

Ralph Jänkel, Wolfgang Loschelder (Hrsg.)

Umweltforschung an der Universität Potsdam

Schriftenreihe des Zentrums für Umweltwissenschaften der Universität Potsdam
und des Brandenburger Umweltforschungszentrums, Neuruppin

Potsdam, Neuruppin im September 2000

Die **Brandenburgischen Umwelt Berichte** sind eine gemeinsam herausgegebene Schriftenreihe des Zentrums für Umweltwissenschaften der Universität Potsdam und des Brandenburgischen Umweltforschungszentrums in Neuruppin. Sie erscheint unregelmäßig.

Redaktion:

Dr. Peter Ackermann, Wolfgang Beier, Dr. Christine Böckmann, Prof. Dr. Ingo Schneider, Dr. Renate Wipper

Mit Unterstützung der Geschäftsstelle des Zentrums für Umweltwissenschaften (Ines Bastian, Dr. Matthias Kühling).

Anschriften der Herausgeber:

Prof. Dr. Wolfgang Loschelder
Universität Potsdam
Rektor
PF 60 15 53
14415 Potsdam

Prof. Dr. Ralph Jänkel
Universität Potsdam
Zentrum für Umweltwissenschaften
PF 90 03 27
14439 Potsdam

Alle Rechte, insbesondere das Recht auf Vervielfältigung und Verbreitung über diese Reihe hinaus sowie der Übersetzung liegen bei den Autoren. Kein Teil der Schriftenreihe darf in irgendeiner Form ohne schriftliche Genehmigung der Autoren reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden. Die Herausgeber der Schriftenreihe übernehmen keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und die Vollständigkeit der Angaben. Die in den Beiträgen geäußerten Meinungen und Ansichten müssen nicht mit denen der Herausgeber der Schriftenreihe übereinstimmen.

Bezugsbedingungen:

Der Bezug dieses Heftes erfolgt über die Geschäftsstelle des Zentrums für Umweltwissenschaften der Universität Potsdam, Park Babelsberg 14, 14482 Potsdam (Tel.: 0331/977-4666; Fax: 0331/977-4433; e-mail: zfu@rz.uni-potsdam.de; URL: <http://zfu.uni-potsdam.de/>).

Hergestellt auf Umweltpapier

ISSN 1434-2375

Inhalt

Vorwort.....	7
PROJEKTE	9
Humanökologie / Umweltbezogene Handlungsstrukturen / Umweltbildung	11
BERNDT, K.-P.: Interdisziplinäres multimediales Lehr- und Lernprojekt "Biodiversität in Großökosystemen".....	12
FELGENTREFF, C.: Hochwasser im Kontext. Zur Rekonstruktion des Oderhochwassers 1997 in Brandenburg und seiner Folgen.....	21
GIEST, H.; WALGENBACH, W.: Entwicklung von Multimedia-Bausteinen zur Ökologischen Grundbildung.....	23
GREIL, H. et al.: Anthropometrische Grundlagen für die Entwicklung maßgerechter 3D-Computersimulationen des menschlichen Körpers zum Einsatz bei der Gestaltung körpernaher Umweltelemente.....	32
SCHEFFLER, C. et al.: Maß- und funktionsgerechte Gestaltung der körpernahen Umwelt älterer Menschen.....	35
SCHILITZ, A. et al.: Körperliche Entwicklung von Brandenburger Schülern und Schülerinnen als Indikator für komplexe Veränderungen von Umweltbedingungen.....	37
SEGERT, A.; ZIERKE, I.: Handlungsstrukturen in einer ökologisch orientierten Genossenschaft.....	40
WIPPER, R.: Interaktive multimediale Bildungssoftware "Ökosystem Wald - Artenvielfalt in Brandenburg".....	45
Umwelt und Ökonomie / Nachhaltigkeit	53
BALDERJAHN, I.; KRUEGER, C.: Produkte und Prozesse mit dem Ziel Nachhaltigkeit Teilprojekt: "Marketing, Kommunikation, Informationsmanagement".....	54
MÜLLER, K. et al.: Ansätze für eine dauerhaft umweltgerechte landwirtschaftliche Produktion: Modellgebiet Nordost-Deutschland (GRANO).....	56
PETERSEN, H.-G.; MÜLLER, K.: GRANO - Projektbereich 1: Dezentrale Bewertungs- und Koordinationsmechanismen - Teilprojekt 2: Honorierung ökologischer Leistungen.....	62
SCHULTZ, P.; SOYEZ, K.: Der ökologische Friedhof - Ein Ort des Lebens.....	67
THRÄN, D.: Nachhaltiges Stoffstrommanagement ländlich strukturschwacher Regionen.....	72
Ökologie und Naturschutz / Landschaftsplanung / Landschaftsentwicklung	79
BISSINGER, V.; TITTEL, J.: Process rates and growth limiting factors of planktonic algae (<i>Chlamydomonas</i> sp.) from extremely acidic (pH 2,5 - 3) mining lakes in Germany.....	80
BORK, H.-R. et al.: Erodierete Autos und Brunnen in Oregon, USA.....	83
BRONSTERT, A. et al.: Bewirtschaftungsmöglichkeiten im Einzugsgebiet der Havel.....	87
JELTSCH, F. et al.: Beweidung als Degradationsfaktor in ariden und semiariden Weidesystemen.....	89
JELTSCH, F. et al.: Entstehung und Bedeutung räumlicher Vegetationsstrukturen in Trockensavannen: Baum-Graskoexistenz und Artenvielfalt.....	91
JESSEL, B. et al.: Bodenbewertung für Planungs- und Zulassungsverfahren in Brandenburg.....	95
JESSEL, B.; ZSCHALICH, A.: Erarbeitung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen für die Wert- und Funktionselemente des Landschaftsbildes.....	100

