

# Ökologische Grundlagenforschung und praktische Naturschutzarbeit in Sandlebensräumen

## Konfrontation oder Kooperation?

Von Wolfram Beyschlag, Anke Jentsch und Alexandra Weigelt

### Zusammenfassung

Konflikte zwischen praktischer Naturschutzarbeit und ökologischer Grundlagenforschung treten weit häufiger auf als allgemein angenommen. Hierbei muss zwischen vermeidbaren, in der Regel persönlich begründeten, und unvermeidbaren, aus den unterschiedlichen Aufgabenstellungen resultierenden Konflikten unterschieden werden. Der vorliegende Beitrag diskutiert die häufigsten Ursachen derartiger Auseinandersetzungen und gibt Hinweise auf mögliche Lösungen. Am konkreten Beispiel der Störungsforschung im Bereich der fränkischen Sandmagerrasen wird gezeigt, dass bei gutem Willen und Kompromissbereitschaft aller Beteiligten ein Zustand erreicht werden kann, der es den Wissenschaftlern ermöglicht, in vernünftigem Umfang, ohne dass es zu irreversiblen Schäden der betroffenen Ökosysteme kommt, experimentelle Untersuchungen in Schutzgebieten durchführen, deren Ergebnisse für den Naturschutz und die Durchführung von Pflegemaßnahmen von hoher Relevanz sind.

### Summary

*Basic Ecological Research and Practical Nature Conservation in Sand Ecosystems – Confrontation or Co-operation?*

Conflicts between practical nature conservation and basic ecological research occur more often than commonly expected. These conflicts can be divided into avoidable conflicts (typically due to personal attitudes) and unavoidable conflicts resulting from different goals and purposes. The paper discusses the most common causes of such controversies and suggests possible solutions. A research project on disturbance effects in open sand ecosystems in Franconia provides an encouraging example. If all parties are willing to compromise conditions can be reached that on the one hand allow a reasonable amount of in situ experimental research within protected areas and on the other hand will not lead to lasting damage of the respective systems. The results are of high relevance for nature conservation and ecosystem management.

### Fazit 1

Es gibt viele ernstzunehmende Probleme zwischen ökologischer Grundlagenforschung und praktischer Naturschutzarbeit. Diese können eine große Belastung für eine erfolgreiche Zusammenarbeit darstellen. Alle genannten Abhilfemöglichkeiten laufen auf eine frühzeitige und offene Kommunikation über Vor- und Nachteile, Möglichkeiten und Grenzen bestimmter Naturschutz- und Forschungsprojekte sowie der geplanten Eingriffe und Maßnahmen hinaus.

senschaftlichen Erklärungswert erhalten werden können, aus denen sich dann klare Handlungsanweisungen für den Naturschutz ableiten lassen.

### 3 Kooperation statt Konfrontation – Störungsforschung im Bereich der fränkischen Sandmagerrasen

#### 3.1 Ein attraktives Ökosystem für Naturschutz und Grundlagenforschung

Sandmagerrasen auf Binnendünen stellen aus der Sicht des Naturschutzes außerordentlich schutzwürdige Biotope dar, denn sie gehören zu den am stärksten bedrohten Einheiten der einheimischen Vegetation überhaupt (QUINGER & MEYER 1995). Der Grund dafür ist, dass diese landwirtschaftlich kaum nutzbaren Gebiete seit Jahrhunderten für militärische Nutzungen, zum Sandabbau, für Industrieansiedlung oder zur Holzgewinnung (Kiefern) verwendet wurden. Sandlebensräume sind daher heutzutage vielfach nur noch in degradierten, überbauten oder aber bewaldeter Form anzutreffen. Nur selten ist es überhaupt möglich, ausgedehnte Offenflächen unter Naturschutz zu stellen.

Gelingt eine solche Unterschutzstellung, so erweisen sich diese Lebensräume sehr schnell als Problemzonen, denn sie müssen in aller Regel gepflegt werden, da sie sich sonst infolge des Sameneintrags aus der umgebenden Vegetation innerhalb weniger Jahre in Kiefernbestände mit Eichen- und Birkenanteilen verwandeln (z.B. CORDES et al. 1997 HOHENESTER 1960). Die typischen Pflegemaßnahmen umfassen u.a. eine extensive Beweidung, die Schaffung von Rohböden sowie das regelmäßige Entfernen auf-

### 1 Einleitung

Es ist für Außenstehende meist überraschend, dass es im Verhältnis zwischen ökologischer Grundlagenforschung und praktischem Naturschutz zu erheblichen Differenzen und Spannungen kommen kann. In der Öffentlichkeit werden die Begriffe Umweltschutz, Naturschutz und Ökologie fast synonym verwendet. Orientiert man sich aber genauer über die Haltungen, Aktivitäten und Ziele dieser Ansätze (DIERSSEN & WÖHLER 1997, HOBOMH 1994), so erkennt man sehr schnell, dass der Natur- und Umweltschutz als normativer Ausdruck gesellschaftlicher Wertvorstellungen nicht notwendigerweise mit den Interessen der empirischen, ökologischen Grundlagenforschung harmoniert. Nichtsdestotrotz kann man in vielen Fällen auch ohne detaillierte ökologische Kenntnisse sehr effektiv Naturschutz und Landschaftspflege betreiben, und umgekehrt hat der Erkenntnisgewinn in der ökologischen Forschung nicht immer einen direkten Bezug zur Naturschutzpraxis. Idealerweise, doch leider viel zu selten, entstehen klare Synergismen zwischen Naturschutzarbeit und Grundlagenforschung. Um hier Verbesserungen zu erreichen ist es erforderlich, sich zunächst einmal zu vergegenwärtigen, wo das Konfliktpotenzial überhaupt liegt und warum die Gegensätze manchmal unüber-

brückbar scheinen. Gleichzeitig soll im Folgenden aber auch versucht werden, Möglichkeiten zur Abhilfe aufzuzeigen.

### 2 Unnötige und unvermeidbare Konflikte

Die Ursachen für Konflikte zwischen Natur- und Umweltschutz auf der einen und ökologischer Grundlagenforschung auf der anderen Seite sind vielschichtig, lassen sich aber in zwei Kategorien unterscheiden: Zum einen gibt es unnötige Konflikte, die oft persönlichen Ursprungs sind und bei gutem Willen aller Beteiligten beseitigt werden können. Andererseits existieren aber auch unvermeidbare Konflikte, die aus den unterschiedlichen Aufgabenstellungen beider Gebiete resultieren und bei denen nur Kompromisslösungen weiterhelfen (s. Kasten). Am konkreten Beispiel eines laufenden ökologischen Forschungsprojekts, bei dem sich wesentliche Teile in einem wertvollen Naturschutzgebiet abspielen, sollen nun die im Kasten angeführten theoretischen Überlegungen erläutert werden. Es soll demonstriert werden, dass durch gegenseitige Kompromissbereitschaft, ein vernünftiges Miteinander und eine vorurteilslose offene Kommunikation Ergebnisse von hoher Naturschutzrelevanz wie auch von hohem wis-

