

Process rates and growth limiting factors of planktonic algae (*Chlamydomonas* sp.) from extremely acidic (pH 2,5 - 3) mining lakes in Germany

V. Bissinger, J. Tittel

Zusammenfassung

Ein Stamm von *Chlamydomonas* sp. wurde aus einem extrem sauren Bergbausee isoliert und nahe der *in situ* Bedingungen (pH 2.65) kultiviert. Er wuchs sowohl autotroph im Licht (Verdopplungszeit < 1 Tag) als auch heterotroph im Dunklen unter Zugabe von Glukose. Unter letzteren Bedingungen veränderte sich die Morphologie des Chloroplasten reversibel. Unsere Ergebnisse belegen, dass hohes Algenwachstum auch unter extrem sauren Bedingungen und bei sehr hohen Ionenkonzentrationen möglich ist. Auf dieser Grundlage kann man die sehr raschen Populationsdynamiken der Algen besser verstehen, die gelegentlich in sauren Tagebauseen beobachtet werden.

Summary

A strain of *Chlamydomonas* sp. was isolated from an extremely acidic mining lake and cultured close to *in situ* conditions (pH 2.65). It grew well autotrophically in the light (doubling time: <1day) as well as heterotrophically in the dark when supplemented with glucose. The chloroplast fractionated reversible when cultures were converted from light to dark conditions and glucose was added. Our results show that high algal growth may occur even under extremely acid conditions and high ion concentrations, and help to explain the extremely fast population dynamics occasionally observed in some mining lakes.

Introduction

Reduction of lignite mining gives rise to many new, large lakes in eastern Germany with extremely low pH (2.5-3) and high total Fe (up to 200 mg/L) and sulfate concentrations (up to 4000 mg/L). The low pH implies low concentrations of inorganic carbon in the epilimnion of most lakes (<0.5 mg/L), potentially limiting autotrophic growth and favouring mixotrophs (Nixdorf et al. 1997). The plankton in these lakes comprises very few species yielding simple food webs, but autotrophic biomass and primary production may be temporally high.

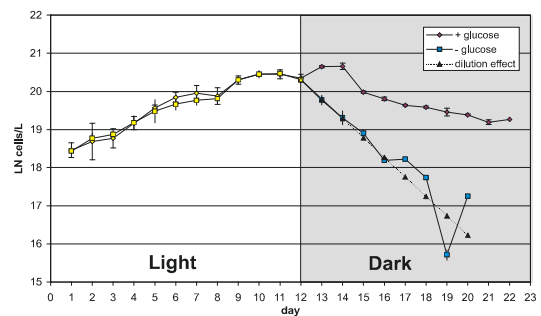


Fig. 1: Development of *Chlamydomonas* sp. cell cultures under semicontinuous conditions (40% dilution per day) in the light (day 1-12) and in the dark (day 12-22) with or without glucose addition.

The aim of our study is to determine the factors limiting algal growth under the extreme environmental conditions. Special emphasis is given to CO₂ and organic carbon limitation.

Material and Methods

Chlamydomonas sp. was isolated from the acidic mining lake 111, Lusatian District (pH 2,65) and cultivated in a special medium reflecting in situ conditions (Bissinger et al. 2000).

The heterotrophic potential of *Chlamydomonas* sp. was investigated in semicontinuous cultures (40% replacement per day) with glucose. Once a day the density of the algae was controlled photometrically (750 nm) and converted to cell numbers with standard curves established for light and dark conditions. First, six culture vessels were incubated at 20°C in the light (70 μEm⁻²s⁻¹) without glucose for 12 days until the growth rates were constant. From day 12 onwards all vessels were incubated in the dark, three with and three without an addition of glucose (20 mg C/L).

Results

The heterotrophic growth of a *Chlamydomonas*-isolate from a very acidic mining lake under semicontinuous laboratory conditions (pH 2.65) was determined over a time of 10 days with supplement of glucose (20 mg C/L)(Fig. 1).

In the light (70 μEm⁻²s⁻¹), *Chlamydomonas* sp. had a growth rate of 0.74 per day (doubling time: 22.6 h), despite the extreme environmental conditions. In the dark with addition of glucose, growth rates of 0.4 per day were measured. In the dark without glucose, no growth was observed as cell numbers decreased according to the dilution rate (Fig. 1). When exposing these cells after 10 days to the light again, they recovered to normal autotrophic growth.

The chloroplasts fractionated when the cultures were converted from light to dark conditions and glucose was added and the chlorophyll content per cell strongly decreased in comparison with cells without glucose in the dark.

Discussion

Chlamydomonas sp. exhibited high growth rates in the light and a considerable heterotrophic potential to grow with glucose (20 mg/L) in the dark. *Chlamydomonas* sp. can therefore be classified as mixotrophic. In the extremely acid lake where these organisms live in, TIC and DOC concentrations in the epilimnion are low (0.4 and 0.3 mg C L⁻¹, respectively). *Chlamydomonas* is found in the whole water column with peak abundances at 7-9 m depth at low light intensities (< 0.1 % surface irradiation). Our results suggest that the heterotrophic potential enables *Chlamydomonas* sp. to grow at low light intensities, given a source of usable organic carbon. In field experiments we found evidence of *Chlamydomonas* using DOM (dissolved organic matter, earth extract) in the dark. Glucose addition (DOC), however, caused no cell increase in contrast to our laboratory results. This might be due to the short exposing time (24 h) or the preference for other carbon sources originating from the earth extract.

We found a maximum growth rate of *Chlamydomonas* sp. under autotrophic conditions of 0.74 per day reflecting doubling rates of less than one day. Our *Chlamydomonas*-strain was growing better in the light than heterotrophically in the dark. This result contradicts to the depths where these algae are found in the lake. The mixotrophic potential of *Chlamydomonas* sp. may therefore be quite strong, and will be focus of our future investigations.

The fractioning of the chloroplasts and diminishing of the chlorophyll concentration per cell can be interpreted as adaptation of the cell to heterotrophic conditions, when the chloroplasts are not useful and the energy can be used to fix carbon in the dark. The cells were able to rebuild big organelles after

some time in the light again. This flexibility makes the isolated *Chlamydomonas* sp. a well-adapted species to live under extreme conditions.

Literatur

BISSINGER, V., TITTEL, J., JANDER, J. & GAEDKE, U. (2000): Planktonkulturen aus sauren Bergbau-Restseen. Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL) Tagungsbericht 1999 (Rostock): 350 - 354

NIXDORF, B., LESSMANN, D., GRUENEWALD, U. & UHLMANN, W. (1997): Limnology of extremely acidic mining lakes in Lusatia (Germany) and their fate between acidity and eutrophication. In: Proceedings of the 4th International Conference on Acid Rock Drainage, Vancouver, Canada IV (1997): 1745 - 1759

Anschrift der Autoren

Dipl.-Biol. V. Bissinger
Dr. Jörg Tittel
Universität Potsdam
Institut Biochemie und Biologie
Professur für Ökologie/Ökosystemmodellierung
Maulbeerallee 2
14469 Potsdam

Erodierte Autos und Brunnen in Oregon, USA

H.-R. Bork, K. Geldmacher, I. Gunia, S. Schaphoff, F. Woithe, B. Röpke, T. Schnur, B. Faust, C. Dalchow

Zusammenfassung

Im Rahmen der Forschungen zur Landschaftsentwicklung des Pazifischen Nordwestens wurde die Entwicklung eines Schluchtensystems im südlichen Teil des North Fork Cottonwood Creek bei Monument, Zentral-Oregon, untersucht. Die ackerbauliche Nutzung begann hier um 1870. Während des späten 19. Jahrhunderts überwog hier die Hangerosion. Bis zum frühen 20. Jahrhundert wurden die Oberböden der Oberhänge erodiert und Sedimente mit sehr geringer Infiltrationskapazität freigelegt. Dieses bewog die Farmer zur Umstellung der Landnutzung auf extensives Weideland. Die dadurch eintretende Verringerung der Sedimentkonzentration im Oberflächenabfluß verursachte seitdem ausgedehnte Einkerbungen. Ein vor etwa 110 Jahren angelegter Brunnen im Süden der Talau des North Fork Cottonwood Creek wurde dabei angeschnitten. Heute hat die Hauptschlucht eine maximale Tiefe von mehr als 15 m und eine Länge von mehr als einem Kilometer. Eine Terrasse im breiten Talboden der Schlucht enthielt Teile eines alten Autos. Durch das Hineinwerfen von Schrottautos in den oberen Teil der Schlucht konnten die Farmer deren weitere Ausdehnung verhindern.

Summary

The development of a gully system south of North Fork Cottonwood Creek near Monument, Central Oregon, was investigated. Farmers started agriculture around 1870 AD. In the late 19th century hillslope erosion dominated. Until the early 20th century the topsoil was eroded upslope. Sediments with very low infiltration capacities were exposed there and land use had to change from cropland to pasture. Overland flow with low sediment concentration caused gullying since then. A well which was installed 110 years ago south of the valley bottom of North Fork Cottonwood Creek was partly eroded by gullying. Today the main gully has a maximum depth of more than 15 m and a length of more than 1000 m. A terrace in the gully bottom contained car parts. Farmers stopped gullying by car wracks that were thrown into the gully heads.

Auf den Weiden einer Farm unmittelbar südlich des North Fork Cottonwood Creek unweit Monument im nördlichen Zentraloregon verbirgt sich ein großes Schluchtensystem. Viele Fragen stellen sich. Wie alt ist das Schluchtensystem? Unter welchen klimatischen Verhältnissen ist es entstanden? Hat der Mensch die Entwicklung maßgeblich beeinflusst? Haben die Schluchten die Nutzbarkeit beeinträchtigt?

Ungewöhnliche Befunde

Wir wanderten in der über einen Kilometer langen Hauptschlucht mit ihren senkrechten, bis über 15 m hohen Wänden und breitem Talboden abwärts. Wiederholt waren Reste einer bis zu zweieinhalb Meter hohen Terrasse in der Schlucht zu finden. In einem dieser Terrassenrelikte begannen wir zu graben, um die Ablagerungsbedingungen und das mögliche Alter zu ermitteln. Zwischen faust- bis kopfgroßen gut gerundeten Schottern fand sich ein Blech. Wir räumten mühsam das schließlich über 100 cm lange verbogene Blechfragment mit einem angeschraubten Stück Holz frei. Der ungewöhnliche Fund entpuppte sich als Halterung eines Kotflügels von einem Fahrzeug aus den Zwanziger Jahren des 20. Jh (frdl. mündl. Mitt. von Dave Longheid). Zweifelsfrei war das Blechstück in der Schlucht transportiert und zusammen mit den Schottern abgelagert worden. Damit ist die "Kotflügelterrasse" nicht älter als acht Jahrzehnte.

Wenige Zehnermeter weiter talabwärts - wir näherten uns der Einmündung der Hauptschlucht mit der "Kotflügelterrasse" in das Tal des North Fork Cottonwood Creek - nahm die Schluchttiefe stark ab. In der östlichen, hier noch drei Meter hohen Schluchtwand verbarg sich hinter dichtem Gebüsch eine schmale, die gesamte Wandhöhe einnehmende deutlich gerundete, unten im Schluchtenboden verschwindende Steinsetzung. Wir gruben die Steinsetzung am Schluchtenboden auf und fanden eine kreisrunde Struktur mit einem lichten Durchmesser von 150 cm: einen Brunnen, der nach seiner Aufgabe offenbar der Müllentsorgung diente. Nägel, eine Schraube, mehrere Glasscherben, ein Keramikfragment, Knochen, Holzkohle, Holzstücke und eine Schafscherbe lagen in der Brunnenfüllung.

Die linienhafte Erosion, die zur Ausbildung der Schlucht geführt hatte, erodierte die oberen drei Meter der westlichen Hälfte des Brunnens. Dadurch kehrte sich die ursprüngliche günstige Situation - hoch anstehendes Grundwasser am südlichen Rand des Tales von North Fork Cottonwood Creek - um. Die Einschneidung des Schluchtensystems senkte den Grundwasserspiegel deutlich ab.

Detailuntersuchungen des gesamten Schluchtensystems förderte die komplizierte jüngere Entwicklungsgeschichte zu Tage.

Die rekonstruierte Geschichte des Schluchtensystems

Während der ersten, für die jungholozäne Entwicklung relevanten, wahrscheinlich spätpleistozänen Phase führte Tiefen- und starke Seitenerosion südlich des North Fork Cottonwood Creek im Bereich des heutigen Schluchtensystems zur Ausbildung eines Sohlentales. In diesem wurden wahrscheinlich ebenfalls im Spätpleistozän Schotter und - vermutlich - Feinsedimente akkumuliert (Phase 2). Wahrscheinlich im älteren und mittleren Holozän bildete sich ein intensiver und mächtiger Boden, von dem heute nur noch eine starke Karbonatanreicherung hauptsächlich in den Klüften des anstehenden Gesteins nachweisbar ist (Phase 3).

In der vierten Entwicklungsphase wurden die Feinsedimente und Teile des C_{ca} -Horizontes im Schotterkörper abgetragen. Unmittelbar auf diese Abtragung folgte die Ablagerung von Schotterkörpern, Sanden und Schluffen sowie Tonen (Phase 5). In dieser 3 bis über 15 m mächtigen Sedimentfolge geborgene Holzkohlen wiesen kalibrierte ^{14}C -Alter von etwa 2600 bis 2000 Jahre vor heute auf. Im nördlichen Teil des verfüllten Sohlentales, unweit der Einmündung in das Tal des North Fork Cottonwood Creek ist der Sedimentkörper als gewölbter Schwemmfächer ausgeprägt.

Im oberen Teil der Sedimente bildete sich in der anschließenden, bis zur Einwanderung der ersten Ackerbauern währenden geomorphodynamischen Ruhephase (Phase 6) unter Vegetation ein 70 bis 90 cm mächtiger verbraunter und lessivierter Boden mit der Horizontfolge

- Humushorizont
- Verbraunungs- und Tonanreicherungshorizont
- Karbonatanreicherungshorizont.

Um das Jahr 1870 n. Chr. rodeten europäisch stämmige Ackerbauern erstmals die lichte, die Böden vor Erosion weitgehend schützende Waldvegetation und betrieben danach im Einzugsgebiet des North

Fork Cottonwood Ackerbau und Weidewirtschaft (Phase 7). Dadurch wurde an den beackerten Hängen flächenhafter Bodenabtrag und auf den konkaven Unterhängen sowie in den Auen die Sedimentation von Kolluvien ermöglicht.

Auf dem Schwemmfächer wurde um 1890 ein Brunnen vermutlich über 5 m tief in die Sedimentfolge der Phase 4 gegraben und mit Steinen ausgekleidet (Phase 8).

Wenige Jahre später begann sich ein Schluchtensystem rückschreitend, d. h. ausgehend vom North Fork Cottonwood Creek, auf einer Länge von weit mehr als einem Kilometer in die Sedimente und Böden der Phasen 1 bis 7 einzuschneiden (Phase 9). Wodurch ist der Umschlag von vorwiegend flächenhafter Bodenverlagerung zum Schluchtenreißen eingeleitet worden? Sehr wahrscheinlich wurde dieser rasche und überaus wirksame Prozeßwandel ausgelöst durch

die Abtragung der geringmächtigen Bodendecke mit hohem Wasseraufnahmevermögen auf den steilen Oberhängen, so daß dort seitdem wenig wasserdurchlässige, Abflußbildung begünstigende und gravierende flächenhafte Erosion weitgehend verhindernde Gesteine an der Oberfläche liegen, und

einen (auch auf die vorausgegangene Bodenerosion zurückzuführenden) Nutzungswandel von Ackerbau zu extensiver Grünlandwirtschaft an vielen Standorten, so daß dadurch bei unverminderter Abflußbildung der flächenhafte Abtrag abnahm.

Kaum mit Sediment belasteter Abfluß auf der Bodenoberfläche erreichte so nach diesen Veränderungen im Verlauf stärkerer Niederschläge die Tiefenlinien und gestattete eine starke Zerschluchtung in dieser 9. Entwicklungsphase.

In der Hauptschlucht akkumulierte in Phase 10 ein bis zu 2,5 m mächtiger, aus gut gerundeten Basalten mit Durchmessern vorwiegend zwischen 5 und 40 cm bestehender Schotterkörper. In ihm wurde das erwähnte Fahrzeugteil aus den Zwanziger Jahren und ein Metalltopf gefunden.

In diesen Grobmaterialkörper schnitt sich in einer weiteren Phase starker Tiefen- und Seitenerosion - wahrscheinlich in den Dreißiger oder Vierziger Jahren - das Schluchtensystem erneut ein (Phase 11). Dabei wurde der in Phase 8 angelegte Brunnen zur Hälfte und der Basaltschotterkörper der Phase 10 weitgehend abgetragen.

Zur Verhinderung weiterer rückschreitender linienhafter Erosion und damit der Zerstörung von Acker- und leicht zugänglichem Dauergrünland wurden Fahrzeugwracks in die Kerbenspitzen geworfen.

In den letzten Jahrzehnten akkumulierten Feinsedimente, die Plastikteile und ein Faß enthalten (Phase 12). Heute schneidet sich das Schluchtensystem in diese jüngsten Sedimente lokal leicht ein. Die rückschreitende Erosion wurde hingegen durch die rauigkeitserhöhenden und abflußbremsenden Fahrzeugwracks fast vollständig eingedämmt.

Anschriften der Autoren

Prof. Dr. Hans-Rudolf Bork
Universität Kiel
Ökologiezentrum
Schauenburger Str. 112
24118 Kiel

Björn Röpke
Universität Gießen
FB Agrarwissenschaften, Ökotropologie
und Umweltmanagement
Bismarckstr. 24
35390 Gießen

Karl Geldmacher
Universität Potsdam
Institut für Geoökologie
PF 6015 53
14415 Potsdam

Iris Gunia-Schiøtz
Universität Roskilde
Dänemark

Sibyll Schaphoff
Potsdam-Institut für
Klimafolgenforschung
Telegrafenberg C4
14473 Potsdam

Franke Woithe
Wollestr. 31
14482 Potsdam

Tilo Schnur
Universität Potsdam
Institut für Geoökologie
PF 6015 53
14415 Potsdam

Dr. Berno Faust
Little-Springs-Road 606
Roseburg, Oregon
USA

Dr. Claus Dalchow
Zentrum für Agrarlandschafts- und Land-
nutzungsforschung
Eberswalder Str. 84
15374 Müncheberg

Bewirtschaftungsmöglichkeiten im Einzugsgebiet der Havel

A. Bronstert, S. Itzerott, W. Lahmer

Zusammenfassung

Hauptanliegen des Projektes ist es, für das Einzugsgebiet der Havel verschiedene Möglichkeiten der Bewirtschaftung von Gebietsfläche und Gewässer auf deren Auswirkungen hinsichtlich Wassermenge und -qualität zu untersuchen. Dabei sind methodische Arbeiten zur Erstellung oder Anpassung von Bewertungswerkzeugen (Modelle, Szenarientechniken), deren exemplarische Anwendung zur Untersuchung ausgewählter, konkreter Problemstellungen und die Untersuchung von Akzeptanz und Umsetzbarkeit der Managementoptionen durchzuführen. Das Projekt befindet sich zur Zeit in einer Vorphase (9/2000 – 12/2000). Die Hauptphase soll im Frühsommer 2001 beginnen. Es ist ein Verbundprojekt mit verschiedenen Teilnehmern aus Brandenburg und Berlin aus Wissenschaft, Verwaltung und Wirtschaft. Die Federführung liegt am Institut für Geoökologie der Universität Potsdam.

Summary

The main objective of the project is to investigate various management options of the catchment of the Havel river in Northeast Germany in order to elaborate the impacts of management measures of the catchment area and river stretches on water quantity and quality.

Currently, the project is in a preliminary-phase (9/2000 – 12/2000). The main phase is scheduled to start in early summer 2001. The project consortium includes institutions from Brandenburg and Berlin with scientific, administrative and private consulting background. The project is lead by the Institute for geo-Ecology of Potsdam University.