RÖßLING, H. et al.: Umsetzung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen beim Ausbau der Bundesautobahn A 9.....	106
SPINDLER, J.; GAEDKE, U.: Estimating production in plankton food webs from biomass size spectra and allometric relationships.....	109
TIELBÖRGER, K. et al.: Sukzessionsprozesse in einem Sanddünenengebiet nach Ausschluß von Beweidung.....	112
TIELBÖRGER, K. et al.: Populationsdynamische Funktionen von Ausbreitung und Dormanz.....	114
TIELBÖRGER, K. et al.: Raum-zeitliche Populationsdynamik von einjährigen Wüstenpflanzen.....	116
TITTEL, J. et al.: Ressourcennutzung und -weitergabe im planktischen Nahrungsnetz eines extrem sauren (pH 2,7) Tagebausees.....	118
WALLSCHLÄGER, D.; WIEGLEB, G.: Offenland-Management auf ehemaligen und in Nutzung befindlichen Truppenübungsplätzen im pleistozänen Flachland Nordostdeutschlands: Naturschutzfachliche Grundlagen und praktische Anwendungen.....	121
WEITHOFF, G.; GAEDKE, U.: Planktische Räuber-Beute-Systeme: Experimentelle Untersuchung von ökologischen Synchronisationen.....	132
Schutzgüter Wasser, Boden, Luft	135
BLUMENSTEIN, O.: Investigation of Environmental Quality and Social Structures in a Mining Area in the North West Province of South Africa.....	136
BRONSTERT, A.; GÜNTNER, A.: A large-scale hydrological model for the semi-arid environment of north-eastern Brazil.....	145
BRONSTERT, A. et al.: Hochwasserproblematik und der Zusammenhang mit Landnutzungs- und Klimaänderungen.....	150
FRIEDRICH, S.: Vergleichende Untersuchungen zur Wasserqualität des anfallenden Regenwassers an den 14 Regenwassereinflüssen der Stadt Potsdam.....	153
GELDMACHER, K. et al.: Bodenzerstörung im Palouse, Washington, USA.....	155
ITZEROTT, S.; KADEN, K.: Modellierung der flächenhaften Verdunstung im Gebiet der Unteren Havel.....	163
KNÖSCHE, R.: Das remobilisierbare Nährstoffpotential in Augewässersedimenten einer Tieflandflußaue.....	172
Umweltanalytik / Umweltmeßtechnik / Informationssysteme	175
ASCHE, H.: Zur Visualisierung von Umweltdaten in Umweltinformationssystemen: ein Modul digitaler Basiskarten für das brandenburgische Landesumweltinformationssystem LUIS-BB.....	176
BÖCKMANN, C.: Evaluation of Multi-spectral Lidar Measurements of the Tropo- and Stratosphere via Modern Mathematical Methods for Inverse Ill-posed Problems to Determine the Aerosol Size Distribution.....	183
LAUE, S.: Klimaeinfluß auf die Zerstörung von Baudenkmalern durch lösliche Salze am Beispiel des Grottenaals im Neuen Palais, Potsdam.....	191
LÖHMANNSRÖBEN; H.-G. et al.: In-situ Analytik von organischen Bodenkontaminationen mit Laser-induzierter Fluoreszenz.....	197
LÖHMANNSRÖBEN; H.-G. et al.: Entwicklung eines optischen Meßsystems zur in-situ Bestimmung von Fluoreszenztracern, Sauerstoff und pH-Wert in Gewässern (FLUTRAS: Fluorescence Tracer Detection System).....	202

LÖHMANNSRÖBEN; H.-G. et al.: Untersuchung von organischer Bodensubstanz und Bodengasen mit laser-spektroskopischer in-situ Meßtechnik.....	205
LÜCK, E. et al.: Automatisierung der Leckageerkennung an Deponieoberflächenabdichtungen.....	207
LÜCK, E. et al.: Einführung geophysikalischer Meßverfahren zur Ermittlung von Bodenkennwerten für die teilflächenspezifische Bewirtschaftung in der KSG Agrargesellschaft mbH Kassow.....	212
MAKOWER, A.: Entwicklung von Labormustern zur Analyse von phosphororganischen Verbindungen und Pestiziden.....	216
SHELLER, F.W.: Biomolekulare Erkennungssysteme für die Biochemische Analytik.....	218
SHELLER, F.W.: Biosensor-Stabilität.....	220
STÖCKLEIN, W.: Biosensoren für die direkte vor-Ort Überwachung von Umwelt-Schadstoffen.....	222
WOLLENBERGER, U.: Integrierte Immuno-Extraktions-Probenahme und tragbarer Biosensor-Prototyp für vor-Ort Messungen.....	224
Ökotechnologie / Regenerative Energien	229
BAIER, D.; SOYEZ, K.: Dekontamination von Altholz.....	230
BAIER, D. et al.: Untersuchungen zur Kompostierbarkeit von paraffinbeschichteten Verpackungsmaterialien.....	235
KAISER, J.; SOYEZ, K.: Zum Wasser- und Wärmehaushalt des Intensivrotteprozesses der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung.....	241
KAMM, B. et al.: Green Biorefinery - European Network for the Implementation of Biorefineries (NIB).....	251
KAMM, B. et al.: Grüne Bioraffinerie Brandenburg.....	260
KOLLER, M.; HERMANN, T.: Entscheidungshilfen für die ökologische Optimierung der Entsorgung häuslicher Restabfälle.....	270
SCHMEER, E.: Solarthermie 2000.....	280
SCHMEER, E.: Forschungs- und Demonstrationsanlage zur Photovoltaik.....	284
SOYEZ, K. et al.: Verbundvorhaben "Mechanisch-biologische Restabfallbehandlung".....	289
STARKE, I. et al.: Carbohydrates as raw material from a Green BioRefinery.....	298
ARBEITSGRUPPEN / PROFESSUREN	303
AG Angewandte Geophysik.....	304
AG Betriebliches Umweltmanagement / Umweltbewußtes Konsumentenverhalten.....	305
AG Bio-Organische Synthesechemie.....	306
AG Grüne Bioraffinerie.....	309
AG Humanökologie.....	312
AG Integrierter Arten- und Biotopschutz.....	313
AG Landschaftsentwicklung.....	314
AG Landschaftsplanung.....	315
AG LIDAR-Inversion.....	316
AG Mineralogie von Baustoffen.....	317
AG Ökotechnologie.....	318