<b>unnötige Konflikte</b>	
<p><b>Mangelnde Kommunikation</b> Viele Vertreter der Wissenschaft vernachlässigen es, sich mit Leuten aus der Praxis über Erkenntnisse und Bedürfnisse gegenseitig auszutauschen. Wissenschaftliche Ergebnisse werden darüber hinaus meist in wenig praxisnaher Form und in englischer Sprache in internationalen Fachzeitschriften veröffentlicht. Eine allgemein verständliche und praxisnahe Darstellung unterbleibt in den meisten Fällen. Umgekehrt vermeiden häufig versierte Praktiker den Austausch mit der Wissenschaft, da sie befürchten, nicht ernst genommen zu werden. Das mag im Einzelfall unbegründet sein, entsprechende schlechte Erfahrungen sind aber – leider – Legion.</p>	<p><b>Abhilfe</b> Veröffentlichung praxisrelevanter Ergebnisse in deutscher Sprache zusätzlich zur internationalen Präsentation. Abbau von Vorurteilen auf beiden Seiten.</p>
<p><b>Angst vor Konkurrenz</b> Die vielfach zu beobachtende Abwehrhaltung von Naturschützern gegenüber Forschungsaktivitäten in ihrem Bereich kann manchmal ganz handfeste finanzielle Hintergründe haben. So besteht bei gutachterlich tätigen Büros häufig die Befürchtung, dass eine Zusammenarbeit mit den in der Regel staatlich finanzierten Wissenschaftlern von Universitäten und anderen Forschungseinrichtungen zu einer Mittelkürzung und Stellenverminderung im eigenen Bereich führen könne, da die öffentlichen Auftraggeber auf diese Weise viele Ergebnisse sozusagen kostenneutral erhielten.</p>	<p><b>Abhilfe</b> Klare Trennung der Aufgabenbereiche von Wissenschaft und Praxis. In entsprechenden Darstellungen beider Seiten muss auch für Außenstehende klar erkennbar sein, dass wissenschaftlicher Erkenntnisgewinn die Naturschutzarbeit zwar fördern, aber keinesfalls ersetzen kann.</p>
<p><b>Uneindeutige Forschungsergebnisse</b> Viele Naturschützer sind zusätzlich zu ihrer eigentlichen, vielfach ehrenamtlichen Naturschutzarbeit politisch engagiert. Schlagkräftige, wissenschaftlich fundierte Argumente für geeignete Maßnahmen zum Erreichen festgelegter Ziele sind hierfür zweifellos sehr wünschenswert. Es kann allerdings auch passieren, dass Zusammenhänge, die aus der Sicht des Praktikers völlig eindeutig erscheinen, durch wissenschaftliche Untersuchungen relativiert werden, was sich in der politischen Diskussion dann zum Nachteil der Naturschutzposition auswirken kann.</p>	<p><b>Abhilfe</b> Es muss klar zwischen wissenschaftlicher Beurteilung von Sachverhalten und deren politischer Bewertung unterschieden werden (ESER &amp; POTTHAST 1997). Die Verhandlungsstrategie des Naturschutzes sollte im Gespräch mit der Wissenschaft auf ihre Tragfähigkeit überprüft werden. Trotzdem sind derartige Probleme nicht in allen Fällen lösbar.</p>
<p><b>Naturschutzfundamentalismus</b> Gelegentlich gelangen ziemlich fundamentalistisch eingestellte Persönlichkeiten in einflussreiche Positionen im Naturschutz. Sie können mit unerfüllbaren Forderungen und Kompromisslosigkeit der Sache sehr schaden und durch ihre einseitige (nicht immer von hoher Sachkenntnis gekennzeichnete) Haltung viele nützliche wissenschaftliche Untersuchungen blockieren.</p>	<p><b>Abhilfe</b> Hier muss seitens der Wissenschaft mit viel Diplomatie kommuniziert werden. In der Regel handelt es sich um hoch motivierte Leute, die sich in weit überdurchschnittlichem Maße für ihre Sache engagieren. In intensiven Gesprächen möglichst unter Einbeziehung weiterer (gemäßigerer) Naturschützer gelingt es in aller Regel, die hohe Motivation in sinnvolle Bahnen zu lenken und tragfähige Kompromisse zu erreichen.</p>
<b>unvermeidbare Konflikte</b>	
<p><b>Zielsetzungskonflikte</b> Ziel jeder guten Naturschutzarbeit muss es sein, biotische, abiotische und historische Elemente wie Arten, Lebensräume oder traditionelle Nutzungen in ihrer spezifischen Dynamik zu bewahren, d.h. die Natur vor dem übermäßigen Einfluss und/oder zu starken Nutzungsänderungen des Menschen zu schützen und somit zur Erhaltung einer gesunden, vielseitigen und stabilen Umwelt für den Menschen beizutragen. Demgegenüber hat sich die ökologische Grundlagenforschung der Suche nach dem kausalem Verständnis der Natur sowie der Entschlüsselung ihrer Gesetzmäßigkeiten und ökosystemaren Relationen verschrieben. Die wissenschaftliche Frage nach dem „Warum“ enthält jedoch zwei Elemente: zum einen das „Beobachten“, also die Betrachtung und Beschreibung der unbeeinflussten Natur, und zum anderen das „Verstehen“. Will man die Funktion irgendeines komplexen Systems verstehen, so muss man es zwangsläufig auseinandernehmen bzw. es stören, indem man einzelne Komponenten entfernt oder verändert, um dann aus der veränderten Reaktion des Gesamtsystems auf deren Funktion und Bedeutung der veränderten Komponenten schließen zu können. Ökologische Forschung kann aus diesen ganz grundlegenden Erwägungen heraus teilweise destruktiv sein und in einigen Fällen sogar zur einer partiellen Zerstörung der exemplarisch untersuchten Systeme führen.</p>	<p><b>Abhilfe</b> Beide Seiten sollten zunächst Kosten/Nutzen-Analysen durchführen. Aufgrund der Ergebnisse solcher Analysen müssen dann tragfähige Kompromisse ausgehandelt werden. In vielen Fällen kann der durch experimentelle ökologische Untersuchungen entstehende Schaden schon durch eine überlegte Flächenauswahl in Grenzen gehalten werden. Vielfach wird es aber auch erforderlich sein, bestimmte Zusammenhänge nicht <i>in situ</i>, sondern lediglich in kontrollierten Freilandexperimenten und Laboruntersuchungen zu analysieren (s. Abschnitt 3.5).</p>
<p><b>Mangelnde Eindeutigkeit wissenschaftlicher Befunde</b> Erkenntnisse der ökologischen Grundlagenforschung können für den praktischen Naturschutz von hoher Relevanz sein. Wenn die Mechanismen eines ökologischen Phänomens verstanden sind, lassen sich Voraussagen über das Verhalten von ähnlichen Systemen machen. Dieses kann eine wesentliche Grundlage für Planungs-, Schutz- und Renaturierungsmaßnahmen sein. Allerdings ist es aufgrund der extrem hohen Komplexität von Ökosystemen bis heute nur sehr unvollkommen gelungen, diese vollständig zu verstehen. Darüber hinaus kann das von der Forschung meist favorisierte Kausalitätsprinzip in einigen Bereichen nicht durchgehend angewandt werden, weil auch der Zufall eine Rolle spielt. Häufig können nur Teilbereiche ökologischer Systeme aufgeklärt werden, und die daraus hervorgehenden Prognosen sind mit einem erheblichen Fehlerrisiko behaftet (LEMONS &amp; BROWN 1995). So mangelt es in vielen Fällen an wissenschaftlich fundierten Argumenten für den Praktiker.</p>	<p><b>Abhilfe</b> Im Zuge der oben genannten Kosten/Nutzen-Analyse sollten die Wissenschaftler den Praktikern klare Angaben zu den Wahrscheinlichkeiten machen, mit denen bestimmte Ergebnisse erwartet werden können. Trotzdem wird sich ein gewisses Restrisiko in diesem Bereich nicht vermeiden lassen.</p>
<p><b>Problem Zeit</b> Ökologische Forschung braucht viel Zeit. Einige wichtige Prozesse laufen sehr langsam ab, und bestimmte Phänomene treten nur in großen Zeitabständen auf. Hinzu kommt eine hohe Lebensdauer bestimmter Organismen, z.B. Bäume, die den Untersuchungszeitraum weit überschreiten. Entscheidungen im Naturschutzbereich müssen jedoch oft schnell getroffen werden, da sie in der Regel mit politischen Rahmenbedingungen (wie z.B. Legislaturperioden) zusammenhängen. Man hat also häufig keine Zeit, die Resultate eines Forschungsprojekts abzuwarten, welches im eigenen Verantwortungsbereich angesiedelt ist.</p>	<p><b>Abhilfe</b> Enger Kontakt zwischen Wissenschaftlern und Praktikern. Es muss klar sein, nach welcher Zeit welche Ergebnisse erwartet werden können. Vielfach kann schon durch geeignete Standortwahl und entsprechende Versuchsansätze wie z.B. die parallele Bearbeitung verschiedener Sukzessionsstadien eines Systems (<i>place for time</i>) viel Zeit eingespart werden.</p>