Projektziele

Hauptziel des Projektes: „Bewirtschaftungsmöglichkeiten im Einzugsgebiet der Havel“ ist es, für das Einzugsgebiet der Havel verschiedene Möglichkeiten der Bewirtschaftung von Gebietsfläche und Gewässer auf deren Auswirkungen hinsichtlich Wassermenge und -qualität zu untersuchen. Dabei sind methodische Arbeiten zur Erstellung oder Anpassung von Bewertungswerkzeugen (Modelle, Szenarientechniken), deren exemplarische Anwendung zur Untersuchung ausgewählter, konkreter Problemstellungen und die Untersuchung von Akzeptanz und Umsetzbarkeit der Managementoptionen durchzuführen.

Die Havel, deren Einzugsgebiet in der anschließenden Hauptphase hinsichtlich verschiedener Bewirtschaftungsmöglichkeiten mit nachhaltiger Wassernutzung betrachtet werden soll, ist einer der wichtigsten Tieflandsflüsse Deutschlands. Für ihr Einzugsgebiet ergeben sich aus dem komplexen hydrologischen und landschaftsökologischen System (geringes Gefälle und Fließgeschwindigkeiten, zahlreiche eingeschaltete Seen und seenartige Erweiterungen, weite Auen mit Niedermoorflächen) und den man-

nigfaltigen Interessen zur Nutzung seiner Wasserressourcen (Trinkwasser, Schifffahrt, Freizeit, Erholung, Landwirtschaft, Industrie, Siedlung, Fischerei) zahlreiche Ansätze für Nutzungskonflikte, die oft zu Beeinträchtigungen der Wasserqualität und -menge der Flüsse und Seen führen. Bereits vorhandene wasserwirtschaftliche Bauwerke (Staustufen, Deiche, Kanalisierungen, Grabensysteme in den Auen) sowie z.T. noch ungeordnete Abwasserentsorgung im ländlichen Raum sorgen für eine weitere Verkomplizierung der Systembetrachtung. Ziel ist eine ganzheitliche Untersuchung der Einflüsse von Bewirtschaftung auf das Havelsystem. Unter Berücksichtigung der sozio-ökonomischen Bedingungen und vorhandener bzw. neu zu formulierender Leitbilder sollen akzeptable Managementoptionen formuliert werden, die das natürliche System mit seinem Dargebot nur soweit belasten, daß eine Modellierung ausgewählter Zielgrößen (Wasserqualität und Wassermenge der Flüsse und Seen) eine spürbare Verbesserung des Zustandes dieser ergibt. Diese Ergebnisse sollen Eingang finden in die Betrachtung anderer Einzugsgebiete. Die große Vielfalt an naturräumlichen und sozio-ökonomischen Gegebenheiten und die hohe Sensibilität für eine Veränderung dieser Bedingungen sowie ein für den norddeutschen Raum typischer hoher Anteil landwirtschaftlich genutzter Flächen lassen die Havel als geeignetes Beispielsgebiet hervortreten.

Stand der Wissenschaft und Technik, bisherige Arbeiten

Alle Beteiligten in diesem interdisziplinären Projekt haben sich in unterschiedlichem Umfang und Maßstab in bisherigen Projekten mit dem Haveleinzugsgebiet und/oder den für die komplexe Betrachtung des Einzugsgebietes notwendigen Teilaufgaben beschäftigt. Es existiert somit eine breite Wissensbasis, die jedoch zunächst noch intensiver untereinander bekannt gemacht und zu einer klaren Aufgabenverteilung genutzt werden muß. So sollen in der Vorphase Lücken und Redundanzen in der Bearbeitung ausgeschlossen werden.

Die Gewinnung der zur Beschreibung des Systems und zur Modellierung der Einflüsse angenommener Managementmaßnahmen auf Wasserqualität und -menge notwendigen Daten steht ebenfalls im Mittelpunkt der Vorphase. Es existieren für das Untersuchungsgebiet zahlreiche Datenquellen in unterschiedlicher Auflösung und Aufbereitung. Ihre Erfassung und Erschließung führt zur Absprache mit Instituten, Behörden und Büros, die potentiell Daten zur Verfügung stellen könnten oder wegen ihrer Sach- und Gebietskenntnis zur Bewertung der Projektergebnisse herangezogen werden sollen.

Wie für die Daten gilt für die im zukünftigen Projekt zu verwendenden Arbeitstechniken, daß bereits zahlreiche Ansätze sowohl bei den Bearbeitern der Teilziele als auch außerhalb der Projektgruppe existieren. Hier wird in der Vorphase durch Vergleich der Techniken die notwendigen Auswahl getroffen, um optimale Ergebnisse zu erzielen.

Anschrift des Projektleiters

Prof. Dr. A. Bronstert
Universität Potsdam
Institut für Geoökologie
Postfach 60 15 53
14415 Potsdam
E-mail: axelbron@rz.uni-potsdam.de

Beweidung als Degradationsfaktor in ariden und semiariden Weidesystemen

F. Jeltsch, G. Weber, J. Paruelo, W. R. J. Dean, S.J. Milton, N. van Rooyen

Zusammenfassung

Neben der Bodenerosion stellt die sog. Weidelandverbuschung den wichtigsten Degradationsmechanismus arider Weidesysteme dar. Mit Hilfe räumlicher Simulationsmodelle wird die Bedeutung von Beweidungsintensität und – heterogenität sowie Niederschlagsmenge und – variabilität auf diesen Prozess untersucht. Erste Ergebnisse zeigen eine Schwellenwertverhalten der Verbuschung in Bezug auf Viehbesatzdichten und Niederschlagsmenge. Der Schwellenwert hängt aber von der Beweidungsheterogenität sowie der Niederschlagsverteilung ab. Der Nachweis dieser nichtlinearen Langzeitdynamik hat wichtige Implikationen für das Weidemanagement arider Systeme.

Summary

Soil erosion and shrub encroachment are the most important mechanisms of degradation in arid grazing systems. Using a set of spatially-explicit simulation models we explored the influence of grazing intensity and heterogeneity as well as amount and distribution of rainfall on the process of shrub encroachment. First results show a threshold behaviour of shrub cover increase with regard to stocking rates and amount of rainfall. However the exact threshold value is modified by grazing heterogeneity and exact rainfall pattern. The identification of this non-linear type of long term vegetation dynamics has important implications for grazing management in arid systems.

Projektbeschreibung

Weidelandverbuschung, d.h. die Zunahme nicht-fressbarer holziger Vegetation auf Kosten fressbarer krautiger Pflanzen, verschlechtert in drastischem Maße die Bedingungen der Viehhaltung in ariden Weidegebieten im südlichen Afrika und anderen Teilen der Welt (Jeltsch et al. 1997b, Weber et al. im Druck). Obwohl bekannt ist, dass die Zunahme der Strauchvegetation meist eine Folge der selektiven Übernutzung der Gräser durch Rinderbeweidung ist, so sind der relative Einfluss und der synergistische Effekt von Regen und Beweidung ebenso wenig verstanden wie der Effekt kleinskaliger Beweidungsheterogenitäten (Weber et al. 1998). Feldexperimente zur Bestimmung optimaler Viehbesatzdichten, die eine Verbuschung der Vegetation unter verschiedenen Regenszenarien vermeiden, sind nahezu nicht wiederholbar. Ursache hierfür ist die geringe Geschwindigkeit des Verbuschungsprozesses und die, in ariden Regionen, typischerweise niedrigen Viehbesatzdichten. Aus diesem Grund wurden zur Untersuchung von Verbuschungsdynamiken in Savannen des südlichen Afrikas spezifische Simulationsmodelle entwickelt (Jeltsch et al. 1997a, b, Weber et al. 1998). Ähnliche Modelle für Patagonien (Argentinien) sind derzeit in der Entwicklung. Diese

anwendungsorientierten Modelle stellen den ersten Versuch dar, die dynamischen Wechselwirkungen zwischen räumlicher Vegetationsdynamik und Beweidungsverhalten, Primärproduktion und Sekundärproduktion unter den variablen Niederschlagsbedingungen semiarider Weidegebiete zu untersuchen. Dabei stehen folgende Fragestellungen im Mittelpunkt: (1) Welche Intensität der Beweidung führt zur Verbuschung? (2) Auf welchen Zeitskalen findet dieser Prozeß statt? (3) Ist die Dynamik der Vegetationsänderung kontinuierlich in Bezug auf einen ansteigenden Beweidungsdruck oder ergibt sich ein Schwellenwertverhalten? (4) Welche Rolle spielen Heterogenitäten in der Beweidungsintensität?

Erste Ergebnisse zeigen, dass die Antworten auf alle drei Fragen von der Heterogenität der Beweidung sowie der Regenmenge und der Abfolge der Regenereignisse beeinflusst werden (Weber et al.1998, im Druck). Eine simulierte Beweidung führte allerdings unter allen untersuchten Regenszenarien zur Verbuschung, sofern die Viehbesatzdichten einen Schwellenwert überschreiten, der durch den langfristigen mittleren Jahresniederschlag festgelegt ist (Jeltsch et al. 1997b). Die Existenz eines solchen Schwellenwertes ist von größtem Interesse für das Weidemanagement semiarider Gebiete, da gängige Beweidungsstrategien von einem kontinuierlichen Verbuschungsprozess ausgehen. Dies hat Konsequenzen, die ein Umdenken in den derzeit gängigen Weidekonzepten notwendig macht. Die Simulationsexperimente zeigen nämlich, dass Viehbesatzdichten, die gegenwärtig von Agrarexperten empfohlen werden, zwar Verbuschung auf einer Zeitskala von 20 Jahren unwahrscheinlich machen, in größeren Zeiträumen von etwa 100 Jahren aber ein großes Verbuschungsrisiko beinhalten.

Literatur

JELTSCH, F.; MILTON, S. J.; DEAN, W. R. J.; VAN ROOYEN, N. (1997a): Simulated pattern formation around artificial waterholes in the semi-arid Kalahari. *Journal of Vegetation Science* 8(2): 177-189

JELTSCH, F.; MILTON, S. J.; DEAN, W. R. J.; VAN ROOYEN, N. (1997b): Analysing shrub encroachment in the southern Kalahari: a grid-based modelling approach. *Journal of Applied Ecology* 34(6): 1497-1509

WEBER, G.; JELTSCH, F.; VAN ROOYEN, N.; MILTON, S. J. (1998): Simulated long-term vegetation response to spatial grazing heterogeneity in semiarid rangelands. *Journal of Applied Ecology*, 35, 687-699

WEBER, G.; MOLONEY, K.; JELTSCH, F. (im Druck): Simulated long-term vegetation response to alternative stocking strategies in savanna rangelands. *Plant Ecology*

Anschrift des erstgenannten Autors

Prof. Dr. F. Jeltsch
Universität Potsdam
Institut für Biochemie und Biologie
Maulbeerallee 2
14469 Potsdam
E-mail: jeltsch@rz.uni-potsdam.de

Entstehung und Bedeutung räumlicher Vegetationsstrukturen in Trockensavannen: Baum-Graskoexistenz und Artenvielfalt

F. Jeltsch, G. Weber, W. R. J. Dean, S. J. Milton, N. van Rooyen, T. O'Connor, K. Moloney

Zusammenfassung

Savannen sind durch die Ko-Dominanz von Gräsern und Bäumen charakterisiert. Welche Mechanismen diese Koexistenz ermöglichen ist aber noch weitgehend ungeklärt. Mit Hilfe eines räumlich-expliziten, gitterbasierten Simulationsmodells, das auf Langzeituntersuchungen aus der südlichen Kalahari basiert, wurde der Einfluss von Niederschlägen, Feuer, Beweidung und kleinskaligen Störungen und Heterogenitäten auf die Baumverteilung und die Baum-Gras Koexistenz untersucht. Die Simulationen zeigen, dass die traditionellen Schlüsseldeterminanten – Regen, Feuer und Beweidung nicht ausreichen, um eine langfristige Koexistenz von Bäumen und Gräsern unter verschiedenen Umweltbedingungen zu erklären. Zusätzliche kleinskalige Störungen und Heterogenitäten, zumindest solche, die den Bäumen lokal verbesserte Etablierungsmöglichkeiten bieten, vergrößern aber den Bereich der Umweltbedingungen unter denen Bäume und Gräser als Savanne langfristig koexistieren können. Simulationen auf der Basis realer Regendaten aus der südlichen Kalahari produzierten realistische Dichten und räumliche Verteilungen der Bäume für einen realistischen Bereich kleinskaliger Heterogenitäten in der Landschaft. Obwohl die Simulationen eindeutig eine Nicht-Gleichgewichtsdynamik aufzeigen, belegt ein Vergleich zwischen Luftaufnahmen und simulierten Baumverteilungen, dass sich die Baumpopulationen in der südlichen Kalahari in einem Zustand langfristiger Baum-Gras Koexistenz befindet, charakterisiert durch eine hohe Zahl einzelstehender Bäume. Die Bedeutung dieser landschaftsprägenden Vegetationsstruktur für die Artenvielfalt der südlichen Kalahari wird derzeit ebenso untersucht wie der Einfluß verschiedener Landnutzungsformen auf die Verteilung und die Populationsdynamik der Bäume. Hierzu laufen derzeit Untersuchungen in der südlichen Kalahari, in der östlichen Kapprovinz Südafrikas und in einer Mopane Savanne im Norden Namibias.

Summary

Savannah ecosystems show co-dominance of trees and grasses, and the mechanisms involved in their coexistence remain unresolved. We investigated the influence of rainfall, fire, grazing and small-scale heterogeneities and disturbances in determining tree spacing and tree-grass coexistence in semi-arid savannas, using a spatially explicit, grid-based simulation model that is based on long term field research in the southern Kalahari. The simulations show that the traditional key determinants of savannas - rain, fire and grazing – are not sufficient generate and sustain a long term coexistence of trees and grasses, but additional small-scale disturbances and heterogeneities, at least those that furnish better establishment conditions for tree seedlings, act to increase the range of environmental conditions under which trees and grasses can coexist as savannah. Simulations based on rainfall data

from the southern Kalahari produced a realistic density and spatial distribution for trees in this semi-arid savannah for a realistic range of small-scale heterogeneities. Even though the simulated savannah clearly showed a non-equilibrium dynamics, a comparison of real distributions derived from aerial photographs and results from simulations experiments indicate that the tree population in the simulated area of the southern Kalahari is in a state of long term tree-grass coexistence with the persisting structure of large number of solitary trees. The importance of this structure for species diversity is currently investigated and the influence of different forms of land use on the tree distribution and population dynamics is explored in the southern Kalahari, an *Acacia karoo* savannah in the Eastern Cape and in a mopane savannah in North Namibia.

Projektbeschreibung

Die Ko-Dominanz von Bäumen und Gräsern ist eine wesentliche Eigenschaft von Savannen, die dieses ökologische System von anderen unterscheidet. Obwohl in der Literatur eine Reihe möglicher Ursachen diskutiert wurden, ist die Frage noch ungeklärt, welche Mechanismen eine langfristige Koexistenz dieser beiden Lebensformen ermöglichen (Jeltsch et al. 1996, im Druck). Das Verständnis dieser Ursachen ist aber wesentlich zur Entwicklung von Konzepten des Naturschutzmanagements und der nachhaltigen Landnutzung in diesem System. Frühere Hypothesen, die auf einer Gleichgewichtsvorstellung beruhten, wurden in den letzten Jahren durch die Hypothese einer störungsbedingten Koexistenz auf Grund von Grasfeuern und Herbivorie ersetzt (Jeltsch et al. im Druck). Obwohl beides räumliche Prozesse sind, wurde die explizite Berücksichtigung des Raumes in der Stabilitätsdiskussion von Savannenvegetation bislang vernachlässigt. Im Rahmen des Projektes wurden auf der Basis langjähriger empirischer Untersuchungen ein gitterbasiertes, räumlich-explizites Simulationsmodell entwickelt, das es ermöglicht, potentielle Koexistenzursachen unter Einbeziehung räumlicher Aspekte zu untersuchen (Jeltsch et al. 1996, 1998). Das Modell basiert auf Informationen über die südliche Kalahari, wurde aber weitergehend verallgemeinert, so dass auch generelle Aussagen über andere semiaride Savannen möglich wurden. Die Simulationen zeigen, dass die Konkurrenz um Bodenfeuchtigkeit allein nicht ausreicht, um eine langfristige Koexistenz von Gräsern und Bäumen zu erklären. Die Berücksichtigung aller "klassischen" Schlüsselfaktoren in Savannen - Regen, Feuer und Beweidung - kann im Modell nur unter wenigen, speziellen Niederschlagsszenarien zu langfristiger Koexistenz führen (Jeltsch et al. 1996). Ein sehr viel größerer Koexistenzbereich ergibt sich allerdings, wenn zusätzlich zu den klassischen Faktoren kleinskalige Heterogenitäten und Störungen in der Savannenlandschaft berücksichtigt werden (Jeltsch et al. 1998). Die Untersuchungen zeigen, dass kleinskalige Heterogenitäten und Störungen, die den Bäumen lokal verbesserte Etablierungschancen bieten, nicht nur zu realistischen räumlichen Baumverteilungen führen sondern auch den Bereich von Umweltbedingungen unter denen Bäume und Gräser langfristig koexistieren können wesentlich erweitern. In der südlichen Kalahari konnten mit Hilfe des Modells und empirischer Untersuchungen die Akkumulation von Baumsamen in Herbivorendung als wichtigster Faktor kleinskaliger Heterogenitäten identifiziert werden (Große Herbivoren fressen die Früchte der dominierenden Kameldornakazie (*Acacia erioloba*) und verbreiten die Samen mit dem Dung, der räumlich stark geklumpt auftritt). Durch die systematische Untersuchung der langfristigen raum-zeitlichen Konsequenzen unterschiedlicher Schlüsselprozeßkonstellationen vermittelte das räumlich-explizite Simulationsmodell neue Einsichten für das Verständnis von Savannendynamiken. Von besonderer Bedeutung ist die dabei generierte neue Hypothese, dass kleinskalige Heterogenitäten und Störungen, die zu lokal verbesserten Etablierungsbedingungen für Baumkeimlinge führen einen Schlüsselfaktor in der Dynamik semiarider Savannen darstellen. Dieser Aspekt ist bislang in den meisten Untersuchungen zur Savannenökologie vernachlässigt worden.

Ein wesentlicher Vorteil räumlich-expliziter Modelle ist die Möglichkeit, reale räumliche Strukturen des modellierten Systems mit Strukturen zu vergleichen, die vom Modell produziert werden. Da die synergistische Entstehung räumlicher Strukturen eine sehr hohe Organisationsstufe eines Systems darstellt, erhöht eine qualitative oder evtl. sogar quantitative Übereinstimmung der Strukturen das Vertrauen in ein Modell erheblich, sofern sich die Struktur auch im Modell erst aus dem synergistischen Wechselspiel einzelner Prozesse ergibt. Vergleiche der Raum-Zeit-Strukturen aus der Natur und aus dem Modell können aber auch dazu benutzt werden, wichtige ökologische Prozesse zu

identifizieren. Im vorliegenden Projekt wurden Techniken der Punktmusteranalyse angewendet, um räumliche Verteilungen von Savannenbäumen in der südlichen Kalahari zu untersuchen. Dabei werden sowohl reale Baumverteilungen (Luftaufnahmen von einem Zeitpunkt) analysiert als auch Verteilungen, die sich im Laufe von Simulationsexperimenten ergeben (Jeltsch et al. 1999). Die Simulationsexperimente werden mit Hilfe des entwickelten Modells durchgeführt, das die Vegetationsdynamik der wichtigsten Lebensformen der südlichen Kalahari unter dem Einfluss von Feuer, Beweidung und der Entstehung von Samenpatches in der Landschaft (Verbreitung von Baumsamen durch Säugetiere) simuliert. Die Simulationsläufe basierten auf realen Regendaten aus der modellierten Region.

Mit Hilfe gezielter Simulationen wurden die Prozesse der Musterentstehung unter Einbeziehung geostatistischer Methoden identifiziert und zeitliche Veränderungen der Baumverteilungen erklärt. Obwohl die modellierte Savanne eine Nicht-Gleichgewichtsdynamik zeigt, legen die Simulationsergebnisse im Vergleich mit den realen Verteilungen nahe, dass sich die Baumpopulation in der südlichen Kalahari in einem Zustand langfristiger Baum-Graskoexistenz befindet mit der Struktur einer langfristig offenen Savanne.