AG Regenerative Energien.....	320
AG Stoffdynamik in Geosystemen.....	321
AG Umweltbildung.....	323
AG Umweltsoziologie.....	324
AG Umwelttechnik - Wasseruntersuchungen.....	325
AG Wassertransfer.....	326
Professur für Analytische Biochemie.....	327
Professur für Finanzwissenschaft.....	329
Professur für Geofernerkundung, Geoinformatik und Kartographie.....	330
Professur für Geoökologie.....	331
Professur für Grundschulpädagogik / Lernbereich Sachunterricht.....	332
Professur für Ökologie / Ökosystem-Modellierung.....	333
Professur für Physikalische Chemie.....	335
Professur für Vegetationsökologie und Naturschutz.....	336
Zentrum für Umweltwissenschaften.....	337
Personenregister	338
Stichwortregister	340
Keywords	344

Vorwort

Sehr geehrte Leserin, sehr geehrter Leser,

Das vorliegende Heft der Brandenburgischen UmweltBerichte (BUB) widmet sich der Darstellung der an der Universität Potsdam betriebenen Umweltforschung. Umweltforschung ist ein Forschungsgebiet, ohne das eine moderne Universität ihrer Aufgabenstellung nicht mehr gerecht werden kann. Wesentliche Aufgaben der Umweltforschung sind das wissenschaftliche Erfassen der vielfältigen Beziehungen zwischen Mensch und Umwelt und die Entwicklung wissenschaftlich fundierter Lösungsansätze oder -vorschläge für die zukünftige Gestaltung dieser Beziehungen sowohl im Interesse des Menschen, als auch im Interesse der Erhaltung und Gestaltung der natürlichen Umwelt. Dies sind Aufgabenstellungen, denen sich auch die Umweltforschung an der Universität Potsdam widmet.

Durch die Vorstellung wesentlicher Projekte, die entweder schon über einen längeren Zeitraum erfolgreich bearbeitet werden, oder aber erst neu begonnen worden sind, soll der spezifische Beitrag der Universität Potsdam zur Umweltforschung verdeutlicht werden.

Den interdisziplinären Anforderungen der Umweltforschung entsprechend, sind diese Projekte z. T. durch die Zusammenarbeit von Wissenschaftlern verschiedener Fachbereiche gekennzeichnet. An ihnen sind teilweise auch Vertreter anderer Einrichtungen beteiligt, die auf diesem Gebiet mit der Universität Potsdam zusammenarbeiten.

Die breite Palette der an der Universität Potsdam betriebenen Umweltforschung erfordert es, Themenkomplexe zu bilden, in welche die vorzustellenden Projekte eingeordnet worden sind; diese Themenkomplexe sind:

- Humanökologie / Umweltbezogene Handlungsstrukturen / Umweltbildung;
- Umwelt und Ökonomie / Nachhaltigkeit;
- Ökologie und Naturschutz / Landschaftsplanung / Landschaftsentwicklung;
- Schutzgüter Wasser, Boden und Luft;
- Umweltanalytik / Umweltmeßtechnik / Informationssysteme;
- Ökotechnologie / Regenerative Energien.

Die Darstellung der umweltwissenschaftlichen Projekte, soll zum einen das Leistungsvermögen der Universität Potsdam auf diesem Gebiet der Forschung verdeutlichen und damit potentiellen Auftraggebern einer praxisbezogenen Forschung zeigen, dass diese und andere für die Praxis bedeutsame Fragen bei den Forschern der Universität Potsdam in den besten Händen sind. Zum anderen soll Wissenschaftlern innerhalb und außerhalb der Universität Potsdam gezeigt werden, welche interessanten Kooperationsmöglichkeiten für die umweltwissenschaftliche Forschung bestehen.

In diesem Sinne geben wir allen Leserinnen und Lesern dieses Heft als eine nützliche und interessante Informationsquelle in die Hand.

Prof. Dr. jur. Wolfgang Loschelder
Rektor der Universität Potsdam

Prof. Dr. jur. Ralph Jänkel
Geschäftsführender Direktor des ZfU

PROJEKTE

Humanökologie
Umweltbezogene Handlungsstrukturen
Umweltbildung

Interdisziplinäres multimediales Lehr- und Lernprojekt „Biodiversität in Großökosystemen“

K.-P. Berndt

Zusammenfassung

Artenvielfalt ist ein Schlüssel zur Nachhaltigen Entwicklung im Sinne des Rio-Prozesses. Mit dem vorgestellten Projekt soll ein interaktives multimediales Lehrverbundsystem geschaffen werden, mit dem die Defizite universitärer, schulischer und außerschulischer Vermittlung von Artenkenntnissen kompensiert werden können. Es sind fächerübergreifende Bemühungen (Programmierung, Datensammlung, Datenaufbereitung, Evaluation) erforderlich, um Grundlagen der Artenvielfalt globaler Artbildungszentren zu vermitteln und gleichzeitig zum Verständnis regionaler Umweltprobleme beizutragen. Eine besondere Herausforderung ist dabei die didaktische Reduktion, d.h. die zielgruppenzentrierte Aufbereitung der nahezu unüberschaubaren Artenvielfalt.

Summary

Biological diversity is one key to sustainable development in the context of the United Nations Agenda 21 process. The project is to create an interactive multimedia system connecting educators for work to ameliorate the deficits in disseminating knowledge about species in academic, school and extra-curricular education. Efforts spanning different technical fields (programming, data collection, data processing, evaluation) are required in order to convey the basics of biological diversity in global centers of species development, and at the same time to contribute to the understanding of regional environmental problems. A particular challenge is the didactical reduction, i.e. developing treatments centered on the specific target groups in order to convey the almost incomprehensible richness of species diversity.

Nach der Rio-Konferenz übernehmen "Nachhaltige Entwicklung" und "Erhalt der Biodiversität" eine zentrale Rolle in den Bemühungen um eine verbesserte Ökologische Bildung. Der Erhalt der Biodiversität wird dabei als ein wichtiger Zugang zur Durchsetzung nachhaltiger Entwicklung betrachtet.

Dabei sind an Hochschulen sowohl die internationale als auch die nationale/regionale Sicht zu beachten und integrativ in die Lehre einzubinden. Einmal ist es wichtig, Grundlagen der Artenvielfalt von globalen Artbildungszentren (Regenwald, Korallenriffe etc.) zu vermitteln, zum anderen ist zum Verständnis der regionalen Umweltprobleme eine ausgewogene Artenkenntnis erforderlich.