## unvermeidbare Konflikte

### mangelnde Relevanz wissenschaftlicher Erkenntnisse für die praktische Naturschutzarbeit

Nicht jede wissenschaftliche Erkenntnis ist auch praxisrelevant. Häufig werden von den Wissenschaftlern Prozesse und Parameter ökologischer Systeme als bedeutsam identifiziert, die nur mit einem völlig unrealistischen Kostenvolumen gemessen und verfolgt werden können.

### Abhilfe

Keine – nichtsdestotrotz ist es notwendig, dass die Wissenschaftler bei der Planung und Durchführung ihrer Untersuchungen sich auch die Probleme des praktischen Naturschutz im Untersuchungsgebiet vergegenwärtigen.

kommender Gehölze (BAUERNSCHMITT & GREBE 1997) – eine von vielen naturverbundenen Spaziergängern als barbarisch empfundene Maßnahme. Ähnlich sieht es mit der Renaturierung von Bereichen aus, die durch anthropogene Einflüsse (z.B. Landwirtschaft) stark eutrophiert wurden. Zur Ausmagerung empfiehlt sich hier in vielen Fällen das Abschieben des Oberbodens, wodurch die Vegetationsdecke allerdings vorübergehend nahezu vollständig vernichtet wird. Spätestens wenn die ersten Raupenfahrzeuge im Natur- oder Landschaftsschutzgebiet auftauchen, hagelt es Proteste und Beschwerden, und der Naturschutz steht unter einem enormen Rechtfertigungsdruck.

Auch für die ökologische Grundlagenforschung, insbesondere für die Störungsforschung, sind Sandökosysteme äußerst attraktiv, da sie nur eine geringe ökologische Komplexität bezüglich Arteninventar, abiotischer Faktoren und funktioneller Wechselwirkungen aufweisen. Es handelt sich um hoch dynamische Systeme, deren Organismen häufig mit Störungen konfrontiert sind, so dass viele der bestandsbildenden Arten ein entsprechendes Regenerationspotenzial aufweisen (GRUBB 1977, PLATT 1975). Weiterhin reagieren diese Systeme relativ schnell auf experimentelle Eingriffe und eignen sich so bestens für begrenzte Untersuchungszeiträume.

Sowohl die ökologische Forschung als auch der praktische Naturschutz interessieren sich also stark für derartige Lebensräume.

### 3.2 Das NSG „Tennenloher Forst“ – Probleme und Möglichkeiten

Solche Rahmenbedingungen trafen auch für den ehemaligen Truppenübungsplatz „Tennenloher Forst“ bei Erlangen (934 ha) zu, der im Jahre 1994 als Naturschutzgebiet ausgewiesen wurde. Das Gebiet enthält ausgedehnte Sandbereiche (Binnendünen), die größtenteils von Kiefernforsten bedeckt sind. Im Inneren der Fläche befanden sich zum Zeitpunkt der Unterschutzstellung große offene Bereiche mit Sandmagerrasen – insbesondere Silbergrasfluren – und strukturreiche *Calluna*-Heiden, die bisher durch die militärische Nutzung offen gehalten wurden.

Normalerweise würde sich auf solchen sehr nährstoffarmen offenen Sanden mit geringer Bodenfeuchtigkeit ein Muster verschiedenster Sukzessionsstadien herausbilden, da es ständig zu natürlichen kleinräumigen Störungen wie Anlage von Kaninchenbauten, Übersandung durch Ameisen oder Bodenerosion und Rutschungen kommt, wodurch immer wieder die für Pionierfluren nötigen Rohbodenstandorte zur

Verfügung gestellt werden. Im vorliegenden Fall allerdings besteht durch den hohen Anteil nährstoffreicher Fremdböden im Gebiet in Verbindung mit einer nicht unerheblichen Eutrophierung aus der Luft eine ernsthafte Gefährdung der Pionierstadien (insbesondere der Silbergrasfluren) durch das Einwandern von Kiefern und Ruderalarten aus den umliegenden Bereichen. Regelmäßige Pflegemaßnahmen sind also dringend erforderlich. Schon aus Gründen der Kostenkalkulation sollten dabei die folgenden Fragen gestellt werden:

- ▶ Reicht die regelmäßige Entfernung der Gehölze aus, oder gibt es Situationen, in denen zusätzlich künstliche Bodenstörungen durchgeführt werden müssen, da das natürliche Störungsregime beim derzeitigen Eutrophierungsgrad nicht für eine Stabilität der Offenstadien sorgen kann?
- ▶ Welches Ausmaß sollten solche künstlichen Störungen haben, wenn sie denn notwendig sind?
- ▶ Wie häufig sollten diese Störungen erfolgen?

Die Beantwortung dieser Fragen erwies sich als problematisch, da es in der Literatur hierfür kaum ökologisches Grundlagenwissen über die spezifische Dynamik dieser anthropogen überprägten Lebensräume gab.

### 3.3 Planung des Forschungsprojekts „Störung als Habitatfunktion“

Damit waren die beiderseitigen Interessen klar: Der Naturschutz wünschte sich einen soliden wissenschaftlichen Unterbau für seine bisher lediglich auf empirischer Basis durchgeführten Pflegemaßnahmen mit dem Ziel, die wertvollen offenen Sandrasengesellschaften (insbesondere die Silbergrasfluren) langfristig zu erhalten. Demgegenüber sah die ökologische Grundlagenforschung in diesem System die Chance, in einem vertretbaren Zeitrahmen das wissenschaftlich sehr interessante Problem der Bedeutung von Störungen für die Vegetationsdynamik eines Systems zu untersuchen, das offensichtlich ständig auf das Auftreten von Störungen kleiner und mittlerer Intensität angewiesen ist. Mit diesen Untersuchungen sollte auch ein wichtiger Beitrag zur Theoriebildung in diesem Gebiet geleistet werden.