Empirische Untersuchungen zeigten, dass die räumliche Verteilung der Bäume in der Landschaft einen signifikanten Einfluss auf die Artenvielfalt in dem System hat (Dean et al. 1999). Einzelstehende, große Bäume bieten sehr viel mehr Arten Lebensraum als dichtstehende Baumpatches. Neben allgemeinen Vergleichen (Dean et al. 1999) werden derzeit gezielte Einzelstudien zur Abhängigkeit einzelner Arten von der Verteilung und Größe der landschaftsprägenden Akazien durchgeführt (z. B. zur fruchttragenden Strauchart *Grewia flava* und zum Raubadler *Aquila rapax*).

Auch die Zunahme von nichtfressbaren Sträuchern in Folge von Überweidung – ein großes Degradationsproblem der Landnutzung in den Trockensavannen des südlichen Afrikas (s. folgendes Projekt) - verändert die Vegetationsgeprägten Landschaftsstrukturen und führt zu einem Rückgang der Artenvielfalt (Dean et al. 1999). Die Bedeutung des Feuers bei diesem Prozess wird derzeit am Beispiel einer *Acacia karoo* Savanne in der östlichen Kapprovinz untersucht. In einem neu begonnenen Projekt in Kooperation mit der Universität Köln und dem Umweltforschungszentrum Leipzig/Halle wird am Beispiel einer Mopane (*Colophospermum mopane*) Savanne in Nord Namibia derzeit untersucht, inwieweit eine Nutzung von Trockensavannen durch die indigene Bevölkerung (hier: das Volk der Himba) ebenfalls langfristig zu einer Degradation der Trockensavanne führt oder ob diese durch spezifische Regeln bestimmte Nutzung nachhaltig ist.

Literatur

DEAN, W. R. J.; MILTON, S. J.; JELTSCH, F. (1999): Large trees, fertile islands, and birds in arid savannas. *Journal of Arid Environments* 41(1): 61-79

JELTSCH, F.; MILTON, S. J.; DEAN, W. R. J.; VAN ROOYEN, N. (1996): Tree spacing and coexistence in semiarid savannas. *Journal of Ecology* 84: 583-595.

JELTSCH, F.; MILTON, S. J.; DEAN, W. R. J.; VAN ROOYEN, N. (1997): Analysing shrub encroachment in the southern Kalahari: a grid-based modelling approach. *Journal of Applied Ecology* 34(6): 1497-1509.

JELTSCH, F.; MILTON, S. J.; DEAN, W. R. J.; VAN ROOYEN, N.; MOLONEY, K. (1998): Modelling the impact of small-scale heterogeneities on tree-grass coexistence in semi-arid savannas. *Journal of Ecology*, 86 (5): 780-794

JELTSCH, F.; MILTON, S. J.; MOLONEY, K. (1999): Detecting process from snap-shot pattern - lessons from tree spacing in the southern Kalahari. *OIKOS* 85(3): 451-467

JELTSCH, F.; WEBER, G.; GRIMM, V. (im Druck): Buffering mechanisms in savannas: A unifying theory of long-term tree-grass coexistence. *Plant Ecology*

Anschrift des erstgenannten Autors

Prof. Dr. F. Jeltsch
Universität Potsdam
Institut für Biochemie und Biologie
Maulbeerallee 2
14469 Potsdam
E-mail: jeltsch@rz.uni-potsdam.de

Bodenbewertung für Planungs- und Zulassungsverfahren in Brandenburg

B. Jessel

Zusammenfassung

Ausgehend von den rechtlichen Rahmenbedingungen des Bundes-Bodenschutzgesetzes werden in dem Vorhaben Vorgaben für eine Bewertung des Schutzgutes Boden in Planungs- und Zulassungsverfahren (wie z.B. der Umweltverträglichkeitsprüfung) entwickelt. Gegenstand sind dabei die natürlichen Bodenfunktionen sowie seine Funktionen als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte. Für sie wurden vorhandene Datengrundlagen in ihren Ausprägungen ausgewertet und daraus regional für Brandenburg angepasste Bewertungsmaßstäbe entwickelt. Ziel ist, durch vereinheitlichte und leicht anwendbare Bewertungsvorgaben Belangen des Bodenschutzes bei der Zulassung von Vorhaben künftig zu stärkerem Gewicht zu verhelfen.

Summary

With regard to the legal conditions this research assignment has to develop methods to evaluate the different functions of soils for application for example in environmental impact assessments. The natural functions of soils and their functions as archives of natural and cultural history are object of the project. Available data are evaluated and interpreted. On this basis regionally adapted standards are developed, referring especially to the conditions in Brandenburg. The major aim is to get standards to evaluate soil conditions in environmental impact assessments that help to avoid impairments of soils when the admission of plants, highways and other large-scale projects is decided.

Hintergrund und Ziele des Projektes

Mit dem Inkrafttreten des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG) am 01. März 1999 werden nun auch die wesentlichen Funktionen des Umweltmediums Boden bundesweit durch ein eigenes Gesetz geschützt. Im Mittelpunkt des Bodenschutzes stehen die Sicherung und Wiederherstellung von natürlichen Bodenfunktionen und der Funktionen des Bodens als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte.

Diese Funktionen werden u.a. bei der Realisierung von Bau- und sonstigen Vorhaben durch Versiegelung, Auf- und Abtrag, Verdichtung, Erosion, Änderung des Bodenwasserhaushaltes und Stoffeintrag beeinträchtigt. Maßstäbe zur Erfassung und Bewertung von Eingriffen in das Schutzgut Boden im Rahmen von Planungs- und Zulassungsverfahren sind dem BBodSchG selbst jedoch nicht zu entnehmen. Um den Belangen des Bodenschutzes innerhalb von Planungs- und Zulassungsverfahren künftig stärkeres Gewicht in der Abwägung der verschiedenen Belange zu verleihen, ist eine einheitliche und handhabbare Bewertung von Bodenfunktionen im Land Brandenburg erforderlich. Betrachtet man die sehr unterschiedliche Verteilung etwa der durch die Bodenwertzahlen der Reichsbodenschätzung ausgedrückten Bodenfruchtbarkeit und weiterer Ausprägungen (z.B. regional typischer Archivböden) im

Vergleich einzelner Bundesländer, wird deutlich, dass solche Maßstäbe räumlich differenziert zu formulieren sind, d.h. auf die spezifisch brandenburgischen Verhältnisse Bezug nehmen müssen.

Im Rahmen des vom Referat Bodenschutz im Brandenburgischen Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung beauftragten Projektes „Bodenbewertung für Planungs- und Zulassungsverfahren im Land Brandenburg“ sollen daher für die Bewertung der natürlichen Teilfunktionen des Bodens sowie seiner Archivfunktionen konkrete, im großmaßstäbigen Bereich (M 1 : 10.000 bis 1 : 25.000) einsetzbare Bewertungsverfahren entwickelt werden, die die spezifischen Verhältnisse im Land Brandenburg berücksichtigen und aus verfügbaren Datenquellen ermittelbar sind. Wesentliches Ziel ist es, ein unter den Bedingungen der Planungspraxis einsetzbares Bewertungsverfahren zu erarbeiten, das es erlaubt, die Belange des Bodenschutzes künftig über einheitliche und nachvollziehbare Bewertungsmethoden in Planungs- und Zulassungsverfahren einzubringen und das hierfür gezielt die entscheidungserheblichen Bereiche herausarbeitet.

Methoden

Die in dem Projekt entwickelten Vorschläge erstrecken sich auf folgende Bodenfunktionen:

- Regelungsfunktionen des Bodens als Bestandteil des Wasser- und Nährstoffkreislaufes:
 - Maximale Wasserspeicherkapazität,
 - Infiltrationsvermögen,
 - Nährstoffkapazität.
- Regelungsfunktionen des Bodens als Filter und Puffer und für die Stoffumwandlung:
 - mechanisches Filtervermögen,
 - Festlegung und Pufferung anorganischer Schadstoffe,
 - Festlegung und Pufferung organischer Schadstoffe,
 - Säurepufferung.
- Funktionen des Bodens als Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen, darunter
 - die Funktion als Standort für die natürliche Vegetation,
 - die Funktion als Lebensraum für Bodenorganismen,
 - die biotische Ertragsfunktion.
- Außerdem wurde eine Liste der Archivböden Brandenburgs mit einer Charakterisierung ihrer Funktionen als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte erarbeitet.

Aus den genannten Vorgaben resultiert für die natürlichen Bodenfunktionen (Regelungs- und Lebensraumfunktionen) ein prinzipielles Vorgehen, das

- zunächst aufgrund der Ausprägungen vorliegender Datengrundlagen (in den Offenlandbereichen: Reichsbodenschätzung; für Böden unter Forst: Forstliche Standortkartierung) eine „*Grundbewertung*“ vornimmt,
- diese ggf. mittels weiterer in Brandenburg verfügbarer Kartengrundlagen (z.B. Karte der Moorkategorien und Moormächtigkeiten des Landesumweltamtes) *weiter ausdifferenziert*, sowie
- Hinweise über ggf. zu berücksichtigende örtliche Ausprägungen gibt (z.B. Reliefverhältnisse, anthropogene Einflüsse/Belastungen wie Verdichtungen und Verschlammungen), die über *Zu- oder Abschläge* eingebunden werden.

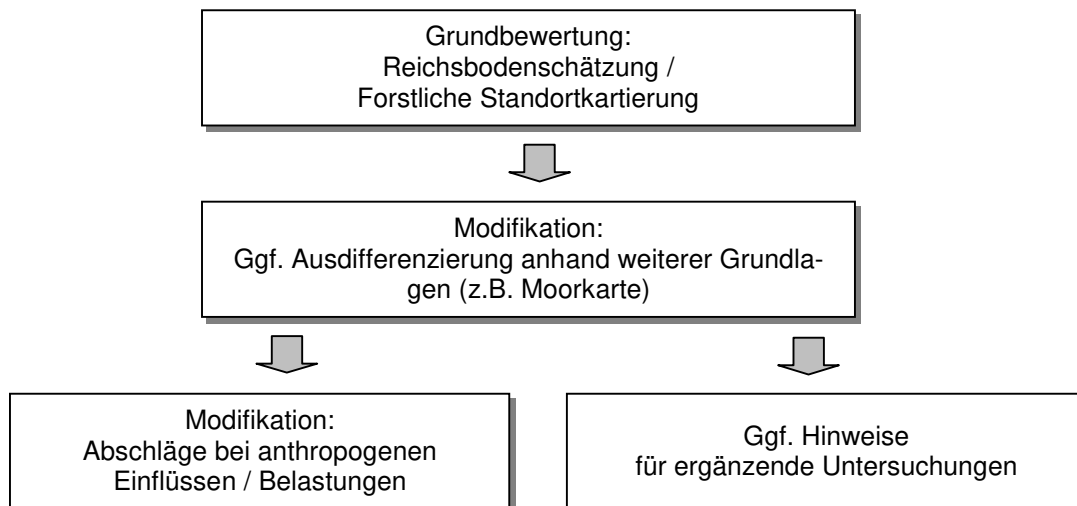


Abbildung 1: Bewertung der Bodenfunktionen – Schrittweise Integration von Daten

Die Arbeitsschritte, die dabei zu leisten waren, lassen sich am Beispiel der Regelungsfunktionen des Bodens für die Offenlandbereiche verdeutlichen (vgl. auch Abbildung 2):

Die entwickelte Grundbewertung beruht hier auf den Profilbeschreibungen zu den 221 sogenannten „Musterstücken“ für Brandenburg (die als exemplarische Profile seinerzeit dazu dienten, die Reichsbodenschätzung zu eichen und deshalb ausführlich dokumentiert sind). Die räumliche Verteilung der Musterstücke ist über Brandenburg hinweg recht gleichmäßig und deckt sämtliche relevanten naturräumlichen Großeinheiten ab. Die Bodeneigenschaften der Profilstandorte wurden im Gelände nach neuen Erkenntnissen bestimmt; teilweise liegen Laborwerte vor. Die in den Profilbeschreibungen angegebenen Bezeichnungen der Substrate und der organischen Substanz mussten vereinheitlicht werden. Leider fehlen in den Beschreibungen die für die Bodenbewertung bedeutsamen Angaben zur Basensättigung, Kationenaustauschkapazität, Feldkapazität, Rohdichte und Lagerungsdichte. Deshalb wurden Stellvertretergrößen in Anlehnung an die Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 4) benutzt.

Unter Berücksichtigung der Angaben über die Horizontmächtigkeiten wurden für die einzelnen zu bewertenden Ausprägungen jeweils die Durchschnittswerte bezogen auf 1 m Bodentiefe ermittelt, in Zuordnung zu den Klassenflächen der Reichsbodenschätzung (als deren räumlicher Bezugsgrundlage) die Bewertungsspannen aufgezeigt und anschließend – falls notwendig - auf brandenburgische Verhältnisse angepasst. Eine solche Anpassung war etwa erforderlich, wenn – wie etwa beim Kriterium Wasserspeichervermögen der Fall – nach den herkömmlichen Bewertungsvorschriften die Wertstufe 1 „sehr hoch“ für Brandenburg aufgrund der hier großflächig dominierenden Sandböden gar nicht auftauchen würde.

Verfahrensschritt	Grundlage	Inhalte und Beispiele
1. Erhebung der Bewertungsgrundlagen	Profilbeschreibungen der Musterstücke Quelle: Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg	Horizontmächtigkeiten, chemische und physikalische Bodeneigenschaften, z.B. Humusgehalt und Bodenart
2. Identifikation relevanter Teilfunktionen	Bodenkundliche Fachliteratur	Regelungsfunktionen und Speicherfunktionen für den Wasserhaushalt: Maximales Wasserspeichervermögen Wasserdurchlässigkeit

3. Festlegung der räumlichen Bezugsflächen	Klassenflächen lt. Bodenschätzungskarte 1:25.000	Lage und Ausdehnung der Klassenflächen des - Ackerschätzungsrahmens, z.B. LT 3 AL - Grünlandschätzungsrahmens, z.B. S II
4. Auswahl der Indikatoren	Bewertungsrahmen der relevanten Teilfunktionen	Bewertung der Profile der Musterstücke, z.B.: Maximales Wasserspeichervermögen – fünfstufige Bewertung der Feldkapazität nach KA 4: - LT 3 Al = Stufe 2 (hoch) - S II = Stufe 5 (sehr gering)
5. Validierung der Bewertungsrahmen für brandenburgische Verhältnisse	Verteilung der Bewertungsklassen im Bereich der Landesfläche	Identifikation nicht aussagekräftiger Bewertungsergebnisse, z.B. geringe Differenzierung der Feldkapazität mineralischer Böden, Stufe 1 ist (in Brandenburg) nicht vertreten
6. Modifikation der Bewertungsklassen	Ergebnisse der Validierung	Spreizung relevanter Bewertungsergebnisse, z.B. Wasserspeichervermögen der Klassenfläche LT 3 Al wird von Stufe 2 (hoch) nach Stufe 1 (sehr hoch) angehoben
7. Berücksichtigung örtlicher Ausprägungen	Örtliche Erhebungen	Zu- und Abschläge, z.B.: - Bei offensichtlichen Verdichtungsschäden erfolgt eine Rückstufung um eine Stufe; - Alle Gleye mit GW-Stand < 1m unter Flur werden der Stufe 5 (sehr gering) zugerechnet

Abbildung 2: Arbeitsablauf für die Bewertung von Böden der Offenlandbereiche

Ergebnisse und Diskussion

Im Ergebnis resultieren für den Planer leicht handhabbare Listen mit einer Zuordnung von Wertstufen für die Regelungs- und Lebensraumfunktionen des Bodens zu den Klassenflächen der Reichsbodenschätzung bzw. den Lokalbodenformen der Forstlichen Standorterkundung, die je nach örtlich tatsächlich vorzufindender Ausprägung über Zu- oder Abschläge zu modifizieren sind. Sonderstandorte (z.B. Kippen, Rekultivierungsflächen oder Rieselfelder), die nicht nach der Reichsbodenschätzung bewertet bzw. über die Forstliche Standorterkundung erfasst wurden, sind jeweils nach den aktuellen Verhältnissen zu behandeln, d.h. nach Bedarf gesondert zu erfassen und zu bewerten.

Einschränkend muss bemerkt werden, dass das Verfahren aufgrund der derzeit verfügbaren Datenlage nur für die bodenphysikalischen Teilfunktionen Maximale Wasserspeicherkapazität und Infiltrationsvermögen (Wasserdurchlässigkeit) als hinreichend valide angesehen werden kann, die Datenlage jedoch für die stofflichen Regelungsfunktionen des Bodens als generell unsicher bewertet werden muss. Allerdings soll für Brandenburg seitens der zuständigen Oberfinanzdirektion in Cottbus im Spätsommer 2000 mit einer Digitalisierung der Grablochbeschriebe der Reichsbodenschätzung begonnen werden. Das für das Bewertungsverfahren gewählte Vorgehen bietet den Vorteil, dass diese Daten hier problemlos integrierbar sind bzw. herangezogen werden können, um die Bewertungsergebnisse weiter statistisch abzusichern und bei Bedarf weitere Modifizierungen bzw. Anpassungen für Brandenburg vorzunehmen.

Kooperationspartner

- U-Plan – Büro für Umweltberatung und angewandte Landschaftsplanung, Königsdorf
- Prof. Dr. R. Schmidt, Eberswalde

Literatur

Angaben nach Abschluss des Projektes

Anschrift der Autorin

Prof. Dr. Beate Jessel
Universität Potsdam
Institut für Geoökologie
Professur für Landschaftsplanung
PF 60 15 53
14415 Potsdam

Erarbeitung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen für die Wert- und Funktionselemente des Landschaftsbildes

B. Jessel, A. Zschalich

Zusammenfassung

Das vom Bundesamt für Naturschutz beauftragte Forschungsvorhaben befasst sich mit Veränderungen des Landschaftsbildes durch linienförmige Verkehrsvorhaben (Straße, Bahn) und der Konzeption notwendiger Vermeidungs-, Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen. Bearbeitungszeit ist von Dezember 1999 bis März 2002.

Über eine bundesweit angelegte Auswertung Landschaftspflegerischer Begleitpläne und Gutachten sowie von Literatur zu den Themenkomplexen Landschaftsbild und Visualisierung wird der Stand der Technik sowie dessen praktischer Anwendung im Rahmen der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung dokumentiert.

Anhand von drei Beispielprojekten wird die Bearbeitung des Schutzgutes Landschaftsbild in der Eingriffsregelung mit Schwerpunkt auf der Ableitung und Begründung von Vorkehrungen zur Vermeidung sowie von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen veranschaulicht. Zugleich soll ein Rahmen für den Einsatz von EDV-gestützten Visualisierungen in der Eingriffsregelung formuliert werden. Bestandteil des Vorhabens ist außerdem ein Rechtsgutachten, das die rechtlichen Grundlagen des Landschaftsbildes in der Eingriffsregelung zusammenträgt und systematisiert. Im Ergebnis soll eine praxisorientierte Handlungsanleitung zur methodischen Bearbeitung des Landschaftsbildes in der Eingriffsregelung entstehen.

Summary

The research assignment, instructed by the Bundesamt für Naturschutz, studies impairments of visual landscape caused by linear traffic projects (highways, railways) and shows a conception of measures for mitigation and compensation proved to be necessary. The project runs from December 1999 to March 2002.

First step is an analysis of current traffic projects, their effects on visual landscape and measures that were taken to preserve it. Thus, the present state of the art in dealing with affections of visual landscape can be demonstrated.

Three exemplary projects have to illustrate concrete measures to integrate highways in different landscapes. The emphasis is on deduction and justification of measures for mitigation and compensation. Besides the possibilities and limitations for the use of computerized visualisations that illustrate chan-

ges in visual landscape will be shown. Furthermore an expert opinion for jurisdiction has the task to analyse the legal situation. Result of the project will be a practice guide with instructions how to deal with impairments of visual landscape.

Projektbeschreibung

Aufgaben und Ziele des Projektes

Der **Schutzgutkomplex Landschaftsbild** steht im Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) gleichberechtigt neben dem des Naturhaushalts. Während jener erst mit dem BNatSchG von 1976 und den entsprechenden Landesnaturschutzgesetzen in die Gesetzgebung aufgenommen worden ist, reichen die rechtlichen Wurzeln des Landschaftsbildes weiter zurück. Indem es betonte, dass das Landschaftsbild „vor nachteiligen Veränderungen zu bewahren“ sei, stellte bereits das Reichsnaturschutzgesetz von 1935 stark auf ästhetische Aspekte und deren nachteilige Veränderung ab. Erfahrungsgemäß sind es zudem vor allem die mit Eingriffsvorhaben verbundenen optisch wahrnehmbaren Veränderungen in Landschaften, die eine erhöhte Aufmerksamkeit der Öffentlichkeit auf sich ziehen.