Auf der Grundlage des Projektes sollen die vielfältigen, zum Teil stark aufgesplitterten Aktivitäten der einzelnen Lehrkräfte und Institute zu diesem Thema an der Universität Potsdam möglichst auch unter Einbeziehung weiterer Hochschulen und Öffentlichkeitseinrichtungen (z.B. Museen) und Forschungs-

einrichtungen zusammengefasst, auf eine einheitliche Basis gestellt und allgemein zugänglich gemacht werden.

Durch die Entwicklungsarbeiten an der Professur Umweltbildung auf dem Gebiet digitaler Medien seit 1995 wurde ein inhaltlicher und didaktischer Vorlauf geschaffen, der nun in einem gesamtuniversitären digitalen Lehr- und Lernsystem vereinigt werden soll. Gleichzeitig soll dieses System auch außerschulischen Umweltbildungseinrichtungen sowie den Schulen zugänglich gemacht werden.

Projektbeschreibung

An der Universität Potsdam existieren auf der einen Seite zahlreiche Bemühungen zur Qualifizierung der Ausbildung auf dem Gebiet der Artenvielfalt, auf der anderen Seite müssen aus Kostengründen und Überlastung des Lehrpersonals z.B. die für zahlreiche Studienrichtungen im Grundstudium angesiedelten Bestimmungsübungen drastisch reduziert werden.

Von zahlreichen Lehrenden wie Lernenden werden regionale, nationale und internationale Praktika und Exkursionen durchgeführt, auf denen umfangreiches Material und wichtige Erfahrungen gesammelt werden. Diese Materialien und Ergebnisse sind außerhalb des Faches selbst an der eigenen Hochschule kaum bekannt und zugänglich. An einigen wenigen Stellen geht man gegenwärtig dazu über, zumindest digitale Dokumentationen nach größeren Exkursionen (vgl. z.B. die Chile-Exkursion der Geoökologen der Universität Potsdam 1999) zusammenzustellen.

Seit einiger Zeit stellt sich die Professur Umweltbildung der Aufgabe, diesen Informationsstock über digitale Kommunikationssysteme aufzuarbeiten, das Material zu systematisieren und didaktisch aufzubereiten, um mit seiner Hilfe entsprechende Adressaten zu unterstützen und die Änderung von Haltungen im Sinne der Umweltbildung anzuregen. In diesem Prozess entstehen Lehrmaterialien, die auch einer breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden können (und bereits wurden).

Wichtige Materialien liegen digitalisiert in umfangreichen Archiven vor. Die Arbeitsgruppe "Ausbildung" am Zentrum für Umweltwissenschaften hat begonnen, dieses Material nach den Erfordernissen der Lehre zu einem Lehr-Lernsystem zusammenzufassen. Ausgangspunkt war die Erarbeitung einer CD-ROM „Großökosysteme der Erde“, die von der Universität Potsdam bisher mit Mitteln aus HSP-III-Bestand gefördert wurde. Es zeigte sich bald, dass eine niveauvolle Bearbeitung die Möglichkeiten einer einzelnen Arbeitsgruppe übersteigt. In diesem Prozess ist die fachübergreifende Zusammenarbeit besonders wichtig.

Von besonderer Bedeutung sind die eindeutig geklärten Copyright-Rechte der verwendeten digitalisierten Medien, die eine spätere Kommerzialisierung bzw. Nutzung der Software über die engere universitäre Lehre hinaus möglich machen.

Die **Gemeinschaft zur Förderung der Umweltbildung** e.V. (GFU) hat es als ein an der Universität eingeschriebener gemeinnütziger Verein übernommen, die vorliegenden Ergebnisse und Erkenntnisse für **außerschulische Umweltbildungseinrichtungen** umzusetzen. Eine Umsetzung für das Lehren und Lernen auf der Ebene der Allgemeinbildung in Schulen soll über die entsprechenden **Fachdidaktiken** (besonders Geographie und Biologie) erfolgen.

Didaktisches Konzept

Moderne Kommunikationstechnologien geben heute Möglichkeiten zu völlig neuen didaktischen wie inhaltlichen Zugängen, die zu einer Revolutionierung der universitären Ausbildung führen könnten. Allerdings stehen wir gegenwärtig noch am Anfang einer nichtabsehbaren Entwicklung, in der besonders der Hochschuldidaktik eine besondere Rolle zukommt.

Eine vielzitierte These in der Ökologischen Bildung lautet "Nur was ich kenne, kann ich auch schützen". Zusammen mit der vielbeklagten fehlenden Artenkenntnis ergibt sich für die Umweltbildung

eine (biologisch geprägte) Aufgabe, die inhaltlich wie didaktisch in den letzten Jahrzehnten stark vernachlässigt wurde. In diesem Zusammenhang sei z.B. eines der zahlreichen Umfrageergebnisse der letzten Jahre zitiert: "Jungen der 5./6. Klasse erkennen 15 Automarken auf Anhieb – sind aber nicht in der Lage, 5 Zugvogelarten zu benennen". Es gehört allerdings weit mehr dazu als nur Arten zu benennen, um den Aufgaben zum Thema „Biodiversität“ im Rahmen einer nachhaltigen Entwicklung gerecht zu werden.

Insbesondere naturwissenschaftliche Fachbereiche bieten einige Veranstaltungen zur Vermittlung von Artenvielfalt an. Allerdings ist ein systematischer, das Studium durchziehender Ansatz bislang nicht zu erkennen: Vorhandene Angebote sind nur punktuell und nicht aufeinander bezogen. Materialien für das Selbststudium fehlen bisher weitgehend.

Ein wichtiger anderer Gesichtspunkt bezieht sich auf den Umgang mit digitalen Medien. Durch die Auseinandersetzung mit dem oben genannten Themenbereich werden auch Studenten einbezogen, die im Umgang mit digitalen Medien viel unbefangener sind als viele Hochschullehrer, so dass über diesen Weg die Beschäftigung letzterer mit modernen Medien intensiviert wird.

Dabei sind zwei Aspekte zu trennen. Einmal der didaktisch fundierte Einsatz bereits vorhandener digitaler Lernsoftware, zum anderen die aktive Medienarbeit, die zur Produktion fachspezifischer, auf einzelne Lehrveranstaltungen abzielende Lernsoftware führt. Gibt es bereits im ersten Falle zahlreiche Probleme, so erscheint die aktive Medienarbeit gegenwärtig auf breiter Ebene nicht realisierbar zu sein.