Die notwendigen Kontakte zwischen Universitäten, Behörden, Naturschutzverbänden, Gutachterbüros und ansässiger Industrie wurden geknüpft, Ortsbegehungen durchgeführt, Wissenslücken aufgezeigt und Sondergenehmigungen ausgestellt. Beide Seiten mussten sich hierbei auf Kompromisse einlassen: So konnten nach eingehenden Diskussionen und durch eine entsprechenden Flächengrößenauswahl beim Naturschutz die Bedenken gegen destruktive Eingriffe

durch gezielte Störungsexperimente ausgeräumt werden. Im Gegenzug verzichteten die Wissenschaftler auf die eigentlich geplanten *in-situ*-Dünge- und Bewässerungsexperimente und bauten sich statt dessen auf universitätseigenen Freiflächen ein großes Versuchsbeet, auf dem die entsprechenden Fragestellungen mit Hilfe kontrollierter Freilandexperimente bearbeitet werden konnten. Einige der ursprünglich für das Freiland geplanten Experimente wurden auch in Klimakammern und Gewächshäusern durchgeführt.

Auf dieser Basis war es dann möglich, ab 1998 in einer Kooperation zwischen der Universität Bielefeld und der Universität Erlangen-Nürnberg ein inzwischen von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördertes Projekt mit dem Titel „Störung als Habitatfunktion“ durchzuführen, dessen Schwerpunkt im NSG Tennenloher Forst liegt. Hierzu wurden in allen relevanten Sukzessionsstadien im Naturschutzgebiet Versuchsflächen angelegt, die durch entsprechende Maßnahmen (z.B. Entfernen der gesamten Vegetation, Umgraben, Übersanden, Bodenverdichtung, Beschattung) jeweils unterschiedlich stark mechanisch gestört wurden (Abb. 1). Anschließend wurden in regelmäßigen Zeitabständen die Vegetationsentwicklung und Samenbank auf diesen Störflächen quantitativ und qualitativ erfasst sowie wichtige Systemparameter wie Bodennährstoffe, Bodenfeuchte und Mikroklima gemessen (GRELKA 1999, JENTSCH 2001, JENTSCH et al. in diesem Heft, REGENFUSS 1999).

### 3.4 Ergebnisse für Forschung und Naturschutz

Sowohl Forschung als auch Naturschutz haben inzwischen von den Ergebnissen profitiert. Für die Grundlagenforschung konnten in der Tat wesentliche neue Erkenntnisse zur Rolle von kleinräumigen, häufigen Störungen in Ökosystemen gewonnen werden, die es ermöglichten, einen wichtigen Beitrag zur aktuellen Suche nach einem theoretischen Konzept in der Störungsforschung zu leisten (JENTSCH 2001, WHITE & JENTSCH 2001). Aber auch für die Praxis zeichnen sich bereits wichtige Hinweise für Renaturierung und Pflege offener Sandgebiete ab, die im Folgenden kurz dargestellt werden sollen. (s. auch JENTSCH et al. in diesem Heft).

Der Sukzessionsverlauf auf Binnendünen ist stark von Substrat, Korngrößenzusammensetzung, Nährstoffverfügbarkeit und Bodenfeuchtegehalt abhängig. Entsprechend aufmerksam müssen Häufigkeit und Intensität von Pflegeeingriffen auf die spezifische Situation abgestimmt werden. Silbergrasfluren auf konsolidierten Sanden mit

Rohbodenbildung werden schnell durch die Konkurrenz ruderaler Arten bedrängt, jene auf mageren Pionierstandorten werden in vielen Fällen zunächst von einer relativ dichten Kryptogamenschicht überzogen. Diese scheint jedoch ebenfalls eine kontinuierliche Verjüngung zu hemmen. Die im Zuge von verschiedenen Experimenten wiederholt vorgenommene Einsaat von Silbergras in geschlossene Kryptogamenbestände führte in keinem Fall zu einer erfolgreichen Etablierung. Ebenso erfolglos blieben Beschattungsexperimente, die nach in der Literatur vorhandenen Informationen eigentlich zur Auflösung der an hohe Lichtintensitäten angepassten Kryptogamenbestände hätten führen sollen (Abb. 2). Auf direkt benachbarten Flächen konnte dafür eine rege Ameisenaktivität beobachtet werden (Abb. 3). Eine ständige Übersandung des Moores *Polytrichum piliferum* sorgt hier für die Bereitstellung freien Substrats zur Keimlingsetablierung, wie im darauf folgenden Jahr dokumentiert werden konnte (JENTSCH 2001).

Dagegen etablierte sich das Silbergras völlig problemlos und vital auf den experimentell beeinträchtigten Flächen (Abb. 4 und 5), auf denen der Oberboden mechanisch gestört wurde. Kleinräumige Bodenstörungen sind offensichtlich eine notwendige Voraussetzung für die wiederholte Etablierung und Persistenz dieser Art. Diese Bodenstörungen müssen wiederholt in geringen Zeitabständen erfolgen, bevor Bodenbildung und Sukzession zu weit fortgeschritten sind, da eine

regime nicht verhindert werden. Hier muss daher zusätzlich künstlich gestört werden.

Kleinräumige Bodenstörungen in offenen Sandlebensräumen wirken also nicht destruktiv, sondern fördern im Gegenteil ein stabiles dynamisches Gleichgewicht. Das Abschieben des Oberbodens (bei wenig eutrophierten Beständen genügt auch Fräsen)

ist somit in der Tat eine geeignete Maßnahme, um Silbergrasbestände auf nährstoffarmen Sanden zu erhalten oder zu etablieren. Geländebeobachtungen deuten jedoch darauf hin, dass die tatsächlichen Ausbreitungsdistanzen der Zielarten nur wenige Meter betragen. geeignete Wiederbesiedlungsquellen durch gut ausgeprägte Bestände also in näch-



Abb. 1: Störungsexperiment in den Pionierstadien von Sandmagerrasen.



Abb. 2: Beschattungsexperiment zur Beobachtung der Deckungsänderung von Kryptogamen, höheren Pflanzen und offenen Bodenstellen.

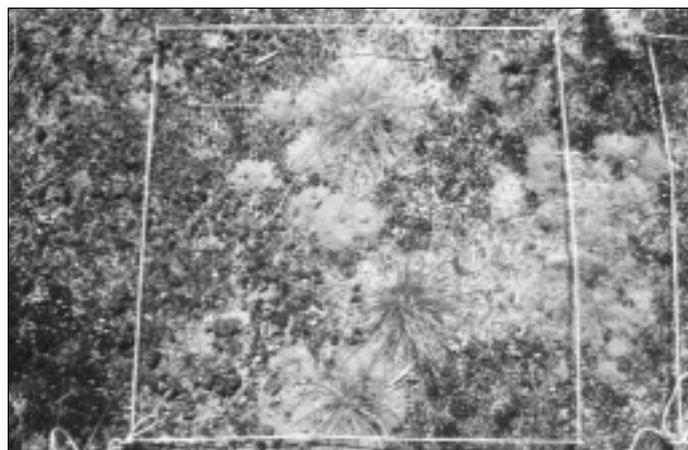


Abb. 3: Freies Substrat durch Ameisenaktivität: Übersandung der Kryptogamenschicht.

langlebige Diasporenbank als Regenerationspotenzial für die Pionierarten weitgehend fehlt (JENTSCH 2001, JENTSCH & STEINLEIN 2000, REGENFUSS 1999). Solches gilt ebenso für weitere Zielarten des Naturschutzes wie *Teesdalia nudicaulis*, *Spergula morisonii* und *Jasione montana*, die alle in der Roten Liste verzeichnet sind. Damit konnte die Frage nach der notwendigen Störungsfrequenz beantwortet werden: In nährstoffarmen Sanden sind die natürlicherweise auftretenden Störungen hierfür völlig ausreichend. Handelt es sich aber – wie im vorliegenden Fall – um mäßig bis stark eutrophierte Gebiete, kann die Ruderalisierung und Verbuschung der Flächen durch das natürliche Störungs-



Abb. 4: Eine durch Umgraben des Oberbodens massiv gestörte Versuchsfläche ein Jahr nach der Störung mit frisch etablierten Silbergrashorsten.