Dem gegenüber wird in der Literatur vielfach die nachrangige Behandlung des Schutzgutkomplexes Landschaftsbild in der Eingriffsregelung beklagt. Zwar existieren mittlerweile zahlreiche Erhebungsverfahren, die den Vorwurf fehlender methodischer Grundlagen zumindest für den Erfassungs- und Analyseteil kaum mehr gerechtfertigt scheinen lassen, aber es mangelt vielfach an der zielgerichteten, auf die betroffenen Wert- und Funktionselemente des Landschaftsbildes orientierten Ableitung von Vorkehrungen zur Vermeidung, sowie Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen einschließlich deren Umsetzung.

Die Bearbeitung des Landschaftsbildes in der Eingriffsregelung erfolgt zudem oft pauschal ohne Bezug zum Einzelfall: Die Umsetzung wird vielfach mit einer landschaftsgerechten Gestaltung und Einbindung des Bauwerks als hinreichend erachtet bzw. oft nur in Form eines „Mitläufereffekts“ realisiert. D.h. indem man annimmt, dass etwa die optische Wirkung von Gehölzpflanzungen, von Biotopschaffungen für den Arten- und Biotopschutz oder Maßnahmen für andere Schutzgüter zugleich auch Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes kompensiert, wird dessen funktionaler Bezug zu den Eingriffsfolgen vernachlässigt.

Das **vom Bundesamt für Naturschutz im Dezember 1999 beauftragte** F+E-Vorhaben „Erarbeitung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen für die Wert- und Funktionselemente des Landschaftsbildes“ will daher einen Beitrag leisten, um dem Schutzgut Landschaftsbild in der **Ableitung von Maßnahmen und ihrer Umsetzung innerhalb der Eingriffsregelung** inhaltlich begründet und methodisch fundiert zu stärkerem Gewicht zu verhelfen. Bei einer Gesamtlaufzeit von 27 Monaten erstreckt sich der Bearbeitungszeitraum **bis 14. März 2002**.

Im Rahmen des Forschungsprojektes, dessen **Schwerpunkt** linienförmige Verkehrsvorhaben des Bundes (Straße, Schiene, tw. Wasserstraße) bilden, sollen insbesondere:

- ein Rechtsgutachten erstellt werden, das den aktuellen Sachstand der Rechtsprechung zum Landschaftsbild zusammenfasst und juristische Begründungen für eine Ausfüllung unbestimmter Rechtsbegriffe (u.a. landschaftsgerechte Wiederherstellung/Neugestaltung, Ausgleich, Ersatz, Erheblichkeit/Nachhaltigkeit von Beeinträchtigungen) erarbeitet;
- die bisher regelmäßig durchgeführten Maßnahmen zum Ausgleich für Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes dargestellt und systematisiert werden;
- weitere mögliche Maßnahmen zur Vermeidung und zum Ausgleich von Eingriffen entwickelt werden;

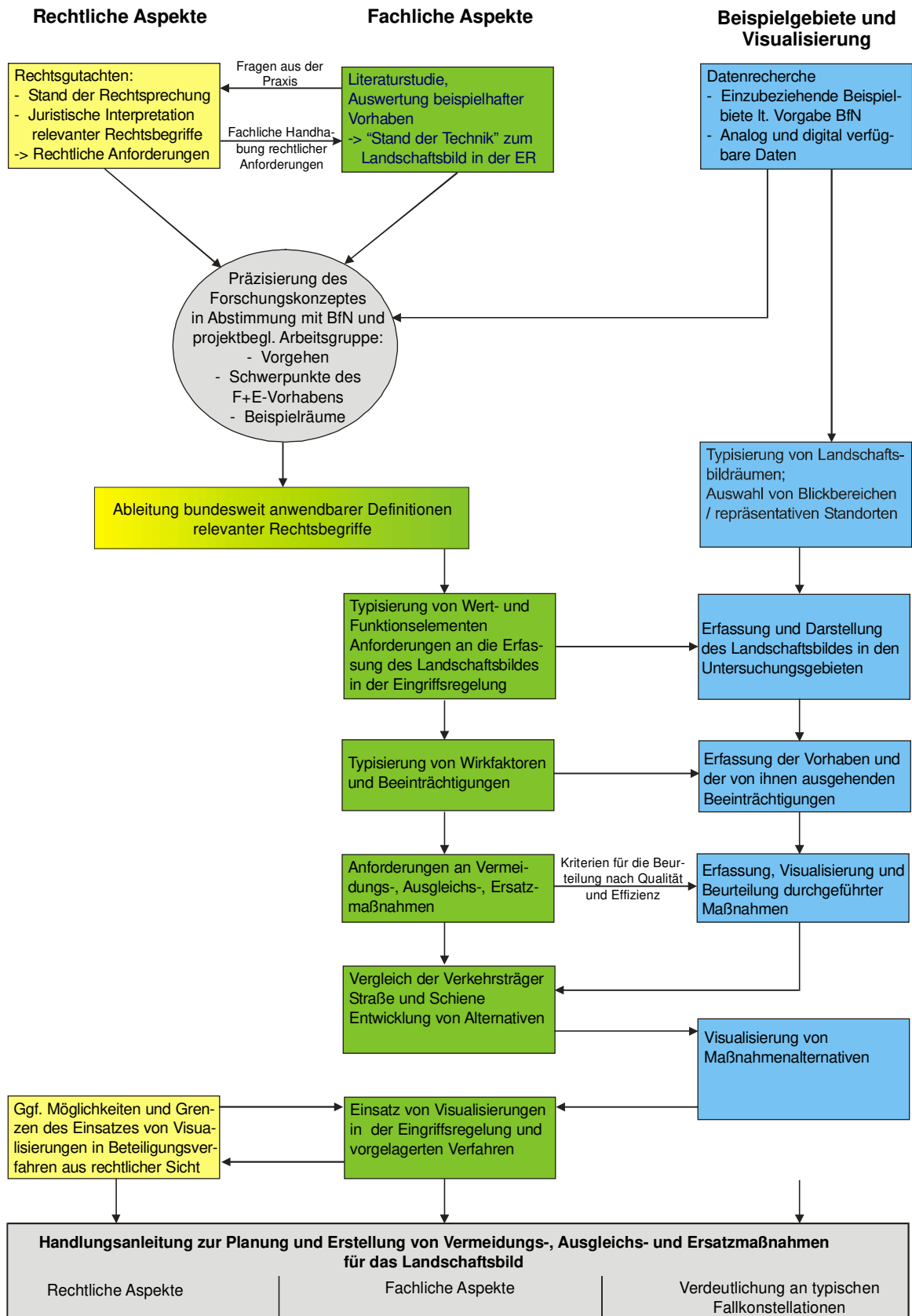
- anhand ausgewählter Fallbeispiele sowohl geplante bzw. durchgeführte wie auch alternativ zu entwickelnde Vermeidungs-, Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen, möglichst in Zeitreihen, visualisiert werden.

Im **Ergebnis** soll ein Leitfaden erstellt werden, der - basierend auf bestehenden rechtlichen und fachlich-planerischen Grundlagen sowie nach Auswertung der bisherigen Praxis zur Behandlung des Landschaftsbildes in der Eingriffsregelung - Hinweise zur verbesserten Planung und Ausführung von Vorkehrungen zur Vermeidung sowie Minderungs-, Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen für die Wiederherstellung oder landschaftsgerechte Neugestaltung des Landschaftsbildes gibt. Daneben soll versucht werden, den notwendigen Aufwand für eine Visualisierung der Eingriffe und der Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen zu ermitteln und Standards für eine Anwendung von Visualisierungen zu entwickeln.

Methoden

Das Vorhaben baut sich aus drei eng miteinander verbundenen Modulen auf (Abb. 1):

- In einem **Rechtsgutachten** wurden – vor dem Hintergrund des aktuellen Standes der Rechtsprechung, einschlägiger Literatur und Rechtskommentare – die rechtlichen Grundlagen zum Landschaftsbild in der Eingriffsregelung zusammengetragen und systematisiert. Ziel ist es, den als Folge einer Landschaftsbildbeeinträchtigung eintretenden Prüfablauf durchgängig zu beschreiben und dabei insbesondere Hinweise zur Ausfüllung unbestimmter Rechtsbegriffe zu geben.
- Parallel werden bundesweit Landschaftspflegerische Begleitpläne und Gutachten zu linienförmigen Verkehrsprojekten des Bundes ausgewertet, um einen Überblick über den Stand der **Methodenanwendung** zum Schutzgut Landschaftsbild und gängig praktizierte Vermeidungs-, Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen zu systematisieren. Im Rahmen einer Literaturrecherche wurde zudem vorliegende Literatur zu den Themenkomplexen Landschaftsbild und Visualisierung von Landschaftsveränderungen dokumentiert und für die Aufnahme in die Literaturdatenbank des BfN aufbereitet. Unter Einbeziehung der rechtlichen Anforderungen und des fachlichen Standes der Praxis sind darauf aufbauend methodische Hinweise zur Bearbeitung des Schutzgutes Landschaftsbild in der Eingriffsregelung mit Schwerpunkt auf der Ableitung und Begründung von Vermeidungs-, Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen zu entwickeln.
- Diese sollen anhand von **drei Beispielvorhaben** näher veranschaulicht werden, für die zudem Untersuchungen zur Umsetzung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen im Rahmen einer Erfolgskontrolle durchgeführt sowie Visualisierungen von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen einschließlich zu entwickelnder Alternativen aufgezeigt werden sollen. Im Zuge letzterer sind für insgesamt 10 Blickstandpunkte 3D-Visualisierungen des Eingriffsvorhabens und von ihm ausgehender Beeinträchtigungen sowie von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen durchzuführen sowie ggf. denkbare Alternativen aufzuzeigen. Es soll versucht werden, die dabei gewonnenen Erfahrungen hinsichtlich Aufwand und Einsetzbarkeit aufzubereiten, um einen Rahmen für den Einsatz von Visualisierungen in der Eingriffsregelung nach derzeitigem Stand der Technik zu formulieren.



Landschaftsplanung Uni Potsdam

Abbildung 1: Aufbau des F+E-Vorhabens „Erarbeitung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen für die Wert- und Funktionselemente des Landschaftsbildes“

Ergebnisse

Schwerpunkte eines ersten, projektinternen Zwischenberichtes des noch bis März 2002 in Bearbeitung befindlichen Vorhabens sind:

- das **Rechtsgutachten** mit einer Aufbereitung und Systematisierung der rechtlichen Grundlagen zum Landschaftsbild in der Eingriffsregelung, speziell bei Verkehrswegen sowie einer Diskussion und Ausfüllung der relevanten Rechtsbegriff einschließlich einer (auszugsweisen) Zusammenstellung von Gerichtsentscheidungen, der landesrechtlichen Grundsätze zum Thema Landschaftsbild sowie der landesrechtlichen Regelungen der Ersatzmaßnahmen,
- eine Beschreibung der **Recherche und Auswertung beispielhafter LBPs, Planfeststellungsunterlagen und Gutachten** und deren exemplarische Untersetzung anhand zunächst zweier Beispielprojekte (Die Ergebnisse in der Zusammenschau aller ausgewerteten Vorhaben zu betrachten, ist erst sinnvoll, wenn die angeforderten Unterlagen vorliegen bzw. vor Ort eingesehen werden konnten.),
- die Dokumentation der Methodik und Ergebnisse durchgeführter **Nachkontrollen** an zwei Referenzvorhaben mit Hinweisen zu erkennbaren Defiziten bei der Maßnahmenumsetzung und Anregungen für die Strukturierung von Erfolgskontrollen zum Landschaftsbild,
- Anregungen, die sich aus der Gegenüberstellung von rechtlichem sowie fachlich-methodischem „Soll“ und über die Recherche der Fallbeispiele ermitteltem „Ist“ ergeben mit der Vorstellung von **Überlegungen für eine planerische Operationalisierung relevanter Rechtsbegriffe sowie für die Zusammenstellung von Wirkfaktor-Beeinträchtigungsketten** zum Schutzgut Landschaftsbild,
- eine Diskussion des Stellenwertes von **Visualisierungen** innerhalb der Eingriffsregelung und Formulierung im Rahmen des F+E-Vorhabens zu bearbeitender Fragestellungen sowie der Vorstellung erster Ergebnisse einer bei Vorhabenträgern durchgeführten Umfrage und der Darstellung von Kriterien für eine Ableitung und Begründung repräsentativer Blickstandorte für zwei Beispielprojekte,
- die Dokumentation bislang ausgewerteter und für die Literaturdatenbank des BfN erfasster Literatur.

Kooperationspartner

GISCON Ingenieur- und Dienstleistungsbüro Hannover/ München (Geschäftsführer Wulf Jung)
Peter Fischer-Hüftle, Vorsitzender Richter am Bayerischen Verwaltungsgericht Regensburg

Projektbegleitender Arbeitskreis

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Ref N I 4
Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Ref. S 13, Herr Küster
Der Senator für Bau und Umwelt, TAng. Herr Blank
Umweltbundesamt, FG I 1.2
Ministerium für Wohnungswesen, Städtebau und Verkehr Sachsen-Anhalt, Herr Arndt
Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, Abt. Naturschutz, Herr Breuer
Niedersächsisches Landesamt für Straßenbau, Dez. 23, Herr Haßmann
Fachhochschule Anhalt, Abt. Bernburg, Landschaftsinformatik, Prof. Buhmann
Lehrstuhl für Landschaftsökologie und Landschaftsgestaltung der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Anhalt, Prof. Dr. Krause
Landschaftsbüro Pirkel-Riedel-Theurer, Herr Pirkel

FÖA Landschaftsplanung, Herr Lüttmann

Anschrift der Autorin

Prof. Dr. Beate Jessel
Dipl.-Ing. Andrea Zschalich
Universität Potsdam
Institut für Geoökologie
Professur für Landschaftsplanung
PF 60 15 53
14415 Potsdam

Umsetzung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen beim Ausbau der Bundesautobahn A9

H. Rößling

Zusammenfassung

Das Forschungsprojekt beschäftigt sich mit Anwendung der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung beim sechsstreifigen Ausbau der Bundesautobahn A 9. Daran sind in den Bundesländern Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Thüringen und Bayern verschiedene Vorhabenträger und Genehmigungsbehörden beteiligt. Zur Kompensation erheblicher und nachhaltiger Beeinträchtigungen von Naturhaushalt und Landschaftsbild sind von den Verursachern Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen durchzuführen. Für diese Maßnahmen werden Erfolgskontrollen durchgeführt und Ansätze für die Weiterentwicklung der landschaftspflegerischen Begleitplanung ermittelt.

Summary

The project investigates the implementation of a German environmental law – the compulsory compensation rule for environmental impacts. The extension of the motorway A 9 from 4 to 6 lines serves as an example for the study. The aim is to record (whether and) how compensational measures are realized and to control their effects and success. For this purpose new instruments for data recording and further planning decisions are developed.

Projektbeschreibung

Die Bundesautobahn (BAB) A9 ist die bedeutendste Nord-Süd-Achse im Osten Deutschlands und verbindet die Hauptstadt Berlin mit den Ballungszentren Halle/Leipzig, Nürnberg/Fürth und München. Seit Anfang der neunziger Jahre wird die BAB A9 im Rahmen der Verkehrsprojekte Deutsche Einheit auf insgesamt 370,7 km sechsstreifig ausgebaut. Der Ausbau wird von den Straßenbaubehörden der Bundesländer Sachsen-Anhalt (72,6 km), Thüringen (21,5 km) und Bayern (129,2 km) sowie von der Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH (DEGES) geplant und realisiert. Ende 1999 waren bereits ca. 223 km (60 %) fertiggestellt und unter Verkehr.

Mit dem Ausbau der BAB A9 sind erhebliche und nachhaltige Beeinträchtigungen der Leistungsfähigkeit des Naturhaushalts und des Landschaftsbildes verbunden. Diese Beeinträchtigungen sind im Rahmen der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung (§ 8 BNatSchG) planerisch zu bewältigen. Dabei müssen Vorkehrungen zur Vermeidung von Beeinträchtigungen getroffen und Ausgleich- bzw. Ersatzmaßnahmen inhaltlich und räumlich konkretisiert werden.



Sechsstreifiger Ausbau der BAB A9 vom AD Potsdam bis AK Nürnberg (Zustand vor dem Ausbau)



Sechsstreifiger Ausbau der BAB A9 vom AD Potsdam bis AK Nürnberg (Zustand nach dem Ausbau)

Ziele des Projektes

Im Rahmen des Projektes soll die Anwendung der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung durch verschiedene Vorhabenträger und Zulassungsbehörden in den Bundesländern Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Thüringen und Bayern untersucht werden.

Dadurch sollen vor allem Erkenntnisse darüber gewonnen werden,

- welche Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen beim Ausbau der BAB A9 in den verschiedenen Naturräumen und Bundesländern geplant wurden,
- welche Regelungen zum Grunderwerb für die Maßnahmen getroffen wurden,
- wie die landschaftspflegerischen Maßnahmen umgesetzt wurden und welche Erfahrungen es mit der Pflege und Entwicklung der Maßnahmen gibt.

Methoden

Im Mittelpunkt der Untersuchungen stehen

- **Erstellungskontrollen** von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen und
- **Zustands-** sowie **Tendenzkontrollen** für Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen.

Erstellungskontrollen sollen feststellen, ob die festgelegten Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen ausgeführt wurden. Die Aussagemöglichkeiten zu deren Kompensationswirkungen hängen entscheidend vom Ziel der Maßnahmen, von deren Alter und ihrer voraussichtlichen Entwicklungsdauer ab. Da die Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen in den ausgewählten Untersuchungsabschnitten an der A9 zwischen zwei und maximal fünf Jahren alt sind, werden in den überwiegenden Fällen keine abschließenden Aussagen über die Funktionserfüllung der Maßnahmen möglich sein.

Wahrscheinlich kann bei diesen Maßnahmen derzeit lediglich festgestellt werden, welchen Zustand diese bis jetzt erreicht haben (**Zustandskontrolle**) und welche Entwicklungstendenz aufgrund dieses Zustandes oder der standörtlichen Bedingungen auf den Maßnahmenflächen besteht (**Tendenzkontrolle**).

Bei der Auswahl von Untersuchungsbeispielen werden alle am Ausbau der BAB A9 beteiligten Planungsträger und alle Bundesländer berücksichtigt.

Untersuchungsabschnitte verschiedener Planungsträger beim Ausbau der BAB A9

Planungsträger	Bundesland	Untersuchungsabschnitte
DEGES	Brandenburg	„Niemegk“, „Fläming“
DEGES	Sachsen-Anhalt	„Dessauer Rennstrecke“
Autobahnamt Thüringen	Thüringen	Landesgrenze Sachsen-Anhalt - AS Eisenberg
Autobahndirektion Nordbayern	Bayern	AD Bayerisches Vogtland - AS Münchberg-Nord AS Schnaittach - AK Nürnberg

Die Erstellung, der Zustand und die Entwicklungstendenzen der Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen werden durch Kartierung der jeweiligen Flächen im Gelände ermittelt. Daran schließt sich ein Abgleich der Ergebnisse mit den Aussagen der Landschaftspflegerischen Begleitplanung (LBP) und der Landschaftspflegerischen Ausführungsplanung (LAP) an. Die Geländeerhebungen werden im Sommer 2000 durchgeführt. Erste Zwischenergebnisse werden zu Beginn des Jahres 2001 vorliegen. Die Ergebnisse der Untersuchungen sollen im Rahmen der Landschaftstagung der Forschungsgesellschaft für das Straßen- und Verkehrswesen (FSGV) vorgestellt und Vorhabenträgern und Naturschutzbehörden zugänglich gemacht werden.

Kooperationspartner

Für die Durchführung des Projektes ist eine enge Kooperation mit den Straßenbauverwaltungen der Länder und der Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH (DEGES) erforderlich, die im Auftrag des Bundes die Planung und den Ausbau der BAB A9 vorbereiten und realisieren.