Schaut man sich die Situation der Hochschullehrkräfte an und betrachtet den Aufwand für multimediale Produkte, so kann dies auch nicht verwundern. Es ist nicht nur die Tatsache, dass für jüngere Kollegen derartig aufwendige Bemühungen in der Lehre einfach nicht karrierefördernd sind, sondern es sind auch die fehlenden Voraussetzungen auf technischem und inhaltlichem Gebiet. Selbst die relativ einfache digitale Aufarbeitung von Material (Töne, Videos, Bilder) ist sehr zeitintensiv und erfordert neben dem fachlichen auch technisches Wissen bezüglich Hard- und Software.

Die Vielzahl der für Umweltbildung und Fachbiologie relevanten Organismenarten stellt bei der **didaktischen Aufbereitung des Vermittlungsprozesses** eine wesentliche Hürde dar, die (wie die Vergangenheit deutlich zeigt!) mit konventionellen Lehr- und Lernmitteln nur schwer bewältigt werden kann. Für die Verdeutlichung von Zusammenhängen und Wechselbeziehungen müssen wesentliche Arten ausgewählt werden. Es kann dabei nicht um Vollständigkeit, sondern es muß um didaktische Vereinfachung gehen, so dass sich dem Nutzer ein erweiterungsfähiges, aber pädagogisch begründetes Mosaik erschließt.

Photos, Videos, Grafiken, Tierstimmen und Ton-Dia-Vorträge sind in der Lage, im technischen Rahmen angemessen die Einheit der Mannigfaltigkeit der Organismen in wirksamerer Weise zu vermitteln als dies mit konventionellen Lehrmethoden möglich ist.

Es ist ein generelles Problem, die Auswahl der Organismenarten aus der Fülle der umfangreichen Archive so zu treffen und so aufzubereiten, dass der Nutzer sowohl Informationen zu ausgewählten Arten selbst, im Zusammenhang eines Lebensraumes als auch Anregungen zum Überdenken eigener Einstellungen und Haltungen erhält. Durch die Zentrierung auf die Biodiversität am Beispiel solcher regional bedeutender Ökosysteme wie z.B. Wald erlebt der Nutzer u.a. auch die aus dem Artenverlust resultierenden Konsequenzen.

Durch unterschiedliche Menüs, hohe Interaktivität und die Möglichkeit, zu den einzelnen Bildschirmseiten eigene Notizen einzutragen, ergibt sich in dem Projekt für eine integrative Lehre ein hoher Grad an Selbsttätigkeit besonders im Rahmen des Selbststudiums. Möglichkeiten der Erfolgskontrolle – auch auf spielerischer Basis – können den erfolgreichen Umgang mit der Lernsoftware verstärken. Da bereits die bisherigen Inhalte das Fassungsvermögen einer CD-ROM weit überschreiten, ist an eine Reihe von CD-R gedacht, die über eine Eingangs-CD-R verwaltet werden. Diese Start-CD soll ent-

sprechend mächtige Suchmaschinen enthalten, die dann auf die spezielle CD-R verweisen. Bei Abschluss eines neuen Kapitels ist die Start-CD jeweils zu aktualisieren. Sie soll auch recherchierbare Inhaltsübersichten aller vorliegenden Lernmittel enthalten.

Ein wesentlicher Aspekt sollte dabei Anregung und Unterstützung von Selbststudium sein, so dass auch in den stark gekürzten Lehreinheiten (z.B. Bestimmungsübungen) die erforderliche Wissensvermittlung sichergestellt werden kann. Selbst von einem Biochemiker und Genetiker sollte erwartet werden können, dass er über systematische Stellung und ökologischen Stellenwert des von ihm bearbeiteten Materials informiert ist.

Zwischen konventionellen Lernhilfen (z.B. Dias, Ton-Dia-Serien, Videofilme) und multimedialen Lernsystemen stehen Welten. Der von der Professur Umweltbildung im Auftrag des NABU hergestellte **Videofilm** „Chancen für einen naturnahen Wald“ (1997) mag als Beispiel dafür dienen, dass die didaktischen Gestaltungsmöglichkeiten stark von der Wahl des technischen Mediums bestimmt werden. Trotz seines modulären Aufbaus ist das 60-minütige Video mit seinen zahlreichen Darstellungen relevanter Inhalte in der praktischen Lehre (Schule und Hochschule) kaum effektiv einzusetzen, da die Selektion der Fakten für den Multiplikator zu aufwendig ist und selbst ein speziell aufbereiteter Film für die individuellen und regional unterschiedlichen Ansprüche nur sehr bedingt geeignet ist. Eine multimediale Software wie z.B. die für das MELF entwickelte „Wald-CD“ erlaubt es dank ihrer mächtigen Suchmaschine, innerhalb von Sekunden den gewünschten Inhalt aufzurufen. Daneben bietet es weitere Zugangsmöglichkeiten und zahllose Querverweise zu verschiedenen inhaltlichen Aspekten (Vgl. den Beitrag von R. WIPPER in diesem Heft!).

Ein wirklich effektiver Umgang mit dem Thema Biodiversität erfordert v.a. an der Universität einen vielschichtigen Zugang zu den Inhalten, der ständig wechselnden Gesichtspunkten und Ansprüchen gerecht wird. Ansonsten kann nicht davon ausgegangen werden, dass das Material von Studenten im Selbststudium benutzt wird. Ausgehend von einer Vermittlung in Vorlesungen erstreckt sich die Auseinandersetzung mit dem Problem „Erhalt der Artenvielfalt“ auf viele interdisziplinäre Ansätze in verschiedenen Fachrichtungen. Stellvertretend seien nur Themen wie Artenhalt, Naturschutz, Landschaftspflege, Bodennutzung, Naturhaushalt, Umweltmanagement, Umweltgifte, genetische Ressourcen usw. genannt, die in Vorlesungen, Seminaren, Hausarbeiten, Praktika sowie vielfältigen Exkursionsaktivitäten aufgegriffen werden. Die in diesen Themen oft nur marginal auftretenden Arten sind den meisten Studierenden nicht bekannt, so dass eine wesentliche Säule des Wissens (das v.a. für die Entwicklung von Haltungen wichtig ist!) ausgespart bleibt.