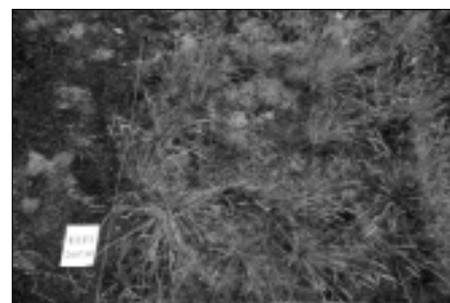


Abb. 5: Dieselbe Fläche wie in Abb. 4 zwei Jahre nach der Bodenstörung. Ohne erneute Störung wandern massiv Kryptogamen ein und behindern die Neuetablierung von Silbergras-Jungwuchs.

ster Nähe vorhanden sein sollten. Damit ist auch die Frage nach der Ausdehnung solcher Pflegemaßnahmen beantwortet: Die Eingriffe müssen kleinräumig durchgeführt werden. Wer ein solches Gebiet großflächig abschiebt, vernichtet die Vegetation, die er erhalten will.

### 3.5 Kausalanalyse mit Hilfe von kontrollierte Freilandexperimenten und Laboruntersuchungen zur Vermeidung von *in-situ*-Schäden

Mit Hilfe so genannter „kontrollierte Freilandexperimente“ auf speziell für diesen Zweck angelegten Experimentalfeldern sowie durch ergänzende Tonnenexperimente, Topfversuche in Klimakammer und Labor, lassen sich in vielen Fällen wichtige kausale Fragen klären, deren Bearbeitung *in situ* zu starken Beeinträchtigungen des Systems bzw. zu irreversiblen Schäden führen würde. Im vorliegenden Fall wurden derartige Experimente parallel zu den Erlanger *in-situ*-Untersuchungen an der Universität Bielefeld durchgeführt.

Für die Vegetationsdynamik in Sandökosystemen z.B. stellt die Konkurrenzstärke der einzelnen Arten einen der Schlüsselparameter dar, dem auch für das Verständnis der nach der Störung ablaufenden Sukzessionsprozesse eine große Bedeutung zukommt. Die Intensität von intra- und interspezifischen Interaktionen zwischen Pflanzen ist jedoch keine absolut bestimmbare Größe, sondern muss immer in Bezug zu dem Status der betrachteten Versuchspflanzen, zu den jeweiligen Konkurrenten und zu den vorherrschenden abiotischen Parametern gesetzt werden. Die Relevanz solcher Zusammenhänge für die Naturschutzpraxis liegt auf der Hand.

Es zeigte sich, dass die Konkurrenz zwischen Keimlingen verschiedener Arten der frühen Sukzessionsstadien auf Sand (*Corynephorus canescens*, *Carex arenaria*, *Deschampsia flexuosa*, *Hieracium pilosella*, *Rumex acetosella*) zu einem sehr hoch sein kann (RÖTTGERMANN 1998, SCHNEIDER 1997) – eine bislang nicht als selbstverständlich angesehene Tatsache –, und zum anderen vorwiegend von der Biomasse der beteiligten Keimlinge abhängt (WEIGELT et al. 2001). Da die Biomasse von Keimlingen direkt mit ihrem Alter korreliert, ist somit der Zeitpunkt von Keimung und Etablierung dieser Arten ein wichtiger Parameter im Sukzessionsverlauf und ein Punkt, der auch bei der Einsaat von Flächen im Zuge von Pflegemaßnahmen Beachtung finden sollte.

Betrachtet man dagegen die Konkurrenz zwischen adulten Pflanzen der selben Arten, so scheinen hier andere als vorwiegend Biomasseeffekte ausschlaggebend zu sein. Untersuchungen mit *C. arenaria*, *C. canescens* und *H. pilosella* im kontrollierten Freilandexperiment ergaben vielmehr, dass Konkurrenz ein artspezifischer Effekt ist (WEIGELT et al. 2001), wobei die artspezifische Biomasseallokation bzw. die Wuchsform entscheidend sein könnte (RÖTTGERMANN 1998). In diesem Zusammenhang ist jedoch nicht nur die Unterscheidung von z.B. „gras-



Abb. 6: Freigelände in Bielefeld – links: Tonnenexperiment; rechts: Sandbeet (20 x 6 x 1,5 m – L x B x T) mit ausgefahrenem Regendach.

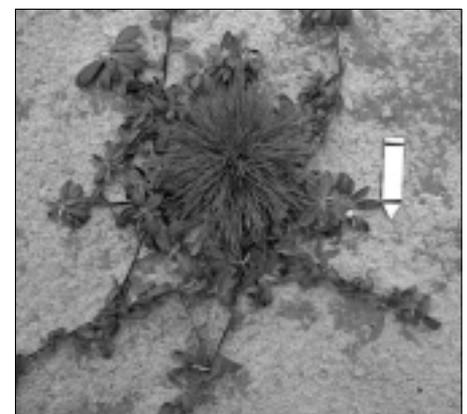
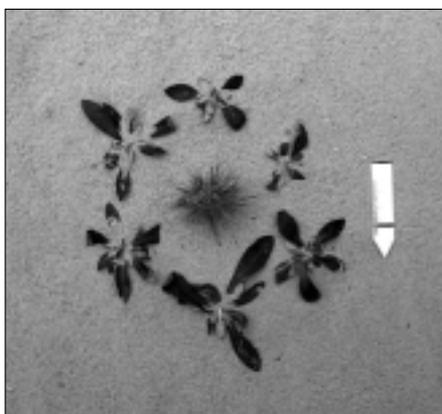
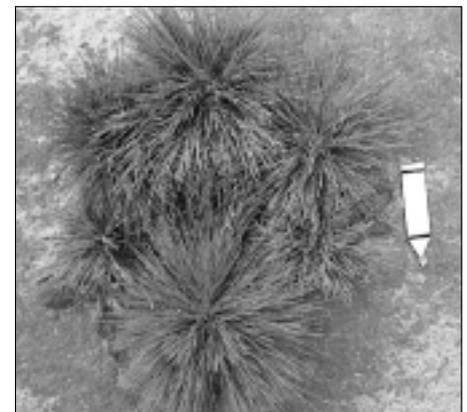
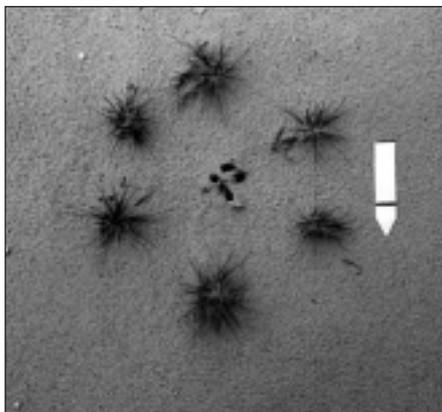


Abb. 7: Verschiedene Konkurrenzexperimente mit *Corynephorus canescens* und *Hieracium pilosella* auf dem Sandbeet. Jede Zentralpflanze wurde alleine (Kontrolle, nicht dargestellt) und mit sechs Konkurrenten angepflanzt. Linke Seite: Versuchsbeginn (Mai 1999); rechte Seite: Zustand desselben Plots kurz vor der Biomasseernte (Oktober 1999).

artigen“ und „rosettenartigen“ Konkurrenten wichtig, sondern vor allem die Ausprägung des Wurzelsystems einzelner Arten, da Konkurrenz in den untersuchten ressourcenarmen Sandökosystemen vorwiegend unterirdisch ist (BELCHER et al. 1995, CAHILL 1999, REBELE 2000, WILSON 1993, WILSON & TILMAN 1991).

