROH, M., KRATOCHWIL, A., REMY, D., ZIMMERMANN, K. & SCHWABE, A. (2005): Rehabilitation of alluvial landscapes along the River Hase (Ems river basin, Germany). – Archiv für Hydrobiologie 155: 243-260.
- SSYMANK, A., HANDKE, U., RÜCKRIEM, C. & SCHRÖDER, E. (1998): Das europäische Schutzgebietssystem Natura 2000. – Schr.-R. f. Landschaftspfl. u. Natursch. 53: 1-560.
- VERHAGEN, R., KLOOKER, J., BAKKER, J. P. & VAN DIGGELEN, R. (2001): Restoration success of low production plant communities on former agricultural soils after top soil removal. – Appl. Veg. Science 4: 75-82.

Anschriften der Autoren

Prof. Dr. Anselm Kratochwil
 Dr. Dominique Remy
 Dipl.-Biol. Sebastian Dittrich*
 Universität Osnabrück
 Fachbereich Biologie/Chemie
 Fachgebiet Ökologie
 Barbarastr. 13
 49069 Osnabrück
 anselm.kratochwil@biologie.uni-osnabrueck.de
 dominique.remy@biologie.uni-osnabrueck.de

Dr. Michael Stroh
 Technische Universität Darmstadt
 Institut für Biologie
 Vegetationsökologie
 Schnittspahnstr. 4
 64287 Darmstadt

*jetzt:
 Universität Göttingen
 Abt. Ökologie und Ökosystemforschung
 Untere Karspüle 2
 37073 Göttingen
 sebastian.dittrich@biologie.uni-goettingen.de

jetzt:
 Untere Naturschutzbehörde (B/5)
 Landkreis Darmstadt-Dieburg
 Jägertorstr. 207
 64289 Darmstadt
 m.stroh@ladadi.de