Das didaktische Konzept zur Vermittlung von Artenkenntnissen in diesem Kontext beruht im Wesentlichen auf der digitalen Aufbereitung von Archivmaterial (dass gegenwärtig zum großen Teil noch völlig unaufbereitet bei den einzelnen Einrichtungen und Spezialisten liegt) sowie der interdisziplinären Nutzung und Weiterentwicklung multimedialer interaktiver Software, wobei der Kristallisationspunkt der Bemühungen die bisherigen Materialien der Professur Umweltbildung am Zentrum für Umweltwissenschaften sind (s.u.).

Technisches Konzept

Da die Belastung der Hochschullehrer an den Universitäten sehr hoch ist, gibt es große Schwierigkeiten bei der Eigenentwicklung arbeitsintensiver interaktiver multimedialer Software. Kraft (und Willen) der Fachspezialisten reichen bestenfalls für eine kurze Zusammenstellung ihrer Ergebnisse, die in der Regel anderen Kollegen kaum zugänglich sind und in der eigenen Lehre oft nur ephemere und punktuell eingesetzt werden.

Zusätzlich gibt es eine Reihe von technischen Hindernissen und Erschwernissen:

Da sind zunächst Probleme bei der technischen Ausstattung, die sich v.a. bei der Präsentation digitaler Lehrmaterialien bemerkbar machen (z.B. Verfügbarkeit leistungsfähiger Laptops und digitaler Projektoren, Internetanschluß im Unterrichtsraum) – ein Zustand, der in absehbarer Zeit behoben sein dürfte.

Allerdings trägt der gegenwärtig schlechte Istzustand nicht dazu bei, das Interesse der Hochschullehrer an Einsatz und Entwicklung digitaler Medien zu steigern!

Um die Kräfte zu bündeln und subjektive Defizite einzelner Lehrkräfte auf dem Sektor der technischen Entwicklung von multimedialen Lehrkomponenten abzubauen, hat die Arbeitsgruppe "Ausbildung" am Zentrum für Umweltwissenschaften ihre Arbeit auf das Gebiet der digitalen Medien ausgedehnt. Um den Aufwand der Hochschullehrer möglichst gering zu halten, wurden von der Professur Umweltbildung mit der Software-Entwicklungsfirma mediagreen GmbH mehrere Grundstrukturen programmiert, die in einfacher Weise nach Vorgabe der Spezialisten (der seine Aufmerksamkeit auf den Inhalt konzentrieren kann) auch von Studenten mit Inhalten gefüllt werden können.

Die Einführung der potenziell beteiligten Lehrkräfte in die erforderlichen digitalen Techniken sollte kein wesentliches Problem darstellen, da für die Studenten bereits entsprechende Lehrveranstaltungen z.B. in der Themeneinheit „Umweltkommunikation II“ des Magisterstudienfachs Umweltwissenschaften entwickelt wurden. Dabei ist es durchaus denkbar, dass sich der Hochschullehrer aus den technischen Details völlig heraushält und sich allein auf die Anleitung der Studenten in inhaltlichen Details beschränkt.

Als **Pilotbeispiele** seien die Softwaresysteme „**Ökosystem Wald – Biodiversität in Brandenburg**“, „**Sensible Ökosysteme: Kesselmoore in Brandenburg**“ und „**Biodiversität in Großökosystemen der Erde**“, „**Döberitzer Heide und Ferbitzer Bruch**“ und „**Großschmetterlinge in Brandenburg**“, die in unterschiedlichen Bearbeitungsebenen vorliegen, genannt. Auf der Grundlage dieser unterschiedlich programmierten Lernsoftware wurde begonnen, ein standardisiertes Grundmodell zu entwickeln, das auch internetfähig ist. Es sei aber darauf hingewiesen, dass wegen der geringen Leistungsfähigkeit der heutigen Netze eine 1:1 Umsetzung wegen des hohen Anteils speicherintensiver Bestandteile (v.a. Farabbildungen, Grafiken und Videos) und wegen der Copyrightproblematik noch nicht möglich ist.

Es lassen sich aber für die Ausbildung wichtige Bestandteile im HTML-Format auskoppeln. Diese Netzversionen müssen in einem inhaltlichen und qualitativ stark reduzierten Format erstellt werden. Obwohl die Autorensoftwaresysteme intensiv auf eine unkomplizierte Konversion von Netzvarianten hinarbeiten, sind wirklich komplizierte Anwendungen z.B. mit Active-X-Implementen auf Knopfdruck noch nicht konvertierbar.

Zielgruppen, Lehr- und Lernziel

Durch die starken Defizite auf dem Gebiet der Artenkenntnis in allen Bevölkerungsschichten müssen auf allen Ausbildungsebenen die Bemühungen verstärkt werden. Zugegebenermaßen hat dieses Thema kaum irgendwo, nicht einmal im Referat Artenschutz des Umweltministeriums, eine Lobby. Offensichtlich sind die Defizite inzwischen so groß, dass man die Problematik nicht mehr zur Kenntnis nehmen will. Vor 40 Jahren hat R. CARSON mit ihrer Vision von einem „Stummen Frühling“ die Umweltbewegung mit ausgelöst. Heute hat man den Eindruck, dass sich Politiker mehr für neue Automarken denn für den Erhalt von Organismenarten engagieren. Man sollte aber nicht übersehen, dass ein Schlüssel für diese Fehlentwicklung in der Hochschulausbildung liegt. Ein Lehrer, der während seines Studiums auf diesem Gebiet nichts gelernt hat, kann den Kindern auch nichts beibringen. Er wird sich hüten, mit den ihm anvertrauten Schülern in die Natur zu gehen, wo ihm (bedingt durch den hohen Wissensdurst der Kinder!) nur Blamagen drohen. Hektisches Herumblättern in bunten Bilderbüchern mit tausenden von Pflanzen und Tieren hilft (im Ggs. zu biochemischen und genetischen Themen!) nicht sehr viel. Die Gründe dafür sind vielschichtig und können nicht Gegenstand dieser Darstellung sein.