Einen besonderen Vorteil bieten kontrollierte Experimente (sowohl in Freiland als auch Labor) in Bezug auf die Untersuchung abiotischer Parameter, wie Wasser oder Nährstoffe, die auch auf pflanzliche Interaktionen einen entscheidenden Einfluss haben können und deren Ergebnisse daher für den Naturschutz von hoher Relevanz sind. Ein Bewässerungsexperiment in Tonnen zeigte z.B. einen signifikanten Einfluss der Was-

serverfügbarkeit auf die Konkurrenz zwischen *C. arenaria* und *D. flexuosa* (Abb. 5, RÖTTGERMANN 1998), der in Minirhizotronversuchen bestätigt wurde (WEIGELT et al. 2000). Bei gutem Wasserangebot leidet *C. arenaria* deutlich weniger unter dem Konkurrenten *D. flexuosa* als unter Wassermangel-Bedingungen. Auch der Einfluss von Nährelementen wie N und P – und vor allem auch deren Verhältnis zueinander – auf die Konkurrenz in unterschiedlichen Pflanzdichten wurde in einem ähnlichen Experiment untersucht. Zur genaueren Analyse dieser Zusammenhänge wurde das bereits erwähnte große Sandbeet angelegt (Abb. 6).

Das Beet ist in vier voneinander unabhängige Kammern eingeteilt, wovon zwei durch ein Regendach fakultativ vor Starkregen-

## Fazit 2

Sandmagerrasen sind wertvolle und schützenswerte Ökosysteme, die auf ständige kleinräumige Störungen mittlerer Intensität angewiesen sind. Aufgrund dieser Eigenschaft bieten sie sich in besonderem Maße für eine erfolgreiche Zusammenarbeit von Grundlagenforschung und praktischem Naturschutz an. Sie eröffnen der Grundlagenforschung die Möglichkeit, eine ganze Reihe von *in-situ*- oder Freiland-Experimenten durchzuführen, ohne dass es deshalb gleich zu einer irreversiblen Schädigung des Systems kommt. Hierbei ist selbstverständlich, dass derartige Experimente verantwortungsvoll geplant und mit den vor Ort arbeitenden Verantwortlichen des Naturschutzes abgestimmt werden müssen. Die obigen Beispiele zeigen, dass die erhaltenen Ergebnisse für den praktischen Naturschutz höchst relevant sein können und häufig vielerlei Ansätze zur praktischen Umsetzung bieten. Auf der anderen Seite lässt sich hier seitens der Grundlagenforschung der kausale Hintergrund vieler wichtiger ökologischer Grundprozesse aufklären, die auch in anderen Ökosystemen ablaufen, sich aber dort vielfach – und nicht zuletzt aus Gründen des Naturschutzes – einer direkten Untersuchung entziehen. Die erfolgreiche Kooperation zwischen Naturschutz und ökologischer Grundlagenforschung erforderte als erstes die Ausräumung der auf beiden Seiten vorhandenen Vorurteile und dann eine kontinuierliche und intensive Kommunikation.

eignissen geschützt werden können. Entsprechend können hier sowohl die Wasser- als auch die Nährstoffversorgung der Versuchspflanzen unabhängig voneinander manipuliert werden (Abb. 7). Bei der Ernte werden die Pflanzen sorgfältig aus dem Sand herausgewaschen, was eine anschließende separate Bestimmung von oberirdischer und unterirdischer Biomasse ermöglicht.

Auch hier zeigen die Untersuchungsergebnisse, dass *C. arenaria* bei höherer Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit signifikant geringeren Einfluss durch Konkurrenz erfährt. *C. canescens* jedoch, in diesem Experiment im übrigen die konkurrenzstärkste der untersuchten Arten, zeigte eine Abhängigkeit von der Düngung – mit zusätzlichem Stickstoff wurde *C. canescens* signifikant stärker durch die Anwesenheit interspezifischer Konkurrenten beeinflusst als im nährstoffarmen Sand (WEIGELT 2001). Die im Zuge der Sukzession zunehmende Nährstoffakkumulation im Boden, die sowohl im Binnendünengebiet der „Senne“ bei Bielefeld (SCHMIDT 1998) als auch im NSG „Tennenloher Forst“ bei Erlangen (GRELKA 1999, JENTSCH 2001, KRISCHKE 1999) und in anderen Sandökosystemen (JECKEL 1984, LACHE 1976, STORM 1998) nachgewiesen wurde, stellt für das Silbergras also einen klaren Konkurrenznachteil dar. In diesem Punkt liegt also die Ursache für die *in situ* zu beobachtende fortschreitende Ruderalisierung von Silbergras-

fluren auf mäßig bis stark eutrophierten Standorten. Auch hier gibt es einen klaren Praxisbezug. So kann z.B. aufgrund dieser Ergebnisse die Empfehlung gegeben werden, auf nährstoffreicheren Standorten lieber kleinräumige (z.B. streifenförmige) Bodenabschiebungen anstelle einfacher Bodenstörungen vorzunehmen, um die Startbedingungen für die Bildung einer Silbergrasflur zu optimieren.

Schließlich sind derartige Daten eine wichtige Voraussetzung für die Entwicklung mathematischer, räumlich expliziter Modellstrukturen, mit deren Hilfe es möglich sein wird, die Vegetationsentwicklung eines Sandmagerrasens als Funktion der beobachteten Ausgangssituation vorherzusagen. Solche Werkzeuge, deren große praktische Bedeutung z.B. im Bereich des „*risk assessment*“ offenkundig ist, werden zurzeit in der Bielefelder Arbeitsgruppe in Zusammenarbeit mit Mathematikern entwickelt (GROSSE-WÖHRMANN 2001).

## Literatur

- BAUERNSCHMITT, G., GREBE, R. (1997): Pflege- und Entwicklungsplan „NSG Tennenloher Forst“. Nürnberg, 125 S.
- BELCHER, J.W., KEDDY, P.A., TWOLAN-STRUTT, L. (1995): Root and shoot competition intensity along a soil depth gradient. *Journal of Ecology* 83, 673-682.
- CAHILL, J.F. (1999): Fertilization effects on interactions between above- and belowground competition in an old field. *Ecology* 80, 466-480.
- CORDES, H., KAISER, T., LANCKEN, H. v.d., LÜTKE-POHL, M., PRÜTER, J. (1997): Naturschutzgebiet Lüneburger Heide: Geschichte – Ökologie – Naturschutz. Schr.-R. des Vereins Naturschutzpark e.V., Hauschild, Bremen, 367 S.
- DIERSSEN, K., WÖHLER, K. (1997): Reflexionen über das Naturbild von Naturschützern und das Wissenschaftsbild von Ökologen. *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz* 6, 151-162.
- ESER, U., POTTHAST, T. (1997): Bewertungsproblem und Normbegriff in Ökologie und Naturschutz aus wissenschaftsethischer Perspektive. *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz* 6, 181-189.
- GRELKA, S. (1999): Einfluss von mechanischer Bodenstörung auf Vegetations- und Stickstoffdynamik ausgewählter Vegetationsbestände von Binnendünen des Naturschutzgebietes „Tennenloher Forst“. Unveröff. Dipl.-Arb., Univ. Erlangen-Nürnberg.
- GROSSE-WÖHRMANN, K. (2001): Musterbildungsprozesse in Sandtrockenrasen. Experimentell-ökologische Untersuchungen zum Konkurrenzverhalten ausgewählter Arten und Entwicklung eines räumlich expliziten Simulationsmodells. Unveröff. Dipl.-Arb., Univ. Bielefeld.
- GRUBB, P.J. (1977): The maintenance of species richness in plant communities: the importance of the regeneration niche. *Biol. Rev. Cambridge Philos. Soc.* 52, 107-145.
- HOBOHM, C. (1994): Kritische Betrachtung einiger Grundbegriffe der Ökologie im Spannungsfeld verschiedener Einflüsse. *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz* 3, 113-119.
- HOHENESTER, A. (1960): Grasheiden und Föhrenwälder auf Dilluvial- und Dolomitsanden im nördlichen Bayern. 56 S. Ber. Bayer. Bot. Ges. 33, München.
- JENTSCH, A. (2001): The Significance of Disturbance for Vegetation dynamics. A Case Study in Dry Acidic Grasslands. Diss., Univ. Bielefeld, 199 pp.
- , BEYSCHLAG, W., NEZADAL, W. (2001): Vegetationsdynamik in Sandlebensräumen – die Bedeu-