Anschrift des Autors

Dr. Holger Röbling
 Universität Potsdam
 Institut für Geoökologie
 Professur für Landschaftsplanung
 PF 60 15 53
 14415 Potsdam

Estimating production in plankton food webs from biomass size spectra and allometric relationships

J. Spindler, U. Gaedke

Zusammenfassung

Die saisonale Änderung in der Produktion des eukaryotischen Planktons und der relative Beitrag der einzelnen Planktongruppen zur Gesamtproduktion waren im Bodensee in hohem Maße aus Biomassegrößenspektren und allometrischen Beziehungen durch Berechnung der metabolischen Aktivität ($r^2 = 0,85$) vorhersagbar. Damit stellen Produktionsschätzungen der Planktongemeinschaft anhand von Biomassegrößenspektren und der allometrischen Gleichung ein kosteneffizientes Verfahren zur Abschätzung saisonaler Veränderungen der Produktion des Plankton und der relativen Anteile der einzelnen Gruppen dar.

Der Exponent zur Beschreibung der Größenabhängigkeit der metabolischen Raten (*in situ*) variierte zwischen 0,15 und 0,20, d. h. er war geringer als der allgemein angenommene Wert von 0,25.

Abweichungen zwischen direkten, konventionellen Produktionsmessungen und dem neu entwickelten Schätzverfahren waren teilweise durch die unterschiedliche Berücksichtigung der Auswirkungen der Ressourcenlimitation des Zooplanktons zu erklären sowie durch saisonale Veränderungen der Wachstumsbedingungen der autotrophen Organismen.

Die Grenzen dieser Methode zeigen sich in hoch eutrophen Systemen mit stark variierenden Verhältnissen von Produktion zu Biomasse in Phytoplankton.

Summary

Seasonal changes in the eucaryotic plankton production and in the relative contribution of individual plankton groups were highly predictable from biomass size distributions and allometric relationships by computing the metabolic activity ($r^2 = 0.92$). Estimates derived from biomass size spectra and allometric relationships provide a cost efficient tool to estimate seasonal changes in plankton production and the relative contribution of the various plankton groups. The exponent describing the size dependency of the *in situ* metabolic rates in our plankton community varied between 0.15 and 0.20, i. e. it was lower than the generally assumed value of 0.25. Differences between direct production measurements and the newly developed estimation procedure were partially explicable by in- or excluding effects of zooplankton resource limitation and shifts in growth conditions of autotrophs. This method is not applicable to highly eutrophied systems with highly variable algal P/B ratios.

Production measurements of plankton organisms are frequently more tedious and expensive to obtain than those of biomasses, especially given the forthcoming introduction of automated particle recorders. This motivated the search for a technique to infer the metabolic activity of a plankton community (or major subgroups) from

- (1) observed, size-fractionated biomasses, i. e. from biomass size distributions (Gaedke 1992, 1993), and
- (2) Well-established allometric relationships (e. g. $P/B \sim w^{-b}$) accounting for the size dependency of weight-specific growth rates.

The results were compared to conventional production measurements/estimates which were available for all plankton groups for 7 years of investigation.

Methods

(1) In large, deep, mesotrophic, monomictic Lake Constance, abundances, body sizes, and production of all plankton groups were obtained almost weekly from at least 1987 to 1993 using elaborate counting and measuring techniques. The internal consistency of the results was controlled by establishing quantitative flow diagrams of the food web, which were simultaneously mass-balanced in units of carbon and phosphorus (Gaedke & Straile 1994 a & b, Straile 1998, Hochstädter et al., in prep). They revealed that the original production estimates of ciliates, rotifers and herbivorous crustaceans were too high during summer and autumn since they did not account sufficiently for food limitation. Consequently, these production estimates were reduced in order to obtain the best possible estimates for *in situ* conditions.

(2) The metabolic activity (MA) of the eucaryotic plankton community or of individual plankton groups was calculated as the sum of the biomasses observed in the individual (logarithmically spaced) size classes that were weighted by a factor (w^{-b}) to account for the allometric decrease of weight-specific metabolic activities with increasing body mass:

$$MA = c \cdot t \cdot l \sum B_i w_i^{-b}$$

where B_i represents the biomass and w_i the body mass in size class i . The constant c was used to standardize the absolute value of the MA to the long-term average of the measured primary production, i. e. no magnitude was attached to the MA but it was provided in relative numbers. The parameter t allowed for the effect of temperature by assuming a Q_{10} of 2 for all consumer groups and l accounted for changes in light conditions. The exponent b described the allometric decrease of the weight-specific rates with increasing size. Its value was estimated from the data by various fitting procedures.

Each year of investigation was individually subdivided into up to ten seasonal phases according to the seasonal course of physical, chemical, and biological parameters.

Results and Discussion

As expected by allometric theory, the production to biomass (P/B) ratios of the different plankton groups decreased with body mass with a moderate size dependency ($b = 0.20$) (Fig. 1). The production estimates were obtained by conventional methods and by accounting for food limitation by mass balancing (see Methods). They are regarded as representative for *in situ* conditions. The variability in the P/B ratios within the individual groups reflects seasonal and interannual differences. Bacteria were excluded from further computations since their *in situ* P/B-ratios were much lower than expected from the allometric relationship (Fig. 1).

The seasonal trend in total eucaryotic plankton production was well predicted by the metabolic activity using a scaling exponent of $b = 0.20$ as was the relative contribution of autotrophs to total plankton production.

The conventional production measurements accounted in greater depth for changes in temperature, light, resource concentrations and/or species composition than the allometric model. The importance of this potential source of deviations was analysed for the individual plankton groups.

A linear relationship with a slope of 1 was found between the algal metabolic activity and measured primary production which indicates a general agreement between both approaches. Severe deviations occur if algal P/B ratios decline with increasing biomass owing to self-shading. This was not found for Lake Constance but for highly eutrophied Lake Müggelsee where primary production ceased to increase at high biomasses. Hence, the allometric approach failed for this lake. Part of the scatter around the linear relationship in L. Constance is explicable by the extremely high P/B ratios during the clear-water phases. During such periods strong grazing pressure selects for fast growing species, nutrients are quickly regenerated, and underwater light is at its maximum, which was not accounted for by allometric approach.

The metabolic activity of zooplankton corresponded very closely to the combined production estimates of heterotrophic flagellates, ciliates, rotifers and crustaceans prior to accounting for food limitation, i.e. without fulfilling the mass-balanced conditions (see methods). This was to be expected to some extent: Production of some groups was not directly measured or calculated from independent parameters such as egg-ratios but derived from the biomass and the age/size structure. According to expectations, reducing the zooplankton production estimates owing to food shortage in summer and autumn enlarged the differences between the two approaches. The relative contribution of the different zooplankton groups was well predicted by the allometric approach, especially when using scaling exponents around 0.15.

Literatur

GAEDKE, U.; STRAILE, D. (1994 b): Seasonal changes of trophic transfer efficiencies in a plankton food web derived from biomass size distributions and network analysis. *Ecol. Modelling* 75/76: 435-445

GAEDKE, U.; STRAILE, D. (1994 a): Seasonal changes of the quantitative importance of protozoans in a large lake - An ecosystem approach using mass-balanced carbon flow diagrams. *Mar. Microb. Food Webs* 8: 163-188.

STRAILE, D. (1998): Biomass allocation and carbon flow in the pelagic food web of Lake Constance. *Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol.* 53: 545-563

Anschrift der Autoren

Joris Spindler
 Prof. Dr. Ursula Gaedke
 Universität Potsdam
 Institut für Biochemie und Biologie
 Professur für Ökologie/Ökosystemmodellierung
 Maulbeerallee 2
 14469 Potsdam

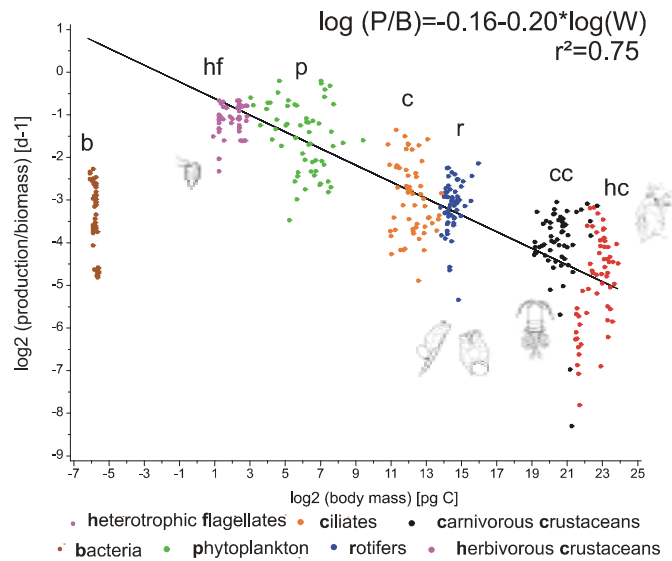


Fig. 1. Relationship between mass-balanced production to biomass (P/B) ratios of all plankton groups and their mean body masses in Lake Constance during 60 seasonal phases in 1987-1993.

Sukzessionsprozesse in einem Sanddünengebiet nach Ausschluß von Beweidung

K. Tielbörger, R. Prasse, R. Bornkamm, R. Kadmon, H. Tsoar

Zusammenfassung

Menschliche Einflußnahme, insbesondere Beweidung und andere intensive Landnutzung ist als die Hauptursachen für eine Ausdehnung der ariden und semiariden Gebiete identifiziert worden. In Wüstengebieten ist Vegetation der wichtigste Faktor zur Kontrolle von Erosion, weshalb die Zerstörung von Vegetation durch weidendes und umherziehendes Vieh die Erosion fördert. Um Strategien für eine nachhaltige Landnutzung in solchen Gebieten zu entwickeln, ist es notwendig, die Prozesse zu studieren, welche nach dem Ausschluss menschlicher Eingriffe zu einer Wiederherstellung der Vegetationsdecke führen. Ein Hauptziel dieser Studie ist die Untersuchung der allgemeinen Grundlagen von Sukzessionsprozessen in Trockengebieten. Dies beinhaltet die Frage, ob Sukzession in ariden Systemen kontinuierlich oder sprunghaft abläuft und inwieweit positive und negative Interaktionen zwischen Pflanzen für die Vegetationsdynamik von Bedeutung sind. Die Studie wird in einem Sanddünengebiet in der nordwestlichen Negev-Wüste durchgeführt, welches seit 16 Jahren vor Beweidung geschützt ist. Erste Ergebnisse legen nahe, dass Rekrutierung von Pflanzen ein seltenes Ereignis ist, und dass neben der Wasserverfügbarkeit vor allem die Mobilität des sandigen Substrates die Vegetationsentwicklung limitiert. Die Hypothese, dass etablierte Pflanzen einen positiven Einfluss auf die Etablierung von Nachfolgearten haben, indem sie den Sand stabilisieren (Tielbörger 1997), hat sich nicht bestätigt. Stattdessen konnten frühere Ergebnisse experimentell bestärkt werden, welche einen negativen Einfluss einer oberflächenstabilisierenden mikrobiotischen Kruste auf die Vegetationsentwicklung zeigten (Prasse & Bornkamm, im Druck).

Summary

Human impact, particularly grazing and other types of land use have been identified as a major cause for the expansion of arid and semi-arid areas. In deserts, vegetation is the most important factor controlling erosion. Therefore, destruction of vegetation by grazing and migrating domestic animals leads to an increase in erosion of soil. In order to develop strategies for the sustainable use in such environments it is important to study the processes leading to a recovery of vegetation after the cessation of human impact. The main aim of this study is the investigation of the general rules for succession processes in arid environments. This includes, for example, the question whether succession in deserts is a continuous process or event-driven, and to what extent positive and negative interactions among plants are important in determining the dynamics of the vegetation. The study has been conducted in a sandy desert ecosystem in the northwestern Negev, which has been protected from grazing since 16 years. Initial results suggest that recruitment of plants is a rare event, and that both water availability as well as sand mobility limit the development of higher vegetation. Our initial

hypothesis, that established plants may have a positive effect of successive plant species by stabilizing the sand in their vicinity (Tielbörger 1997), was not confirmed. On the other hand, we could add experimental evidence to a previous finding that a microbiotic soil surface crust has a negative effect of the development of higher plants (Prasse & Bornkamm, in press).

Literatur

TIELBÖRGER, K. (1997): The vegetation of linear desert dunes in the north-western Negev, Israel. *Flora* 192: 261-278

PRASSE, R.; BORNKAMM, R. (im Druck): Effect of microbiotic soil surface crusts on emergence of vascular plants. *Plant Ecology*

Anschrift der erstgenannten Autorin

Dr. Katja Tielbörger
Universität Potsdam
Institut für Biochemie und Biologie
AG Vegetationsökologie und Naturschutz
Maulbeerallee 2
14469 Potsdam
E-mail: tielborg@rz.uni-potsdam.de

Populationsdynamische Funktionen von Ausbreitung und Dormanz

K. Tielbörger, R. Kadmon, M. Müller, F. Jeltsch

Zusammenfassung

Theoretische Modelle weisen nach, dass Samenausbreitung und Dormanz wichtige Konsequenzen für die Populationsdynamik und individuelle Fitness von Pflanzen in einer variablen und unvorhersehbaren Umwelt haben. Ausbreitung erlaubt die Flucht vor ungünstigen Habitaten, während Samenruhe eine (zeitliche) Flucht vor ungünstigen Jahren oder Jahreszeiten ermöglicht. Es gibt jedoch weder empirische Parameterisierungen der theoretischen Modelle noch Tests ihrer Vorhersagen in natürlichen Populationen. Das Hauptziel dieser Studie ist zu untersuchen, wie Dormanz und Ausbreitung die Populationsdynamik und individuelle Fitness von einjährigen Pflanzen in einer räumlich heterogenen und zeitlich fluktuierenden Umwelt beeinflussen. Die Studie basiert auf einem demographischen Ansatz, welcher Theorie und Praxis kombiniert. Ergebnisse der empirischen Langzeitstudie in einem Sandwüstengebiet in Israel legen nahe, dass Samenausbreitung (Kadmon & Tielbörger 1999) und Dormanz in ihrer Wirkung auf die Populationsdynamik der einjährigen Pflanzen im untersuchten System interagieren. Günstige Patches verschieben sich im Raum und unterscheiden sich zwischen den Jahren (Tielbörger & Kadmon, im Druck), was auf die Notwendigkeit von Ausbreitung und Samenruhe für die Persistenz der Populationen hindeutet. Neuartige Ergebnisse legen außerdem nahe, dass maternelle Effekte auf die Samenruhe eine wichtige Rolle spielen bei der Abpufferung der Einflüsse von ungünstigen Jahren auf die Populationsgröße.

Summary

Theoretical models suggest that seed dispersal and dormancy have important consequences for population dynamics and individual fitness of plants in a variable and unpredictable environment. Dispersal serves to escape unfavorable habitats, while dormancy allows escaping from unfavorable conditions in time. However, virtually no empirical data has been used to test the predictions of the above models. The main objective of this study is to investigate, how dormancy and dispersal affect population dynamics and individual fitness of annual plants in a heterogeneous and temporally fluctuating environment. The study is based on a demographic approach, which combines modeling with empirically collected field data. Results from the long-term empirical study in a sandy desert environment in Israel suggest that seed dispersal (Kadmon & Tielbörger 1999) and dormancy interact in affecting the population dynamics of the annuals in the studied system. Favorable patches shift in space and differ among years (Tielbörger & Kadmon, in press), making the distribution of risk via dispersal in space and time (dormancy) a necessary condition for the long-term persistence of the studied populations. Novel results suggest that maternal effects on seed dormancy play an important role in buffering the effects of low-productivity years on annual plant population size.

Literatur

KADMON, R.; TIELBÖRGER, K. (1999): Testing for source-sink population dynamics: an experimental approach exemplified with desert annuals. OIKOS 86: 417-429

TIELBÖRGER, K.; KADMON, R. (im Druck): Temporal environmental variation tips the balance between facilitation and interference in desert plants. Ecology

Anschrift der erstgenannten Autorin

Dr. Katja Tielbörger
Universität Potsdam
Institut für Biochemie und Biologie
AG Vegetationsökologie und Naturschutz
Maulbeerallee 2
14469 Potsdam
E-mail: tielborg@rz.uni-potsdam.de

Raum-zeitliche Populationsdynamik von einjährigen Wüstenpflanzen

K. Tielbörger, R. Kadmon, M. Müller, F. Jeltsch

Zusammenfassung

Patchiness in den Habitatbedingungen kann eine Vielzahl von ökologischen Prozessen beeinflussen, so zum Beispiel die Koexistenz konkurrierender Arten, die Art der Interaktionen zwischen Pflanzen, oder die Stabilität von Pflanzengesellschaften. Daher ist es wichtig, die Reaktion von natürlichen Populationen und Gesellschaften auf kleinräumige Gradienten in den Umweltbedingungen zu untersuchen. Für einjährige Wüstenpflanzen stellen ausdauernde Sträucher eine der Hauptursachen für kleinräumige Patchiness in Habitatbedingungen dar. Die Tatsache, dass Sträucher in Wüsten für die räumliche Struktur von Annuellenpopulationen wichtig sind, steht außer Frage, jedoch wurde die Stabilität des räumlichen Musters über mehrere Jahre hinweg noch nicht untersucht. Die meisten Studien erstreckten sich - trotz der starken jährlichen Schwankung in den Umweltbedingungen - über nur ein Jahr, und meist wurde einzig die Dichte, nicht jedoch die Fitness der Annuellen betrachtet. Die zentralen Ziele in dieser Studie sind (A) die Beschreibung der räumlich-zeitlichen Dynamik der Annuellenpopulationen und -gesellschaften (Tielbörger & Kadmon 1997) (B) die Untersuchung der demographischen Mechanismen hinter den beobachteten Mustern (Tielbörger & Kadmon 1995) (C) die Charakterisierung der Interaktionen (positiv, negativ, neutral) zwischen Sträuchern und Einjährigen als Funktion der Umweltbedingungen (Tielbörger & Kadmon, im Druck, a&b) und (D) die Einordnung der verschiedenen Arten in Strategietypen und die daraus resultierenden Konsequenzen für die Koexistenz der Arten.

Summary

Patchiness in habitat conditions may affect a variety of ecological processes such as the coexistence of competing species, the type of interactions among plants, or the stability of plant communities. Therefore, it is important to study the response of natural populations and communities to small-scale gradients in environmental conditions. For desert annuals, perennial shrubs are a main source of patchiness in habitat conditions. While the fact that shrubs are important in generating spatial patterns in desert annual populations is unquestioned, the stability of such patterns over more than a single year has not been previously studied. Despite the variable environmental conditions in deserts, most previous studies were conducted over a single year and usually densities but not fitness parameters were measured. The main objectives of this study are A) the description of the spatio-temporal dynamics of the annual populations and communities (Tielbörger & Kadmon 1997), B) the investigation of the demographic mechanisms behind the observed patterns (Tielbörger & Kadmon 1995), C) the characterization of the type of interactions among shrubs and annuals (positive, neutral, negative) as a function of environmental conditions (Tielbörger & Kadmon, in press, a&b), and D) the classification of different annuals species into types of strategies and the resulting consequences for the coexistence of species.