Dabei sollten wir verstärkt versuchen, die Lücken zu schließen, die durch die Vernachlässigung dieser Themen besonders auf dem Gebiet der ehem. DDR entstanden sind und die auch heute noch vom schulischen Bildungssystem nur unzureichend beachtet werden.

Seit der Gründung der Universität Potsdam im Jahre 1992 wird Umweltbildung als ein interdisziplinäres System für Studenten aller Fachrichtungen als Zusatzstudium angeboten (sog. Studienmodul Umweltbildung). Hinzu kam ein Magisterstudiengang "Umweltwissenschaften" im Nebenfach mit hohen Anteilen an Umweltbildung und Kommunikationsbestandteilen, die sich besonders auf digitale Medien beziehen.

Daneben hat die Professur Umweltbildung zahlreiche Kooperationen mit Umweltbildungszentren und Umweltorganisationen (z. B. Schutzgemeinschaft Deutscher Wald, Naturschutzbund Deutschland, Naturschutzjugend Deutschland, Bund für Umwelt und Natur, Grüne Liga, Waldschulen, Vereinigung Deutscher Gewässerschutz) aufgebaut. Besonders hervorzuheben ist dabei der Arbeitskreis "Wald & Bildung" des Landesverbandes Brandenburg der Schutzgemeinschaft Deutscher Wald e.V., mit dessen Hilfe v.a. die geeigneten Softwaresysteme in der Praxis evaluiert werden.

Hier gibt die Professur Umweltbildung v.a. im Themenbereich moderne Medien Unterstützung und bietet durch die Organisation von Workshops auch bundesweit Diskussionsansätze und praktische Beispiele an.

Inhalte und Struktur

Es liegt auf der Hand, dass das hier dargestellte System nur ein Teilsystem sein kann, das sich aber gut in die anderen Bemühungen zu einer multimedialen Lehre eingliedert. Wesentliche Teile des oben skizzierten „Lehrverbundes als Gesamtsystem" sind:

- Zentrale Archivierung von Bild-, Ton- und Videomaterial auf Grundlage geeigneter Archivierungssysteme. Dieses Archiv steht allen potentiellen Nutzern unter Berücksichtigung des Copyrights offen. Das bedeutet, dass für nichtkommerzielle Lehrzwecke freier Zugriff bei Angabe der Autorschaft besteht. Bei einer kommerziellen Nutzung muss mit den Autoren nachverhandelt werden. Auf dieser Geschäftsgrundlage ist nach unseren Erfahrungen der Aufbau eines leistungsfähigen Archivs ohne großen materiellen Aufwand möglich. Eine qualitätsreduzierte ausgewählte Anzahl von Daten könnte im Internet bereitgehalten werden. Es sei in diesem Zusammenhang noch einmal daran erinnert, dass gerade diese Medien ein Engpass bei der Nutzung der Software über die Hochschule hinaus sind. Setzt man Durchschnittspreise an (ein Bild z.B. mindestens 40 DM, 1 Minute Video 1000 DM), so liegt der Wert z.B. der bereits erwähnten „Wald-CD“ bereits bei weit über 300 000 DM).
- Schaffung einer geeigneten Programmierplattform mit Hilfe der aus der Universität Potsdam ausgegliederten Softwarefirma „mediagreen GmbH“ auf der Grundlage bereits bestehender Materialien. Mit deren Hilfe können Studenten und Lehrkräfte ohne großen Aufwand für die Lehre geeignete Präsentationen schaffen, die sich in ein Gesamtsystem (Lehrverbund) als Lehrmodule eingliedern lassen.
- Ergänzt werden soll diese Plattform durch ein zentrales Programm unter dem Titel „Artenvielfalt in Großökosystemen der Erde“, wie es bereits in Teilen vorliegt. In diesem System soll das an den beteiligten Einrichtungen vorliegende und künftig zu sammelnde Material verarbeitet werden. Der Bearbeitungsstand hängt vom Zeitbudget und den Zielen der Bearbeiter selbst ab und reicht von „anspruchsvoller Archivierung“ bis zu komplexen animierten Lehreinheiten. Ausgewählte Lehreinheiten werden im Rahmen des Ausbildungsbestandteiles „Umweltkommunikation II“ des Magisterstudienganges „Umweltwissenschaften“ unter fachlicher Anleitung von Spezialisten bearbeitet. Bestandteile dieses Systems sind bereits fertiggestellt, befinden sich in Arbeit oder in der Planung. Wichtige Entwicklungsarbeiten sind neben den Inhalten auch bei der Programmierung zu leisten, um ein hohes Maß an Bedienkomfort zu gewährleisten. Im wesentlichen geht es um die Beseitigung der während der bisherigen Evaluation erkannten Schwachstellen und Fehler.
- Einen Schwerpunkt sollte die bereits als Schwachstelle in der universitären Lehre beschriebenen „Bestimmungsübungen“ bilden. Mit Hilfe von Studenten könnten bestimmte Schlüsselgruppen

multimedial speziell für den Bereich des Selbststudiums aufgearbeitet werden. Die Themenwahl hängt vom Arbeitsaufwand und dem Interesse der jeweiligen Institutionen ab. Für einen Einstieg würde sich ein multimediales Bestimmungssystem anbieten, das aktuelle Engpässe an der Universität Potsdam überwinden helfen würde und von dem gleichzeitig Impulse für weitere Lehrinhalte ausgehen könnten. In diesem Bereich wären Forschungsinstitute wie z.B. das DEI in Eberswalde willens und in der Lage, Hilfe zu leisten.

Einsatzbereich

Seit 1997 laufen die Versuche zur Einführung multimedialer Lehrprogramme in Vorlesungen und Oberseminaren sowie Praktika. Zunächst wurden Einheiten auf der Grundlage von PowerPoint, später Astound für die Vorlesungen „Globale Probleme“, „Ökologie für Nichtbiologen“ und „Umweltbildung“ entwickelt. Auf der Grundlage dieser Erfahrungen (die zunächst nicht durchgängig positiv zu beurteilen waren!) ist der Einsatz derartiger Präsentationen inzwischen Routine geworden und auch Studenten bedienen sich mehr und mehr dieser Mittel. Daneben entstanden umfangreiche CD-ROMs (s.u.) zur Biodiversität verschiedener wichtiger Lebensräume.