tung von häufigen, kleinräumigen Störungsereignissen. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 34 (in diesem Heft).

- , STEINLEIN, T. (2000): Regeneration after disturbance: The role of soil seed banks in sandy, nutrient-poor grasslands. 13th Meeting on Plant Population Biology, GFOe, Freising, P15.
- KRISCHKE, M. (1999): Vegetationskundliche und ökologische Auswertung von Dauerbeobachtungsflächen auf Sandfluren im Erlanger Stadtgebiet. Unveröff. Dipl.-Arb., Univ. Erlangen-Nürnberg.
- LEMONS, J., BROWN, D. (1995): The role of science in sustainable development and environmental protection decision making. In: LEMONS, J., BROWN, D., eds., *Sustainable development: science, ethics, and public policy*, Dordrecht, Boston/London, 11-38.
- OTT, K. (1999): Ethik und Naturschutz. *Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege*, Ecomed, Landsberg, II 7:1-17.
- PLATT, W.J. (1975): The colonization and formation of equilibrium plant species associations on badger disturbances in a tall-grass prairie. *Ecol. Monogr.* 45, 285-305.
- QUINGER, B., MEYER, N. (1995): Lebensraumtyp Sandrasen. In: Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (StMLU), Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL), Hrsg., *Landschaftspflegekonzept Bayern II.4*, München, 253 S.
- REBELE, F. (2000): Competition and coexistence of rhizomatous perennial plants along a nutrient gradient. *Plant Ecology* 147, 77-94.
- REGENFUSS, C. (1999): Diasporenbanken ausgewählter Sukzessionsstadien auf Binnendünen mit unterschiedlicher Störungsgeschichte. Unveröff. Dipl.-Arb., Univ. Erlangen-Nürnberg.
- RÖTTGERMANN, M. (1998): Untersuchungen zur interspezifischen Konkurrenz ausgewählter klonaler Pflanzenarten auf Binnendünen. Diss., Univ. Bielefeld.
- SCHMIDT, A. (1998): Nährstoffdynamik (N, P) in Böden ausgewählter Sukzessionsstadien auf Binnendünen der Senne. Unveröff. Dipl.-Arb., Univ. Bielefeld.
- SCHNEIDER, M. (1997): Keimlingsdynamik und Konkurrenzverhalten ausgewählter Arten von Binnendünen der Senne. Unveröff. Dipl.-Arb., Univ. Bielefeld.
- WEIGELT, A. (2001): Plant Competition on Inland Dunes. Influence of Water availability, Nitrogen Supply and the Role of Belowground Processes. Diss., Univ. Bielefeld.
- , RÖTTGERMANN, M., STEINLEIN, T., BEYSCHLAG, W. (2000): Influence of water availability on competitive interactions between plant species on sandy soils. *Folia Geobotanica* 35, 169-178.
- , STEINLEIN, T., BEYSCHLAG, W. (2001): Does plant competition intensity rather depend on biomass or species identity? *Basic and Applied Ecology* (in press).
- WHITE, P.S., JENTSCH, A. (2001): The search for generality in studies of disturbance and ecosystem dynamics. In: ESSER, K., LÜTTGE, U., KADEREIT, J.W. & BEYSCHLAG, W. (eds.) *Progress in Botany* 62, 399-449.
- WILSON, S.D. (1993): Competition and resource availability in heath and grassland in the Snowy Mountains of Australia. *Journal of Ecology* 81, 445-451.
- , TILMAN, D. (1991): Components of plant competition along an experimental gradient of nitrogen availability. *Ecology* 72, (3), 1050-1065.

*Anschriften der Verfasser(innen): Prof. Dr. Wolfram Beyschlag, Universität Bielefeld, Experimentelle Ökologie und Ökosystembiologie, Universitätsstraße 25, D-33615 Bielefeld, E-Mail W.Beyschlag@biologie.uni-bielefeld.de; Dr. Anke Jentsch, UFZ – Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle, Projektbe-*

reich Naturnahe Landschaften und Sektion Ökosystemanalyse, Permoserstraße 15, D-04318 Leipzig, E-Mail jentsch@pro.ufz.de; Dr. Alexandra Weigelt, Universität Bielefeld, Experimentelle Ökologie und Ökosystembiologie, Universitätsstraße 25, D-33615 Bielefeld, E-Mail Alexandra.Weigelt@biologie.uni-bielefeld.de.

## KURZ BERICHTET

# Bedeutung von Kryptogamen bei der Beurteilung von Sandlebensräumen

Von Wolfgang von Brackel

### Zusammenfassung

Bei mehreren Dauerbeobachtungsprojekten in Bayern wurden auch Sandmagerrasen, Zwergstrauchheiden und Zwergbinsenrasen untersucht. Aus einem Datensatz von 764 Aufnahmen wird das Verhältnis der Artengruppen Gefäßpflanzen, Moose und Flechten hinsichtlich Gesamtartenzahl bzw. Zahl der Rote-Liste-Arten ermittelt. Es zeigt sich, dass die Erhebung der Flechten insbesondere bei sehr trockenen und mageren Standorten zur Beurteilung der Flächen unabdingbar ist, während die Moose an den nasseren Standorten an Bedeutung gewinnen.

### 1 Einleitung und Vorstellung der Untersuchungsflächen

Im Zuge mehrerer Dauerbeobachtungsprojekte (für die Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege, das Bayerische Landesamt für Umweltschutz, den Bund Naturschutz in Bayern e. V. und mehrere Regierungen und Landkreise) wurden bayernweit seit 1989 etwa 150 Transekte nach der von PFADENHAUER et al. (1986) entwickelten Methode angelegt und zum überwiegenden Teil bereits mehrfach aufgenommen. Die Konzeption der drei großen Projekte sieht vor, für den betroffenen Raum (Bayern bei ANL und LfU bzw. Mittelfranken beim BN) alle gefährdeten bzw. typischen Biotoptypen abzudecken. Daher wurden in den drei fränkischen Regierungsbezirken und in der Oberpfalz nach Sandlebensräume untersucht. Neben den hier nicht zu behandelnden Flechten-Kiefernwäldern sind dieses Sandmagerrasen unterschiedlicher Entwicklungsstufen (vom Corynephorum canescens bis zum Armerio-Festucetum), Zwergstrauchheiden aus Besenheide und Beersträuchern sowie eine Fläche mit Pionierfluren auf nassem Sand (Nanocyperion). Die Transekte bestehen aus einer Aneinanderreihung von Aufnahmeflächen zu je 4 m<sup>2</sup>, im Einzelfall auch zu je 1 m<sup>2</sup> Größe. Die Zahl der Aufnahmeflächen pro Transekt variiert flächenbedingt zwischen 7 und knapp 50. Die Enden der Transekte greifen in der Regel in benachbarte Gesellschaften über, um Grenzverschiebungen beobachten zu können. Daher erscheinen in den Listen auch Arten mit höheren Nährstoffansprüchen.