Literatur

TIELBÖRGER, K.; KADMON, R. (1995): Effect of shrubs on emergence, survival and fecundity of four coexisting annual species in a sandy desert ecosystem. *Écoscience* 2: 141-147

TIELBÖRGER, K.; KADMON, R. (1997): Relationships between shrubs and annual communities in a sandy desert ecosystem: A three-year study. *Plant Ecology* 130: 191-201

TIELBÖRGER, K.; KADMON, R. (im Druck) a: Temporal environmental variation tips the balance between facilitation and interference in desert plants. *Ecology*

TIELBÖRGER, K.; KADMON, R. (im Druck) b: Indirect effects in a desert plant community: is competition among annuals more intense under shrub canopies? *Plant Ecology*

Anschrift der erstgenannten Autorin

Dr. Katja Tielbörger
Universität Potsdam
Institut für Biochemie und Biologie
AG Vegetationsökologie und Naturschutz
Maulbeerallee 2
14469 Potsdam
E-mail: tielborg@rz.uni-potsdam.de

Ressourcennutzung und -weitergabe im planktischen Nahrungsnetz eines extrem sauren (pH 2.7) Tageausees

J. Tittel, G. Weithoff, V. Bissinger, U. Gaedke

Zusammenfassung

Im Jahr 1999 wurde eine Serie von *in-situ*-Experimente mit dem Ziel durchgeführt, die Hypothese der CO₂-Limitation des Phytoplanktons in schwefelsauren Gewässern zu untersuchen. Die zahlenmäßige Reaktion der pigmentierten Flagellaten auf die Zugabe verschiedener Substrate wurde in einem polymiktischen und einem meromiktischen Tageausee mit je 3 Experimenten getestet: DOC (dissolved organic carbon) in definierter Zusammensetzung mit 15 mg/l Endkonzentration, DOM (dissolved organic matter) als undefiniertes Gemisch mit 0.5 mg/l Endkonzentration, DOP (dissolved organic phosphorus), DIC (dissolved inorganic carbon), Verdünnung mit bakterienfreiem Wasser und Dunkelexposition. Im meromiktischen See reagierten die beiden dominanten Flagellaten (*Chlamydomonas* und *Ochromonas*) positiv auf Zugabe von DOM und DIC. Die Ergebnisse aus dem polymiktischen See lassen auf eine autotrophe Ernährung von *Chlamydomonas* und eine phagotrophe Ernährung von *Ochromonas* schließen.

Fünf der wichtigsten Planktonarten wurden aus den sauren Seen isoliert und im Labor in einem speziellen Medium kultiviert. Es wurde in Zusammenarbeit mit der BTU Cottbus entwickelt und weist einen niedrigen pH - Wert (2.65) und ähnlich hohe Ionenkonzentrationen auf, wie sie in den Restseen auftreten. Mit Hilfe dieser Laborkulturen werden die Wachstumsraten der autotrophen und mixotrophen Flagellaten bei unterschiedlichem Ressourcenangebot (z. B. Licht, CO₂, org. Kohlenstoff, Phosphat) bestimmt. Konsumenten, die in den extrem sauren Seen quantitativ von Bedeutung sein können, sind Ciliaten, Rotatorien und Heliozoen. Derzeit laufen erste Experimente mit Ciliaten (*Oxytricha* sp.) und Rotatorien (*Cephalodella* sp.), wobei zunächst ihre Nahrungsselektion untersucht wird. Danach sollen Wachstumsraten und die C-Konversionseffizienzen in Abhängigkeit von Temperatur und Futterkonzentration der Konsumenten ermittelt werden. Alle Untersuchungen werden bei dem *in situ* vorliegenden pH-Wert durchgeführt, da das primäre Ziel ist, die Bedürfnisse und Grenzen der Organismen unter den in den extrem sauren Gewässern herrschenden Bedingungen zu erforschen.

Summary

In 1999, we performed 6 series of *in situ* experiments in a meromictic and a polymictic acid mining lake (pH 2.6-2.8) to test the hypothesis, that inorganic carbon limits algal growth in acid waters, and that phytoplankton utilizes organic carbon sources. We did not find a positive growth response to the addition of 3 defined organic carbon sources (15 mg C/L) (glucose, cysteine, glycerol, and vitamins) or to phosphorus. In the polymictic lake, *Chlamydomonas* responded positively to inorganic carbon

(IC) addition and negatively to dark exposition, indicating autotrophic growth. Growth rates of *Ochromonas* decreased following dilution with bacterial free water. We conclude that *Chlamydomonas* grew predominantly autotrophically and *Ochromonas* used bacteria. In the meromictic lake, the addition of soil extract (0.5 mg C/L final concentration) and to a smaller extend the addition of IC enhanced *Chlamydomonas* and *Ochromonas* growth. This is indicative for the significance of at least one organic substance for algal growth. IC may become limiting, but this depends on the input of IC (and other nutrients) from the inflowing groundwater. Culturing organisms from very acid mining lakes close to their *in situ* conditions imposes extra problems since special media have to be designed, which reflect the high ion concentrations and the low pH. In close collaboration with the working group of Prof. Dr. B. Nixdorf at the BTU Cottbus, a stable DOC free medium simulating acid mine water was developed. Besides heliozoans (not yet isolated), all potentially important plankton organisms were cultivable (bacteria, flagellates, ciliates and rotifers) and we are now studying maximum and resource limited growth rates, ingestion rates, and carbon conversion efficiencies of the consumers. First observations showed that *Chlamydomonas* grew in the dark with glucose as carbon source.

Im Südosten Deutschlands wurden zahlreiche Tagebaue stillgelegt. Es bleiben Hohlformen zurück, die sich mit Wasser füllen und Seen bilden. Aufgrund des Umfangs der tagebaulichen Aktivität in der damaligen DDR entstehen in Ostbrandenburg und in Sachsen neue Seenlandschaften. Allein in der Region um Leipzig werden in den nächsten 20 - 30 Jahren etwa 35 Seen neu entstehen, die dem Volumen nach zu den größten Seen in Deutschland gehören werden (Schultze et al. 1999).

Viele der neuen und schon vorhandenen Seen sind sehr sauer (pH 2.5 – 3.5) und reich an gelöstem Eisen und Sulfat. Die Ursache liegt in der Verwitterung der Minerale Pyrit und Markasit im umgebenden Kippenmaterial. Das Wasser dieser Seen kann bis zu 3800 mg l⁻¹ Eisen und 9800 mg l⁻¹ Sulfat enthalten. Das Wasser ist in diesen Fällen tief rostrot gefärbt, aber klar. Nutzungen wie z. B. Fischerei, Baden, Bewässerung oder die Gewinnung von Trink- und Brauchwasser können damit nicht realisiert werden (Schultze und Klapper, 1995). Ein Forschungsschwerpunkt an diesen Seen liegt daher in der Überwindung der Versauerung. Die Bemühungen konzentrieren sich gegenwärtig auf die Entwicklung eines intelligenten und kostengünstigen Verfahrens, mit dem natürliche im Gewässer unter bestimmten Bedingungen ablaufende Prozesse (mikrobielle Sulfatreduktion), die der Versauerung entgegenwirken, gezielt gefördert werden. Ohne ein echtes Verständnis dieser Prozesse bleibt unser Wissen über das System, in welches wir eingreifen, lückenhaft und die Konsequenzen solcher Eingriffe unvorhersehbar. Daher arbeiten wir an dieser Fragestellung.

Die in den sauren Seen verbreiteten Algen weisen eine gemeinsame Besonderheit auf: Sie sind potentiell mixotroph, d. h. sie können einerseits als Pflanzen CO₂ aus dem Wasser aufnehmen und Photosynthese betreiben und andererseits, wie tierische Organismen, organischen Kohlenstoff in gelöster oder partikulärer Form aufnehmen. Bisher hat man dies als eine Anpassung an die geringe Verfügbarkeit von CO₂ in extrem sauren Seen interpretiert. Es ist aber nicht bekannt, ob und in welchem Maße Algen ihre mixotrophen Möglichkeiten in sauren Seen tatsächlich realisieren. Zwei Fragen sind in diesem Zusammenhang von besonderer Bedeutung und werden mit Unterstützung durch den Innovationsfond 2000 der Universität Potsdam bearbeitet:

1. Welche Ressourcen werden durch die Algen genutzt?
2. Wie wird die entstehende Biomasse im Nahrungsnetz weitergegeben?

Dies soll u. a. in zwei unterschiedlichen Ansätzen untersucht werden:

1. Über Zugabe von ¹⁴C-markierten organischen Kohlenstoffquellen soll die Aufnahme dieser C-Quellen durch Bakterien und (mixotrophe?) Algen untersucht werden.
2. Mittels der Analyse von stabilen Isotopen soll die Herkunft des Kohlenstoffs in verschiedenen Kompartimenten des Planktons ermittelt werden.

Das Verhältnis stabiler Isotope (z.B. $^{13}\text{C}:^{12}\text{C}$; $^{15}\text{N}:^{14}\text{N}$) in der Umwelt stellt einen effektiven natürlichen Tracer dar, mittels dessen Energie- und Stoffflüsse in Ökosystemen untersucht werden können (Peterson et al. 1985; Hobson, 1999; Van der Zanden and Rasmussen, 1999). Dies basiert auf dem Phänomen, dass der relative Anteil an ^{13}C (und ^{15}N) am Gesamtkohlenstoff (und Gesamtstickstoff) zwischen den natürlichen Pools variabel ist. Algen selektieren zwischen den C-Isotopen und reichern das leichtere Isotop gegenüber ihrer C-Quelle an. Konsumenten selektieren in der Regel nicht und haben somit das gleiche Verhältnis wie ihre Nahrung. Auf diese Weise kann anhand der Untersuchung von natürlichem Plankton auf deren Kohlenstoffquelle geschlossen werden. Anders verhält es sich mit Stickstoff. Auch Konsumenten reichern das schwerere Isotop an, so dass auf diese Weise ihre trophische Position im Nahrungsnetz bestimmt werden kann. Da nach bisherigen Kenntnissen eine einfache Größenfraktionierung keine ausreichende Trennung der Planktongruppen ermöglicht, muss in einem ersten Schritt die Fraktionierung über Dichtegradienten-Zentrifugation erarbeitet werden.

Aufgrund des hohen Mineralgehaltes und vor allem des niedrigen pH-Wertes können etablierte Methoden zur Produktionsmessung, die in neutralen Seen anwendbar sind, in sauren Seen nicht zum Einsatz kommen (Primärproduktionsmessung mit $\text{H}^{14}\text{CO}_3^-$ und Sauerstoffmethode sowie Aufnahme von Fluoreszenz-markierten Bakterien durch Flagellaten). Daher müssen für die Erforschung extrem saurer Seen neue, aber auch aufwendigere Methoden entwickelt und angewendet werden.

Literatur

SCHULTZE et al. (1999): Tagebaurestseen - schon bei der Entstehung ein Sanierungsfall. GAIA 8: 32-43

SCHULTZE, KLAPPER (1995): Prognose und Steuerung der Gewässergüte der mitteldeutschen Restseen. Proceedings des Dresdner Grundwasser-Forschungs-Zentrums e.V., ISSN 1430-0176

Anschrift der Autoren

Dr. Jörg Tittel
Dr. Guntram Weithoff
Dipl.-Biol. Vera Bissinger
Prof. Dr. Ursula Gaedke
Universität Potsdam
Institut für Biochemie und Biologie
Professur für Ökologie/Ökosystemmodellierung
Maulbeerallee 2
14469 Potsdam

Offenland-Management auf ehemaligen und in Nutzung befindlichen Truppenübungsplätzen im pleistozänen Flachland Nordostdeutschlands: Naturschutzfachliche Grundlagen und praktische Anwendungen

D. Wallschläger, G. Wiegleb

Zusammenfassung

Ziel des vorgestellten Verbundprojekts ist es, wissenschaftliche Grundlagen und Konzepte zu erarbeiten, mit deren Hilfe wertvolle Offenlandschaften in der Kulturlandschaft Mitteleuropas erhalten, gestaltet und entwickelt werden können. Truppenübungsplätze bieten aufgrund ihrer bisherigen Nutzung und Bewirtschaftung die einmalige Möglichkeit, großräumige und nährstoffarme Lebensräume für selten gewordene und speziell angepasste Tiere und Pflanzen zu sichern und deren Ausbreitung zu fördern. Als Agentien der Offenhaltung werden mechanische Bodenentblößung, Feuer, verschiedene Haustierrassen und Wildtiere eingesetzt und in ihrer Wirksamkeit mit der freien Sukzession verglichen. Indikatoren für den Erfolg der eingesetzten Maßnahmen sind zum einen die Wirksamkeit in bezug auf die Offenhaltung, zum anderen die Auswirkungen auf Habitatstrukturen (z.B. Mikrorelief, Vegetationsstruktur) und auf das Vorkommen ausgewählter biozönotischer Indikatoren. Die untersuchten TÜPs liegen in einem großräumigen Verbund. Nach einer Validierung der Kosten sowie der organisatorischen und wirtschaftlichen Machbarkeit der Pflegekonzepte wird zum einen die Übertragbarkeit auf vergleichbare Gebiete ermittelt. Zum anderen werden praxisrelevante Handlungsanweisungen für ein nachhaltiges Ökosystemmanagement in Form von Ergebnisaufbereitungsplänen für jedes einzelne Gebiet erarbeitet. Die Darstellung der Ergebnisse und die Diskussion ihrer Übertragbarkeit erfolgt in Buchform sowie im Rahmen eines EU-weiten Symposiums.

Summary

In 1990, after the end of the so called „cool war“, in Germany existed 10.000 square km of military training areas. The users were the armies of the two German states, of the former Soviet Union and of the NATO-forces in Germany. A great part of the military areas are around Berlin in the province Brandenburg (230.000 ha or 8 percent of the whole territory). The goal of the project of the universities in Potsdam and Cottbus is the creation of a scientific basis to preserve, form and cultivate the degraded former military areas. These areas give very good possibilities to found large reserves for a big number of rare, threatened and high specialized plants and animals in open landscapes. This process will be assist by destroying of the vegetation through fire, vehicles (tanks), wild and domesticated animals (large mammals). On the other hand we will investigate the free running succession of open landscapes. The areas of our investigations are in a close spatial connection and will be form a connected system of natural reserves. The discussion and publication of the results take place during a symposium in 2002.

The project is promoted by the German Federal Ministry of Education and Scientific Research (Universities of Potsdam and Cottbus).

Ziele des Vorhabens

Die wertvollen Offenlandschaften der Truppenübungsplätze bieten die Möglichkeit, großräumige, unzerschnittene und nährstoffarme Lebensräume für selten gewordene und speziell angepasste Tiere und Pflanzen zu sichern, zu gestalten und nachhaltig zu entwickeln. Ziel des Vorhabens ist es, die wissenschaftlichen Grundlagen dafür bereitzustellen. Gleichzeitig soll damit die Möglichkeit der Einrichtung eines großräumigen Biotopverbundes für Offenland in Ostdeutschland geprüft und ggf. verwirklicht werden. Zur Bewertung des aktuellen Zustandes der Biotoptypen, zur Erfolgskontrolle in bezug auf die durchgeführten Managementmaßnahmen sowie zur Ermittlung des langfristigen Handlungsbedarfes sollen neben den lokalen wertgebenden Parametern „Naturnähe“ (ggf. widersprüchlicher Hemerobiegrad der Flächen und der eingesetzten Maßnahmen) und „Biodiversität“ (differenziert nach Gesamtartenzahlen, Anwesenheit und Populationsdynamik seltener und gefährdeter Arten sowie erwünschter Leit- und Zielarten) auch überregionale Parameter berücksichtigt werden (Metapopulationsdynamik, Eignung für Schutzgebietssysteme, regionaltypische Repräsentativität). All dies soll im Rahmen der für die jeweiligen Teilgebiete gültigen Zielvorstellungen geprüft werden. Soweit im Einzelfall relevant, sollen von allen Teilprojekten folgende Fragen beantwortet werden:

- Welche Biotopausstattung enthält das Teilgebiet? Wie sind die Biotope in bezug auf Nährstoffstatus, Hydrologie und Relief gekennzeichnet? Welches Arteninventar enthält das Teilgebiet? Wie ist der Ausgangszustand naturschutzfachlich zu bewerten? Welche Zielvorstellungen liegen dem Offenlandschutz vor Ort zugrunde? Sind diese angemessen und realistisch?
- Wie verändern sich Artenbestand und Zönosenstruktur in bezug auf Artenzahl, Artenspektrum und Individuenanteile unter dem Einfluß der eingesetzten Managementmaßnahmen? Wie ändern sich Mikrorelief und Bodenkennwerte? Wie entwickeln sich die Populationen ausgewählter Leitarten? Wie ist die langfristige Stabilität der Populationen einzuschätzen?
- Welche räumliche Dynamik entwickeln die Biozönosen? Tritt Strukturbildung oder Homogenisierung auf? Ist die durch das Management initiierte Dynamik von der natürlichen Biotop- und Biozönosendynamik trennbar? Wie beeinflussen Raumnutzung und Dispersionsdynamik der Fauna den Erfolg der Managementmaßnahmen?
- Sind die Maßnahmen in bezug auf das Ziel Offenhaltung erfolgreich? Sind sie nachhaltig oder bedürfen sie wiederholtem Einsatz? Welche Restriktionen gibt es beim Einsatz der verschiedenen Methoden im Gebiet? Sind die Maßnahmen auf andere Gebiete übertragbar, und wenn ja auf welche? Wie sind die Maßnahmen vergleichend naturschutzfachlich zu bewerten? Welche planerischen Konsequenzen ergeben sich daraus für Schutzgebiets-, Landschafts- und überregionale Biotopverbundsystemplanung?
- Welche Kosten entstehen durch die durchgeführten Maßnahmen? Welche Kosten werden dadurch eingespart? Welche weiteren direkten wirtschaftlichen Effekte können ermittelt werden, z.B. für land- und forstwirtschaftliche Betriebe und für Landschaftspflegeverbände? Welche indirekten Effekte sind regionalwirtschaftlich zu berücksichtigen? Welche sozialen Faktoren sind zu beachten?

Bezug des Vorhabens zu den förderpolitischen Zielen

Die geplanten Untersuchungen verstehen sich als Beitrag zum Förderschwerpunkt „Biotop- und Artenschutz/Integrierte Naturschutzforschung“ des BMBF, insbesondere als Entwicklungsarbeit zur „Erhaltung von Offenlandbiotopen unter Beachtung naturschutzfachlicher Konzepte“. Die Untersuchungen sollen auf unterschiedlichen Maßstabebenen stattfinden und anwendungsorientierte, auf andere Gebiete übertragbare Ergebnisse liefern. Somit hat das beantragte Forschungsvorhaben eine planeri-

sche und hohe praktische Bedeutung für die zukünftige Landnutzung in diesen Bereichen. Dies schließt die Ermittlung der Herstellungs- und Unterhaltungskosten sowie der von solchen Maßnahmen ausgehenden regionalwirtschaftlichen Effekte mit ein.

Wissenschaftliche und technische Arbeitsziele

Neben den übergreifenden Zielen werden in den Teilprojekten disziplinäre Ziele mit teilweise starkem Innovationspotential verfolgt. Die angesprochenen Themen sind seit Jahren in der Diskussion und jedes verantwortliche Projekt wird sie adressieren. Beiträge zur Beschreibung von Lösungswegen sind in den Teilprojekten skizziert. Dies sind insbesondere:

- Das Generalisierungsproblem vom „Punkt zur Fläche“ bei biologischen Daten, das insbesondere in naturnahen Bereichen mit ihrer extremen standörtlichen Heterogenität viel größere Schwierigkeiten bereitet als in der durch Landnutzer homogenisierten Kulturlandschaft. Als Generalisierungsinstrumente sollen insbesondere durch Fernerkundung automatisch klassifizierbare Geotop- und Biotoptypen erprobt werden.
- Das Regionalisierungsproblem, d.h. die Rückführung einer typologischen Information in einer konkreten Fläche in Handlungsaktivitäten. Während für die Lösung des Generalisierungsproblems die Intensität des Informationsaustausches innerhalb des Vorhabens entscheidend ist, ist für die Regionalisierung die Qualität der Zusammenarbeit mit den Verantwortlichen vor Ort essentiell.
- Das Problem der ökonomischen Bewertung von nicht-marktfähigen Naturgütern nicht nur unter der Maßgabe: Was kostet es? sondern auch: Was bringt es? Dabei sind insbesondere auch die Langfristwirkungen einzubeziehen. Eng damit verknüpft die Abwehr des Vorurteils „Naturschutz rechnet sich nicht!“ Dies beinhaltet eine Hilfe für Entscheidungsträger zur optimalen Allokation knapper Finanzmittel.
- Das Problem der Gewichtung unterschiedlicher, ggf. konkurrierender wertgebender Parameter im landschaftlichen Leitbild (großräumige vs. kleinräumige Kriterien; naturschutzfachliche vs. ökonomische Kriterien). Dies soll mit Hilfe moderner bewertungs- und entscheidungsunterstützender Verfahren erreicht werden.

Das vorgelegte Projekt hat dann innovativen Charakter, wenn „das Ganze mehr als die Summe seiner Teile“ ist. Kleinräumige Naturschutzvorhaben auf der Basis von „gezielter Biotoppflege zwecks Erhaltung der lokalen Biodiversität“ gibt es bereits auch anderswo. Übergreifende regionale Aspekte sind sowohl bei der naturschutzfachlichen wie der ökonomischen Bewertung zu berücksichtigen. Durch den Verbund sollen bisher getrennte Linien der naturschutzfachlichen Konzeptentwicklung (Potsdam, Cottbus, Freiburg) zusammengeführt und der interdisziplinäre Diskurs angeregt werden.

Stand der Forschung, eigene Vorarbeiten

Die enorm große Bedeutung von Offenlandbiotopen für den Natur- und Landschaftsschutz ist unbestritten. Bei Fortgang des derzeit ablaufenden Agrarstrukturwandels sind große Verschiebungen zu Ungunsten des Offenlandes absehbar, verbunden mit den entsprechenden Verlusten an Lebensräumen und Biozönosen. Noch drastischer stellt sich die Frage des Offenhaltens auf ehemals militärisch genutzten Flächen, da sie wegen ihrer Größe, Belastung und oft geringwertigen Böden nicht ohne weiteres in die traditionelle Kulturlandschaft integriert werden können. Wegen ihrer Vornutzung besitzen sie ein außerordentlich vielfältiges Mosaik an Lebensräumen, verursacht durch ein Nebeneinander von Nichtnutzung einerseits und Intensivnutzung andererseits, was oft als „Degradierung“ empfunden wird. Diese Neuartigkeit bzw. Andersartigkeit führt zu einer Vielzahl von Problemen, die einerseits auf einer wissenschaftlich-technischen Ebene liegen (Wie gehe ich mit Standortmosaik um, wenn ich sie erhalten will?), zum anderen eine sozioökonomische Dimension haben (wahrnehmungspsychologische und ökonomische Bewertungs- und Rechtfertigungsprobleme). In Ostdeutschland wurden

1994 durch die Sowjetarmee und die ehemals NVA 1.026 militärische Liegenschaften (TÜPs) mit einer Gesamtfläche von 243.000 ha an Bund und Länder übergeben. Die größten TÜPs (darunter Lieberose, Döberitzer Heide und Jüterbog-West) liegen in Brandenburg (MUNR 1994) und sind heute teilweise in Großschutzgebiete integriert. Kleine Plätze liegen in Sachsen, von denen der ehemalige TÜP Dauban in das Biosphärenreservat Oberlausitzer Heide- und Teichlandschaft integriert ist. Andere werden von der Bundeswehr weiter aktiv genutzt und bieten sich als Vergleichsobjekte an. Hierzu gehören die TÜPs Nochten in Sachsen und Altengrabow in Sachsen-Anhalt, die in das Untersuchungskonzept einbezogen werden. Neben eindeutig belasteten Teilen in Zonen intensiver militärischer Nutzung existieren auf bis zu 90 % der Liegenschaften unbestritten ökologisch wertvolle Flächen. Vorrangige Ziele zur Nutzung der Flächen sind z.B. in Brandenburg als „eine zentrale landespolitische Gestaltungsaufgabe“ im WGT-Gesetz zusammengefaßt, das festlegt, daß „die Liegenschaften ... entsprechend den Grundsätzen und Zielen der Raumordnung und Landesplanung, unter anderem zur Erhaltung siedlungsfreier Räume und Naturschutzflächen, (und) zur Verbesserung der Agrarstruktur und des ländlichen Raumes sowie zur Entwicklung der Forstwirtschaft“ dienen sollen. Somit stellt die Einrichtung großräumiger Vorrangflächen für den Naturschutz einen Schwerpunkt für laufende Konversionsprojekte dar.

Der überwiegende Teil der genannten Flächen ist „Offenland“, worunter im folgenden Flächen verstanden werden sollen, die einerseits weder Forst noch dichter naturnaher Wald sind, andererseits nicht intensiv landwirtschaftlich genutzt werden. Die Abgrenzung ist nicht eindeutig, beinhaltet aber in jedem Fall das Zurücktreten der Produktionsfunktion gegenüber den Wohlfahrtsfunktionen. Außer auf Truppenübungsplätzen finden sich solche Flächen großräumig nur noch in der Bergbaufolgelandschaft und in linearer Ausprägung entlang von Energietrassen. Die Bedeutung dieser Flächen für den Arten- und Biotopschutz hat folgende Gründe, die durch eine Vielzahl von Arbeiten (zusammenfassend u.a. in DRL 1992, Beutler 1993, Unselt 1994, Wallschläger 1997) belegt sind.

- **Großflächigkeit und Störungsarmut:** Es handelt sich um großflächige, unzerschnittene Räume mit geringen Störeinflüssen, wie sie in Mitteleuropa andernorts nicht mehr zu finden sind. Dort treten noch Tierarten mit großem Raumanspruch (z.B. Birkhuhn) und hoher Störungsempfindlichkeit (z. B. Seeadler) auf.
- **Geringe Nutzungsintensität:** Ein Großteil der Truppenübungsplätze entstand auf ertragsschwachen Standorten, die andernorts erfolgte Intensivierung der Landwirtschaft und Nährstoffanreicherung erfolgte hier nicht. Diese Flächen stellen quantitativ und qualitativ bedeutsame Räume zur Grundwasserbildung dar.
- **Anhaltende Dynamik:** Die spezifischen Effekte militärischer Nutzung (Entwaldung, periodische Flächenbrände, mechanische Bodenverwundung) ließen nährstoffarmen Zwergstrauchheiden und Magerrasen (10.000 ha Sandheiden allein durch militärische Nutzung) auf dynamischen Substraten entstehen.
- **Breites Lebensraumspektrum:** TÜPs weisen eine große Biotopvielfalt auf, mit Lebensräumen extrem trockener und feuchter Standorte. Außerdem ist für viele Tierarten das Nebeneinander von Stadien unterschiedlich fortgeschrittener Sukzession und der enge Verbund unterschiedlicher Teil-Lebensräume von essentieller Bedeutung.

Der Wunsch des Naturschutzes nach Erhalt von naturnahen und extensiv genutzten Offenflächen ist Ausdruck eines Wertewandels, dem die Natur- und Umweltschutzdiskussion ausgesetzt ist. Der Umsetzung stehen einige gesellschaftliche Probleme und Widrigkeiten entgegen (vgl. auch Riecken et al. 1998). Hierin drückt sich die Ungleichzeitigkeit gesellschaftlicher Prozesse, insbesondere der Entwicklung von Umweltbewußtsein aus. Einstellungen, die schon vor der neolithischen Revolution entstanden sind (Wertschätzung von Jagd und Fischerei), mischen sich im öffentlichen Diskurs mit agrarischen, agro-industriellen und postmodernen Denkweisen. Zu den postmodernen Denkweisen zählen wir insbesondere die Leitbildmethode als diskussions- und handlungsleitendem Ansatz (Wiegand 1997). Folgende Problemfelder sind anzusprechen:

1. *Restriktionen auf der Mikroebene.* Zu überwindende Restriktionen liegen in den instabilen Besitzverhältnissen und anarchischen Landnutzungen auf bestimmten Parzellen. Ökologisch gesehen ist dies weniger störend, wohl aber für ein längerfristiges Forschungsvorhaben. Politische Moden (Subventionen) können Entscheidungen von Landnutzern kurzfristig grundlegend ändern, Besitzerwechsel oder Generationenfolge tun ein ihriges. Auch ein Besitz in der öffentlichen Hand verbessert diese Situation nicht grundlegend (wegen Vermarktungsinteressen, vielfältigen oder unklaren Zuständigkeiten usw.). Soweit möglich, sind Einverständniserklärungen von Landeignern und -nutzern beigelegt, um im geplanten Forschungsvorhaben das diesbezügliche Risiko kleinzuhalten.
2. *Restriktionen auf der Makroebene.* Auf der Makroebene stehen dem Offenlandschutz weitere Hindernisse entgegen. Diese manifestieren sich zum einen im öffentlichen Umweltbewußtsein. „Bäume pflanzen“, z.B. am Tag des Baumes, gilt als Naturschutz, Aufforstung wird vielfach subventioniert, wobei der spätere ökonomische Ertrag des Waldes (bzw. Nichtertrag) unberücksichtigt bleibt. Der Wald ist vielen Leuten heilig, speziell nachdem er gerade die „neuartigen Waldschäden“ überstanden hat. Zum anderen sind auch Landnutzungsgesetze und sie flankierende Gesetze, Verordnungen und Planungsvorschriften nicht offenlandfreundlich. Aus dem Waldgesetz erwachsen bestimmte Nutzungspflichten. Diese sind ordnungsrechtlich, haftungsrechtlich und versicherungsrechtlich untersetzt (Waldbrand- und Kalamitätenbekämpfung). Das Jagdgesetz verlangt eine Bestandesregulation des Wildes zur Verhinderung von „Wildschäden“ (Wildschäden sind Schäden am Wald).

Bei einer solchen gesellschaftspolitischen Konstellation ist ein erfolgreicher Naturschutz im Offenland nur im Rahmen eines umfassenden Ansatzes möglich. Es genügt nicht, wiederholt kleinräumige Managementmaßnahmen auf der Ebene landschaftsgärtnerischer Aktionen durchzuführen. Es genügt ebenfalls nicht, die naturschutzfachliche Wirksamkeit bestimmter kleinräumiger Managementmaßnahmen nochmals zu beweisen. Ein umfassender Ansatz muß die naturschutzfachliche Wirksamkeit mit dem Aspekt der Reproduzierbarkeit durch bestimmte Maßnahmen verknüpfen, die im sozio-ökonomischen Kontext auch akzeptiert und bezahlbar sind.

Historisch orientierte Offenlandforschung

Wir gehen davon aus, daß über 95% der terrestrischen und semi-terrestrischen Fläche Mitteleuropas vom Standortpotential her Nicht-Offenland ist (Ellenberg 1986). Die Frage, ob in der Geschichte Mitteleuropas wirklich immer dichtes Waldland dominant vorkam, ist davon unabhängig. In jüngster Zeit haben verschiedene Arbeiten dazu beigetragen, diese Aspekte zu trennen (vgl. Zoller & Haas 1995, Gerken & Meyer 1996, 1997, Pott 1996). Verdienstvoll daran ist, daß damit die Diskussion über Naturschutzleitbilder belebt wurde.

Immer gab es Mechanismen, die zur Offenhaltung führten und beitrugen. Die wichtigsten Offenhaltungsagentien können wie folgt systematisiert werden, wobei klar ist, daß am Entstehen konkreter Offenflächen oft mehrere Agentien beteiligt sind und eine Unterteilung in „natürliche“ und anthropogene Offenhaltung oft nur schwer durchführbar ist:

1. *Der Mensch.* Der Mensch hat früher beiläufig durch Landnutzung (Ackerbau, Mahd, Plaggenhieb usw.), aber auch durch Bodenabbau, Bodenabtrag und -umlagerung sowie Abbau von Bodenschätzen zur Offenhaltung beigetragen. Dabei bediente er sich indirekt auch weiter unten genannter Agentien (Feuer, Fahrzeuge, Tiere usw.). Der menschliche Einfluß auf die Landschaft in der betrachteten Region ist seit 2500 v.Chr. nachweisbar. Mit der slawischen Besiedlung ab 600 n.Chr. wird er dominant. Bewußte Offenhaltung ist eine historisch neue Errungenschaft.
2. *Großtiere.* Großtiere (Wisent, Ur, Tarpan usw.) haben durch ihr Wirken (Fraß, Tritt, Selektion usw.) die Wälder der mesophilen Bereiche daran gehindert, völlig geschlossen aufzuwachsen (Bunzel-Drüke 1997). In anderen Gebieten der Erde, wo noch Großtierpopulationen vorhanden sind, ist dieser Effekt deutlich nachweisbar. Das Wirken der Großtiere in Mitteleuropa ist weitge-

hend in Vergessenheit geraten, da diese seit langem ausgestorben sind, oder keine relevanten Populationen mehr bilden. Frühzeitig wurden die Großtiere ausgerottet und durch Haustiere ersetzt (Waldweide). Die Wirkungen des heutigen Wildbestandes geben einen deutlichen Hinweis auf die Möglichkeiten der Auflichtung durch Großtiere. Eine gründliche Untersuchung dieses Einflusses findet sich in Krüsi et al. (1998). Eine Besonderheit stellt der Biber dar, der neben dem direkten Fraß durch die Änderungen der hydrologischen Bedingungen wirkt.

3. *Feuer*. Feuer erzeugte als natürliche Störung mehr oder weniger große Offenlandareale, insbesondere in den trockenen Bereichen. Dadurch entstanden Magerrasen und Schlagfluren. Das Feuer wurde darüber hinaus durch den Menschen bewußt als landschaftsgestaltende Maßnahme eingesetzt (wie heute noch in den Tropen), z.B. Brandrodung, Beschleunigung der Mineralisierung (Goldammer et al. 1997). Seit wenigen Jahrzehnten, örtlich erst seit wenigen Jahren, wird das Brennen nicht mehr praktiziert. Gleichzeitig mit dem Einstellen des Brennens kam die Feuerökologie auf (Riess 1976), die sich heute als eigenständiger Managementzweig etabliert hat (Toepfer 1997).
4. *Wasser*. Die größten natürlichen Offenlandbereiche Mitteleuropas wurden durch das Wasser und seine direkten und indirekten Wirkungen erzeugt. Neben Überflutung gehören dazu Eisgang (Küstengewässer) und Geschiebeführung (Fließgewässer). Insbesondere an Küsten und Fließgewässern stand der Aspekt der Störung durch das Wasser im Vordergrund (Flußdynamik, Meeresküstendynamik), während an Seen und in Mooren (besonders Hochmooren) der Streßaspekt durch Anoxia- und Überflutungsintoleranz der mitteleuropäischen Bäume ausschlaggebend war. Küsten und Fließgewässer wurden eingedeicht, binnenländische Feuchtgebiete und Moore entwässert, wodurch der Anteil der waldfähigen Böden in den letzten 700 Jahren stark gestiegen ist.
5. *Nährstoffarmut u.a. Streß*. Einige wenige Bereiche waren durch verschiedene Streßfaktoren (Dünen – Nährstoffarmut, Übersandung; Salzwiesen – Salinität; alpine Matten – Kälte und Eisgang) von Natur aus überwiegend waldfrei. Solche Flächen wurden erstmals durch Landverwüstung im Mittelalter z.T. vergrößert (Binnendünen), später dann durch Erzbergbau (Galmeiböden) oder Braunkohlebergbau (tertiäre Sande).
6. *Mosaikzyklen*. Als 0-Hypothese kann man davon ausgehen, daß in potentiell waldfähigen Flächen immer Teilflächen ohne Bäume vorhanden waren, da aufgrund des beschränkten Lebensalters der Bäume nach gewisser Zeit immer eine Verjüngung des Bestandes stattfindet (Scherzinger 1991). Dieser Effekt wurde früher durch Störungen (Windwurf, Feuer) und Kalamitäten (Borkenkäfer, Kiefernspinner usw.) verstärkt.

Forschungslücken

Obwohl die praktische Landschaftspflege schon fast Lehrbuchreife erlangt hat (vgl. Jedicke et al. 1993), bestehen noch offenkundige Forschungslücken:

- Eine intensive und integrative Betrachtung ökosystemarer, planungstheoretischer, umsetzungspraktischer und ökonomischer Aspekte der Erhaltung des Offenlandes fand jedoch bisher nicht statt, vor allem nicht bezogen auf ein breites Spektrum von Wirkungen („Agentien“) auf Arten, Lebensgemeinschaften und Biotopkomplexe („Indikatoren“), die verschiedenen ökosystemaren Betrachtungsebenen zugehörig sind, sowie auf einen großräumlichen Verbund von Offenlandbiotypen.
- Die konsequente Nutzung hochauflösender Fernerkundungsdaten für die Erfassung und Bewertung von Umweltzuständen steht in Deutschland noch am Anfang, was insbesondere für naturnahe Landschaften gilt (Pilarski & Oppitz 1998). Unter Berücksichtigung der Spezifik der räumlichen und spektralen Auflösung von Objekten an der Erdoberfläche ist eine Entwicklung reproduzierbarer Generalisierungsansätze für kleinräumige Geodaten anzustreben. In

Großbritannien gibt es bereit eine eigene Zeitschrift („Sanctuary“), die sich mit umweltorientierter Fernerkundung auf Truppenübungsplätzen beschäftigt (Ministry of Defense 1999).

- Eine echte Einbindung ökonomischer Aspekte über die reine kostenmäßige Begleitung hinaus fand für TÜPs nicht statt, die eine Anbindung an die umweltökonomische Gesamtrechnung erlauben (Hoffmann-Kroll et al. 1997). Für die anders gelagerten Probleme der Agrarlandschaft bestehen seit längerem weitergehende Ansätze (z.B. Pfadenhauer et al. 1992, Mährlein 1993).

Auswahl der Biotop- und Landschaftstypen

Es ergeben sich drei hierarchische Ebenen der Landschaftsbetrachtung:

1. Die Gesamtregion
2. Die Teilgebiete (der einzelne Truppenübungsplatz)
3. Die Hauptuntersuchungsräume (Probeflächen und Umgebung)

Räumlicher Schwerpunkt des Vorhabens ist die saale- und weichseleiszeitlich geprägte Landschaft Süd-Brandenburgs unter Einbeziehung angrenzender Gebiete in Sachsen-Anhalt und Sachsen. Die Gesamtregion erstreckt sich in Form eines Transektes von SE nach NW mit einem Gradienten von überwiegend kontinental bis zunehmend maritim klimatisch beeinflussten Räumen. Mit der Lage der Region im pleistozänen nordostdeutschen Flachland ergibt sich die Eingrenzung der zu untersuchenden Biotop- bzw. Landschaftstypen. Als erwünschte Offenlandbiotoptypen gelten Kurzgrasbestände (Mager- und Trockenrasen); Hochgrasbestände; Hochstaudenfluren (ruderales Pionierfluren, Schlagfluren, Waldsäume); Zwergstrauchheiden aller Art, insbesondere die kontinentalen Heiden sowie auch lichte Wälder und Gebüsche incl. der Vorwälder. Trotz des Schwerpunktes auf den trockenen Biotoptypen sollen auch mesophile Offenlandbiotope einbezogen werden, zumal sich die Bedingungen mittelfristig ändern können.

Tab. 1: Übersicht über die Teilgebiete

Nr.	Teilgebiete	Landeigner/Ansprechpartner
1.	Ehemaliger TÜP Döberitzer Heide mit NSG und FFH-Gebiet Döberitzer Heide/Ferbitzer Bruch (Brandenburg)	BbgBoden, LEG, Naturschutzförderverein, Bw, Munitionsräumdienst, LUA, UNB
2.	Aktiver TÜP Lehnin (Brandenburg)	Bw (vertreten durch Standortverwaltung, Heeresunterstützungskommando, Forst- und Landwirtschaftseinrichtungen, Ministerium der Verteidigung)
3.	Ehemaliger TÜP Lieberoser Heide mit NSG Lieberoser Endmoräne und NSG Reicherskreuzer Heide und Schwansee (Brandenburg)	BbgBoden, LAGS, LUA, Forstamt Staakow, Stiftung Naturlandschaften (NABU, Frankfurter Zool. Ges.), Landschaftspflegeverein, Munitionsräumdienst
4.	Ehemaliger TÜP Forsthaus Präsa (Naturpark Niederlausitzer Heidelandschaft, Brandenburg)	BVA, BbgBoden, LAGS, Naturparkverwaltung, Naturwacht, Forstamt Doberlug, Munitionsräumdienst
5.	Aktiver TÜP Oberlausitz (vormals "Nochten", Sachsen)	Bw, Forstamt, LAUBAG, Zweckverband Naturschutzregion, Naturschutzstation Braunsteich
6.	Ehemaliger TÜP Dauban (Sachsen)	BVA, Forstamt, Biosphärenreservat Oberlausitzer Teichlandschaft

Erläuterung: BVA = Bundesvermögensamt, Bw = Bundeswehr, BbgBoden = Brandenburgische Bodenverwertungsgesellschaft, LAGS = Landesanstalt für Großschutzgebiete Brandenburg, LUA = Lan-

desumweltamt Brandenburg, LEG = Landesentwicklungsgesellschaft, UNB = Untere Naturschutzbehörde

Auswahl der untersuchten Managementmaßnahmen

Aus der bereits dargestellten Aufzählung der Offenhaltungsagentien werden Ideen für ein zukünftiges Management geschöpft, ohne daß dies historisierend geschieht. In allen Fällen sollen bereits existierende Managementvorhaben aufgenommen und wissenschaftlich begleitet werden. Der Aufbau neuer Managementformen und der nötigen Infrastruktur, ggf. bei Skepsis der beteiligten Institutionen, steht wegen der Zeitknappheit und auch aus Akzeptanzgründen nicht zur Debatte. Folgende Varianten der Offenhaltung durch gezielte Eingriffe werden untersucht:

- Beweidung durch Haustiere. Dabei kommen insbesondere Schafe und Ziegen zum Einsatz, ggf. auch Koniks und Weideschweine. Zu variieren sind Arten und Rassen, Hütung oder Koppelhaltung sowie Intensitätsunterschiede der Bestoßung.
- Beweidung durch Wildtiere. Hier können die vorgefundenen Dichten von Wildtieren untersucht werden (z.B. Elch u.a. Paarhufer), des weiteren sollen Zäunungsversuche durchgeführt werden.
- Abschieben des Oberbodens u.a. mechanische Störungen wie z.B. Einsatz von Panzerfahrzeugen. Störungen sollen dabei gezielt so gesetzt werden, daß ein möglichst langanhaltender „Offenhaltungseffekt“ möglich ist.
- Mechanische Vegetationsentfernung wie Mahd (ggf. incl. Mulchen) von Grasflächen und Entkusselung von Vorwald und Gebüsch.
- Management durch Feuer. Dies soll im Rahmen von Zusammenarbeit mit der Bundeswehr und mit der praktischen Umsetzung von erstellten Pflege- und Entwicklungsplänen beauftragten Institutionen überprüft werden.
- Abschätzung der Möglichkeiten der Offenlanderhaltung durch natürliche Biotopdynamik incl. Abschätzung der Wiederbewaldungsdauer unter verschiedenen Rahmenbedingungen. Die Beobachtung der natürlichen Sukzession dient als Referenzuntersuchung zur Bearbeitung der Managementflächen.