Abb. 1: Auf mageren Sandböden wird die Rentierflechte *Cladonia rangiferina* so konkurrenzstark, dass sie die Bestände der Beersträucher (hier *Vaccinium myrtillus* und *V. vitis-idaea*) durchwächst.

Bei den pflanzensoziologischen Aufnahmen wurden von Anfang an neben den Farn- und Blütenpflanzen auch alle Moose und Flechten mit aufgenommen (Abb. 1). Nicht erhoben wurden die Pilze, da bei den therophytenreichen Gesellschaften der Aufnahmezeitpunkt früh im Jahr liegen muss – zu einem Zeitpunkt, an dem Pilze noch kaum auftreten. Von den Algen wurden nur die makroskopisch erfassbaren Arten mit erhoben (z.B. *Nostoc commune*), sie spielen aber im Biotoptyp Sandmagerrasen eine geringe Rolle.

Die hier besprochenen Transekte liegen alle in (bzw. nahe an) den Talsystemen von Main und Regnitz (Tab. 1).

Die Unterrepräsentanz der Zwergbinsenrasen erklärt sich aus ihrer Kurzlebigkeit und ihrer meist geringen Flächenausdehnung. Sie wurden daher (wohl zu Unrecht) bei der Anlage der Dauerbeobachtungsflächen vernachlässigt.

### 2 Verhältnis von Höheren Pflanzen zu Kryptogamen

Für die naturschutzfachliche Beurteilung von Flächen und ihrer Entwicklung spielen Artenvielfalt und das Vorhandensein seltener und/oder gefährdeter Arten (Rote-Liste-Arten) als Ziel- oder Leitarten eine große Rolle. Wegen der Vergleichbarkeit wird hier nur die Rote Liste für Deutschland berücksichtigt, da für Flechten keine eigene bayerische Liste existiert. Ein dritter Punkt, die Gesellschaftsbildung, soll hier nur gestreift werden.

In Abb. 2 sind für die drei Biotoptypen Sandmagerrasen, Zwergstrauchheiden und Zwergbinsenrasen die prozentualen Anteile der drei Artengruppen einmal an der Gesamtartenzahl und in der jeweils zweiten Säule an der Zahl der Rote-Liste-Arten aufgetragen. In das erste Säulenpaar gingen 174 Aufnahmen ein, in das zweite 106 und in das dritte 7 (letzteres liefert daher nur bedingt repräsentative Ergebnisse).

Deutlich wird Folgendes: Bei den Gesamtartenzahlen auf den Sandmagerrasen spielen Moose und Flechten zwar nur eine geringe Rolle (unter 20%), von den Arten der Roten Liste stellen sie jedoch die

Hälfte. Bei den Zwergstrauchheiden liefern die Kryptogamen schon über 50% der Gesamtartenzahl und über 90% der Arten der Roten Listen! In beiden Fällen sind die Flechten bei den Rote-Liste-Arten deutlich stärker vertreten als die Moose, auch wenn beide Gruppen bei den Gesamtartenzahlen den gleichen Anteil haben.

### 3 Vergleich mit anderen Biotoptypen

Zum Vergleich sollen vier andere Biotoptypen herangezogen werden, von denen uns über Bayern gestreut eine Vielzahl von Aufnahmen vorliegen (pro Typ wurden etwa 200 Aufnahmen ausgewertet). Der kryptogamenreichste Biotoptyp ist das Hochmoor, bei dem die Moose über die Hälfte der Arten stellen. Flechten sind vor allem in den trockeneren Stillstandskomplexen vertreten. Bei den Arten der Roten Listen machen die Kryptogamen fast 80% aus. In den mesophilen Laubwäldern sinkt der Anteil der Kryptogamen an der Artenvielfalt auf 20%, das Verhältnis ändert sich auch bei den Arten der Roten Listen kaum. Ein anderes Bild ergibt sich wieder bei den Kalkmagerrasen. Hier machen Moose und Flechten zusammen zwar auch nur knapp über 20% des Arteninventars aus, stellen aber über 40% der Rote-Liste-Arten. Bei den Kalkflachmooren spielen Flechten kaum eine Rolle, hier sind die Moose mit knapp 20% an der Gesamtartenzahl und mit über 20% an der Zahl der Arten der Roten Listen beteiligt.

### 4 Fallbeispiele

#### 4.1 NSG Sandgrasheide Pettstadt

Das NSG Sandgrasheide Pettstadt liegt im Regnitztal südlich von Bamberg. Die Terrassensande der Regnitz sind durch die aus der nördlichen Frankenalb kommenden Zuflüsse kalkhaltig, weshalb auch kalkliebende Arten in den Sandrasen vorkommen. Um die Eutrophierung durch das Pferchen einer Schaffherde zu beseitigen, wurde 1982 auf einer Fläche im Kernbereich die oberste Bodenschicht abgetragen und daraufhin die Fläche sich selbst überlassen. 1990 wurde hier ein Transekt aus 45 Einzelquadraten zu je 4 m<sup>2</sup> angelegt, das über die Silbergrasfluren auf der abgeschobenen Fläche hinaus in die angrenzenden reiferen Wiesengesellschaften greift (hier wird nur der mittlere, von der Abschiebung betroffene Teil mit 25 Aufnahmeflächen betrachtet). Die Aufnahmen erfolgten in den Jahren 1990, 1995 und 2000, also acht, 13 und 18 Jahre nach dem Abschieben und damit dem Beginn der Wiederbesiedlung.

Beim ersten Aufnahmedurchgang im Jahr 1990 kamen auf dem Transekt vier Flechtenarten vor: *Cladonia furcata*, *Cladonia foliacea*, *Cetraria aculeata* und *Peltigera rufescens*, von denen nur die erste größere Bestände bildete. Beim zweiten Durchgang (1995) hatten die genannten Arten ihre Stetigkeiten teils stark erhöhen können, dazu traten folgende neu auf: *Cladonia subulata*, *Cladonia pyxidata* ssp. *po-cillum*, *Cladonia uncialis* und aus der Untergattung

Tab. 1: Bezeichnung, Biotoptyp und Lage der untersuchten Transekte sowie Parzellenzahl.

Fläche	Biotoptyp	Lage	Parzellenzahl
Pettstadter Sande	Sandmagerrasen	Landkreis Bamberg	61
Neumarkter Sanddünen	Sandmagerrasen	Landkreis Neumarkt	20
Astheimer Dürringswasen	Sandmagerrasen	Landkreis Kitzingen	61
Hainberg bei Oberasbach	Sandmagerrasen	Stadt Fürth	34
Heide im Markwald	Zwergstrauchheide (trocken bzw. nass)	Landkreis Erlangen-Höchstadt	55
Heide am Siebenstein	Zwergstrauchheide	Landkreis Erlangen-Höchstadt	50
Ailersbach	Zwergbinsenrasen	Landkreis Erlangen-Höchstadt	7