Auswahl der Parameter der Datenerfassung und Erfolgsbewertung

Die Messung des Erfolges einer Naturschutzmaßnahme kann stufenweise auf drei verschiedenen Ebenen erfolgen: Direkte Messung durch die Erfassung von Artengemeinschaften, Leitarten, Populationsparametern usw.; indirekte Erfassung notwendiger Habitatrequisiten mittels Fernerkundung; und Abschätzung der Wirksamkeit über Szenarien anhand der Literatur und eigener Voruntersuchungen. Die Auswahl der zu erhebenden Parameter wird wesentlich von ihrer Eignung für die vergleichende Bewertung der verschiedenen eingesetzten Maßnahmen bestimmt.

Naturschutzfachliche Detailuntersuchungen (direkte Messung): Diese sollen in den Fällen durchgeführt werden, wo bereits Voruntersuchungen oder Referenzuntersuchungen aus benachbarten vergleichbaren Habitaten vorliegen. Empfohlen werden folgende Untersuchungen, die sich an Größe und Mobilität der Organismen orientieren (Tab. 2). Dabei wird zwischen Pflichtuntersuchungen, die aus Gründen der großräumigen Vergleichbarkeit nötig sind, und optionalen Untersuchungen, die jedes Teilprojekt in Abhängigkeit von den lokalen Erfordernissen festlegen kann, unterschieden.

Tab. 2: Erfassungsprogramm

Struktur-/Bewegungstyp	Verbindlich für alle TPs	Optional
Strukturbildende sessile Organismen,	Vegetation (Höhere Pflanzen, Moose, Flechten)	-
Kleinräumig aktive terrestrische Organismen	Laufkäfer und Sandlaufkäfer	Spinnen und Weberknechte
Mittlräumig aktive terrestrische Organismen	Hautflügler (nur Aculeata)	Wanzen, Reptilien, Kleinsäuger, Heuschrecken
Klein- bis mittlräumig aktive aquatische Gruppen	-	Libellen, Amphibien
Großräumige Integriatoren	Vögel (ausgewählte Arten wie Ziegenmelker, Wiedehopf, Birkhuhn)	Schmetterlinge, Säuger (ausgewählte Arten wie Feldhase und Rothirsch)

Indirekte Messung: Insbesondere auf der großräumigen Skala ist es nötig, mit indirekten Parametern zu arbeiten, da eine vollständige Erfassung der Biozöosen weder möglich noch aus Kostengründen wünschenswert ist. Als Parameter, die direkt der Fernerkundung entnommen oder über das GIS generalisiert werden können, werden vorgeschlagen:

- Hemerobiegrad, Störungsfreiheit, Flächengröße.
- Anteil Offenland bzw. vegetationsfreie Fläche.
- Grad der Segregation zwischen Offenland und Wald. Die scharfe Segregation zwischen Offenland und Wald ist eine Errungenschaft der mitteleuropäischen Landnutzung seit der Separation um 1850. Urlandschaften enthalten solche klaren Grenzen im Regelfall nicht (vgl. Savanne u.ä. Formationen). Ein Maß für die Segregation läßt sich mit Hilfe der Fernerkundung auf der Basis von Heterogenitätsmaßen aufstellen. Heterogenität und Segregativität können mit dem Naturschutzziel „Naturnähe/Hemerobie“ konzeptionell verbunden werden. Konservierender Naturschutz führt eher zum Erhalt der Segregation, offene Weidelandschaft und Sukzession erzeugen Biotope über die ganze Breite der Offenheitsskala (Riecken et al. 1998).
- Qualität des Offenlandes. Die Qualität des Offenlandes ist die entscheidende Grundlage für die naturschutzfachliche Bewertung. Sie ergibt sich zum einen aus dem aktuellen Biotoptyp, zum anderen aus dem Entwicklungspotential. Hierbei spielen insbesondere die Nährstoffparameter des Bodens eine wichtige Rolle für die Abschätzung der Entwicklung.

Struktur des Vorhabens und Verflechtung der Teilprojekte

Das Vorhaben gliedert sich grob in die gelände- und praxisorientierten Projekte sowie die übergreifenden Projekte (Fernerkundung, Sozioökonomie). In Anbetracht der Großflächigkeit und Neuartigkeit der geplanten Untersuchungen fällt eine Reihe von Gemeinschaftsaufgaben der Projektpartner an.

Das Verbundvorhaben wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung im Zeitraum vom 01. Juni 2000 bis 30. Mai 2003 mit einer Fördersumme von ca. 3,8 Mill. DM gefördert. Die Aufgaben der Universität Potsdam werden im Rahmen der AG „Integrierter Arten- und Biotopschutz“ des Zentrums für Umweltwissenschaften koordiniert.

Literatur

BERNHARDT, K.-G. (1989): Pflanzliche Strategien der Primärbesiedlung terrestrischer und limnischer Standorte in Nordwestdeutschland. *Drosera* 89(1/2): 113 - 123. Oldenburg.

- BEUTLER, H. (1993): Verbreitung, Ausdehnung und Entstehung der rezenten Heiden in Brandenburg. Naturschutz u. Landschaftspflege in Brandenburg 4: 10 - 14.
- BUNZEL-DRÜKE, M. (1997): Großherbivore und Naturlandschaft. Schr.-R. f. Landschaftspflege u. Naturschutz 54: 109 - 128.
- DRL (Deutscher Rat für Landespflege) (1992): Truppenübungsplätze und Naturschutz. Positionspapier des DRL. Naturschutz u. Landschaftsplanung 6/92: 241 S.
- ELLENBERG, H. (1986): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 4. Aufl. Ulmer, Stuttgart.
- GERKEN, B.; MEYER, C. eds. (1997): Vom Waldinnensaum zur Hecke – Geschichte, Situation und Perspektiven eines Natur-Lebensraum-Gefüges. Natur- u. Kulturlandschaft 2: 262 S.
- GOLDAMMER, J. G.; MONTAG, S.; PAGE, H. (1997): Nutzung des Feuers in mitteleuropäischen Landschaften – Geschichte, Methoden, Probleme, Perspektiven. NNA-Ber. 10 (5): 18 - 38.
- HOFMANN-KROLL, R.; SCHÄFER, D.; SEIBEL, S. (1997): Naturvermögen in den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen. Wirtschaft u. Statistik 10/97: 696 - 706.
- JEDICKE, E.; HUNSDORFER, M.; STEINBACH, E. (1993): Praktische Landschaftspflege. Grundlagen und Maßnahmen. Ulmer, Stuttgart.
- KRÜSI, B.; SCHÜTZ, M.; GRÄMIGER, H.; ACHTERMANN, G. (1998): Huftiere und Vegetation im schweizerischen Nationalpark von 1917 bis 1997: Einfluss auf die botanische Vielfalt der subalpinen Weiden.
- MÄHRLEIN, A. (1993): Kalkulationsdaten für die Grünlandbewirtschaftung unter Nutzungsaufgaben. KTBL Arbeitspapier 179. 115 S.
- MUNR (Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung im Land Brandenburg) (1994): Frühere WGT-Flächen historische Chancen für Naturschutz. Presseinformation v. 22.7 1994. Potsdam.
- NNA (Norddeutsche Naturschutzakademie) (1993): Methoden und aktuelle Probleme der Heidepflege. Berichte 6 (3): 80 S.
- PFADENHAUER, J.; GANZERT, C.; HEIBENHUBER, A.; HOFMANN, H.; AHRENS, H. (1992): Untersuchungen zur Definition von landespflegerischen Leistungen der Landwirtschaft nach ökologischen und ökonomischen Kriterien und ihre Umsetzung in der Umweltberatung und Agrarpolitik. Materialien Umwelt & Entwicklung Bayern 84. München.
- PILARSKI, M.; OPPITZ, S. (1998): An environmental monitoring system for the Lusatian brown coal mining industry in East Germany. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing 32, Part 7, Budapest 1998. 151 - 156.
- POTT, R. (1996): Biotoptypen. Schützenswerte Lebensräume Deutschlands und angrenzender Regionen. Ulmer, Stuttgart.
- RIECKEN, U.; FINCK, P.; KLEIN, M.; SCHRÖDER, E. (1998): Überlegungen zu alternativen Konzepten des Naturschutzes für den Erhalt und die Entwicklung von Offenlandbiotopen. Natur u. Landschaft 73: 261 - 270.
- RIESS, W. (1976): Die Wirkungen kontrollierten Feuers auf den Boden und die Mikroorganismen. Forum Umwelt Hygiene 27: 259 - 263.

SCHERZINGER, W. (1991): Das Mosaik-Zyklus-Konzept aus der Sicht des zoologischen Artenschutzes. Laufener Seminarbeiträge 5/91: 30 - 42.

TOEPFER, A. - Akademie für Naturschutz (ATA) (1997): Feuereinsatz und Naturschutz. NNA Berichte 10 (5). 181 S.

UNSELT, C. (1994): Was macht Truppenübungsplätze so wertvoll? Nationalpark 2/94: 13 - 15.

ZOLLER, H.; HAAS, J. N. (1995): War Mitteleuropa ursprünglich eine halboffene Weidelandschaft oder von geschlossenen Wäldern bedeckt? Schweiz. Z. f. Forstwesen 146: 321 - 354.

WALLSCHLÄGER, D. (1997): Ökofaunistische Untersuchungen in der Döberitzer Heide. Beiträge zum Naturschutz, zur Landschaft und zur Geschichte eines außergewöhnlichen Naturraumes im Land Brandenburg, Heft 7: 33-40.

WIEGLEB, G. (1997): Leitbildmethode und naturschutzfachliche Bewertung. Z. Ökologie u. Naturschutz 6: 43 - 62.

Anschriften der Autoren

Prof. Dr. Dieter Wallschläger
Universität Potsdam
Institut für Biochemie und Biologie
Maulbeerallee 2a
14469 Potsdam
wallsch@rz.uni-potsdam.de

Prof. Dr. Gerhard Wiegleb
BTU Cottbus
Lehrstuhl Allgemeine Ökologie
Postfach 10 13 44
03013 Cottbus
wiegleb@tu-cottbus.de

Planktische Räuber-Beute-Systeme: Experimentelle Untersuchung von ökologischen Synchronisationen

G. Weithoff, U. Gaedke

Zusammenfassung

Zyklische Fluktuationen (Oszillationen) in der Dichte von Räuber- und Beutepopulationen sind ein vielfach in der Natur beobachtetes Phänomen. Zu ihrer Erklärung werden mathematische Modellrechnungen entwickelt, deren Realitätsnähe wir experimentell an Planktonkulturen überprüfen wollen. Innovativ an unserem Ansatz ist, dass eine räumliche Strukturierung mit einer partiellen Kopplung der Subpopulationen betrachtet wird.

Summary

Cyclic fluctuations in the density of predator-prey systems are frequently observed in nature. Mathematical models will be developed in the search for their explanation. Model results will be tested experimentally with plankton cultures. The innovative aspect of these investigations lies in the consideration of partially coupled subpopulations.

Projektbeschreibung

In einem bei der Volkswagenstiftung beantragten Projekt zur Einrichtung einer Nachwuchsgruppe, bestehend aus dem Antragsteller Dr. Bernd Blasius, zur Zeit Tel Aviv University, Israel, sowie 3 Doktoranden und einer technischen Assistentin, soll die „Zeitlich-räumliche Synchronisation von ökologischen Systemen“ untersucht werden. Das Projekt soll primär im Fachbereich Physik in der AG Nicht-Lineare Dynamik (AGNLD, Leitung Prof. Dr. Kurths) an der Universität Potsdam angesiedelt werden. Innerhalb dieses Projektantrages tritt die AG „Ökologie/ Ökosystemmodellierung“ als Kooperationspartner für das Teilprojekt „Experimentelle Untersuchung von ökologischen Synchronisationen im Labor“ auf. Damit soll überprüft werden, ob die von den theoretischen Physikern aufgrund der entwickelten bzw. zu entwickelnden Modellvorstellungen zu postulierenden Mechanismen sich auch an natürlichen Systemen nachweisen lassen. Dafür wollen wir im Labor planktische Räuber-Beute Systeme aufbauen.

Zyklische Fluktuationen (Oszillationen) in der Dichte von Räuber- und Beutepopulationen sind ein vielfach in der Natur beobachtetes Phänomen. Zur Erklärung derartiger Fluktuationen wurde eine Vielzahl von Hypothesen entwickelt, von denen keine schlüssigen Erklärungen für die mehrfach beobachtete großräumige Synchronisation von Räuber-Beute Zyklen liefern konnte (Boonstra et al. 1998; Hanski et al. 1993). Erst die Anwendung moderner Methoden der theoretischen Physik wie die der nicht-linearen Dynamik konnte Modellvorstellungen zur Entstehung komplexer synchronisierter

Räuber-Beute Zyklen entwickeln (Blasius et al. 1999). Stabile, langandauernde Oszillationen von einzelnen planktischen Räuber-Beute Systemen sind erstmalig von McCauley et al. (1999) experimentell nachgewiesen worden. Die von uns im Rahmen des VW-Projektes geplanten Arbeiten gehen jedoch über die Arbeiten von McCauley et al. (1999) hinaus, da sie sich mit der Synchronisation gekoppelter Systeme befassen sollen. Es sollen in einer Anzahl von Kulturgefäßen zunächst unabhängige Räuber-Beute Zyklen etabliert werden. Anschließend werden diese lokalen Räuber-Beute Populationen durch Wasseraustausch zwischen den Gefäßen gekoppelt. So kann man in Abhängigkeit vom Grad der Kopplung (hier: wieviel Wasser - und damit wieviele Organismen - von einem Gefäß in ein anderes gepumpt werden) beobachten, inwieweit eine Synchronisation der lokalen Populationen auftritt und was dies für die Dynamik der lokalen Zyklen bedeutet. Die Betrachtung räumlich teilweise getrennter Subpopulationen bewirkt eine wesentlich größere Realitätsnähe.

Planktonorganismen und insbesondere die von uns vorgesehenen Algen und Rädertiere (Rotatorien, sie fressen die Algen) eignen sich aufgrund ihrer hohen Wachstumsraten und geringen Raumannsprüche gut für Experimente dieser Art (Bennett and Boraas 1989; Walz 1993). Man kann 10^4 bis 10^6 dieser Organismen in einem Kulturgefäß mit einem halben Liter Inhalt halten und sie haben Generationszeiten in der Größenordnung von einem (Algen) bzw. mehreren Tagen (Rädertiere). Trotzdem sind die geplanten, technisch sehr anspruchsvollen Experimente langwierig, da die Frequenz der zu erwartenden Räuber-Beute Zyklen im Bereich von 30-40 Tagen liegt. Ein Experiment mit mehreren Zyklen dauert somit ein halbes bis ganzes Jahr. Daher laufen bereits vor Beginn des Hauptprojektes Vorarbeiten, die im Rahmen des Innovationsfonds 2000 der Universität Potsdam finanziell unterstützt werden.

Wir bestimmen im ersten Schritt unter semikontinuierlichen Kulturbedingungen die Wachstumsraten der Algen und Rädertiere bei verschiedenen Nährstoff- bzw. Futterkonzentrationen. Diese Versuche sind Grundvoraussetzung für das Etablieren von zyklischen Langzeitkulturen. Anhand der Wachstumsparameter können mit Modellrechnungen die Versuchsbedingungen abgeleitet werden, unter denen Langzeit-Oszillationen zu erwarten sind. Diese Versuchsbedingungen sollen dann in einem zweiten Schritt aufgebaut und ausgetestet werden, ob sie tatsächlich zu stabilen Räuber-Beute-Zyklen führen. Dies erfordert einen größeren technischen Aufwand, denn dann wird ein Teil der Organismen nicht mehr täglich per Hand in ein neues Kulturgefäß gebracht, sondern es strömt unter sterilen Bedingungen kontinuierlich neue Ressourcen in das Kulturgefäß und einige Organismen hinaus (Chemostat).

Literatur

BENNETT, D.; BORAAS, M. (1989): A demographic profile of the fastest growing metazoan: a strain of *Brachionus calyciflorus* Pallas (Rotifera). *Oikos* 55: 365 - 369.

BLASIUS, B.; HUPPERT, A.; STONE, L. (1999): Complex dynamics and phase synchronisation in Ecological systems. *Nature* 399: 354 - 359.

BOONSTRA, R.; KREBS, C. J.; STENSETH, N. C. (1998): Population cycles in small mammals: the problem of explaining the low phase. *Ecology* 79: 1479 - 1488.

HANSKI, I.; TURCHIN, P.; KORPIMÄKI, E.; HENTTONEN, H. (1993): Population oscillations of boreal rodents: regulation by mustelids predators leads to chaos. *Nature* 364: 232 - 235.

HOBSEN, K. A. (1999): Tracing, origin, and migration of wildlife using stable isotopes: a review. *Oecologia* 120: 314 - 326.

MC CAULEY, E.; NISBET, R. M.; MURDOCH, W. W.; DE ROOS, A. M.; GURNEY, W. S. C. (1999): Large-amplitude cycles of *Daphnia* and its algal prey in enriched environments. *Nature* 402: 653 - 656.

PETERSON, B. J.; HOWARTH, R. W.; GARRIT, R. H. (1985): Multiple stable isotopes used to trace the flow of organic matter in estuarine food webs. *Science* 227: 1361 - 1363.

SCHULTZE et. al. (1999): Tagebaurestseen – schon bei der Entstehung ein Sanierungsfall. *GAIA* 8: 32 - 43.

SCHUTZE; KLAPPER (1995): Prognose und Steuerung der Gewässergüte der mitteldeutschen Restseen. *Proceedings des Dresdner Grundwasser-Forschungs-Zentrums e. V.*, ISSN 1430 - 0176.

VAN DER ZANDEN, M. A.; RASMUSSEN, J. B. (1999): Primary consumer $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ and the trophic position of aquatic consumers. *Ecology* 80: 1395 - 1404.

WALZ, N. (ed.) (1993): *Plankton Regulation Dynamics – Experiments and Models in Rotifer Continuous Cultures*. Springer Verlag.

Anschrift der Autoren

Dr. Guntram Weithoff
Prof. Dr. Ursula Gaedke
Universität Potsdam
Institut für Biochemie und Biologie
Professur für Ökologie/Ökosystemmodellierung
Maulbeerallee 2
14469 Potsdam