Diese Potentiale gilt es zukünftig stärker als bisher interdisziplinär auch für die Studiengänge Geoökologie, Biologie (Diplom und Lehramt), Grundschulpädagogik und für die Lehrämter Erdkunde der Sekundarstufen I und II zu nutzen. Insbesondere die Lehramtsstudenten erlernen dabei nicht nur den sinnvollen Einsatz moderner Medien, sondern entwickeln Kenntnisse (mit Hilfe der zur Verfügung gestellten Tools) zur Erstellung von fachübergreifender Unterrichtssoftware.

Der interdisziplinären Arbeitsgruppe “Ausbildung” am Zentrum für Umweltwissenschaften gehören Spezialisten aus verschiedenen universitären Instituten und Einrichtungen an: Institut für Geographie, Abteilung Didaktik der Geographie; Institut für Geoökologie, Professur für Landschaftspflege und Bodenkunde; Institut für Spezielle Biologie und ihre Didaktik; Institut für Grundschulpädagogik, Professur für Sachkunde; Zentrum für Umweltwissenschaften, Professur Umweltbildung und Australienzentrum. Weitere Bereiche haben ihr Interesse bekundet bzw. sollen noch gewonnen werden.

An der Fachhochschule Eberswalde wird im Bereich der Umweltkommunikation besonders mit unseren Software-Paketen “Kesselmoore in Brandenburg” und “Döberitzer Heide” in der Ausbildung gearbeitet. Hier besteht bereits seit Jahren eine Kooperation im Bereich der Lehre zur Umweltbildung und Umweltkommunikation.

Im Lande Brandenburg wird die Software (v.a. Kesselmoore, Waldökosysteme) besonders intensiv in den Umweltbildungseinrichtungen von Schutzgemeinschaft Deutscher Wald (v.a. Waldschulen) und Naturschutzbund Deutschland (Öffentlichkeitszentren) genutzt, weil einerseits die Möglichkeit einer didaktisch strukturierten, wissenschaftlich fundierten Information und Aufklärung und andererseits dem Nutzer Anstöße zum Überdenken eigener Haltungen und Verhaltensweisen gegeben werden. Im sog. Agenda-21-Haus der Döberitzer Heide soll mit Hilfe der Universität Potsdam ein internationaler virtueller Knotenpunkt zum Thema „Konversion“ eingerichtet werden, wobei die Biodiversität ein zentrales Thema sein wird.

Die Studenten des interdisziplinären Moduls “Umweltbildung” und des Magisternebenfachs “Umweltwissenschaften” erhalten digitale Studienmaterialien (Vorlesungen, Material für Oberseminare etc.) als CD-ROM zum Selbstkostenpreis. Die CD ist offen, so dass weitere Bestandteile, z.B. auch Eigenentwicklungen der Studenten, aufgenommen werden können.

Evaluation

Die Evaluation erfolgt speziell in den Lehrveranstaltungen, für die die entsprechende Software zugeschnitten ist. Ein neuer Aspekt bei diesem Projekt ist es, die Evaluation mit spezieller Berücksichtigung möglichst kosteneutraler Änderungen an weitere Lehrveranstaltungen anzupassen. Dies dürfte eine Schlüsselfrage für eine weitere Verbreitung der Lernsoftware an anderen Hochschuleinrichtungen

sowie schulischen und außerschulischen Einrichtungen sein. Die potentiellen Lehrkräfte sollen in die Lage versetzt werden, vorliegende Lerneinheiten selbständig nach ihren Wünschen zu verändern (erweitern, kürzen, ergänzen, präzisieren...).

Profil der Projektpartner und Aufgabenzuordnung.

Folgende Partner mit folgenden Kompetenzen sind am Projekt beteiligt:

Software: Die Software-Entwicklungsfirma mediagreen GmbH war an der Entwicklung der bisherigen Projekte beteiligt, verfügt über die entsprechenden Erfahrungen und ist in der Lage, auf der Grundlage der bisherigen Programme eine kontinuierliche Weiterentwicklung zu gewährleisten.

Didaktik: Der Didaktiklehrstuhl der Geografie an der Universität Potsdam, die Arbeitsgruppe „Ausbildung“ am ZfU und die Professuren für „Grundschuldidaktik“ und „Umweltbildung“ sowie die Arbeitsstelle Medienpädagogik sichern die didaktische Qualität des Materials.

Inhalt: An der inhaltlichen Ausrichtung sind folgende Partner beteiligt:

- Zentrum für Umweltwissenschaften
- Professur Umweltbildung
- Institut für Spezielle Biologie an der Universität Potsdam
- Institut für Geoökologie an der UP

Ausseruniversitäre Partner

- Universität Kiel, Ökologie-Zentrum
- Universität Greifswald, Institut für Zoologie
- Technische Universität München, Forstwissenschaftliche Fakultät
- Gemeinschaft zur Förderung der Umweltbildung e.V.
- Deutsches Entomologisches Institut (Blaue-Liste) Eberswalde.
- Verlag „Natur & Text“ Rangsdorf

Motivation für die Entwicklung

Die Kultus-Minister-Konferenz stellte fest, dass die Einführung digitaler Medien in der Hochschulbildung in Deutschland von motivierten Einzelkämpfern getragen wird. Die Universitäten versuchen ihrerseits mit wechselndem Erfolg, diese Einzelbemühungen miteinander zu verknüpfen und in ihrem Rahmen zu fördern. Ausschlaggebend bei dieser Entwicklung sind vor allem in der jetzigen Entwicklungsetappe tragfähige Inhalte, die mit digitalen Medien optimal transportiert werden können. Der alleinige Transport von Text (z.B. in Form der immer beliebter werdenden PowerPoint oder Astound - Applikationen) kann nicht das Ziel einer multimedialen Lehre sein. Texte, Grafiken, Bilder, Töne, Videosequenzen müssen in multimedialen Lehr- und Lernsystemen zur Verdeutlichung komplexer Zusammenhänge nicht nur herangezogen werden, sondern ihr Einsatz muß auch didaktisch wie inhaltlich erforderlich sein, um zu einer Effektivierung des Lernerfolges beizutragen.

Es muß an einer Universität Kristallisationspunkte der multimedialen Lehre geben, da für den einzelnen, isolierten Fachwissenschaftler der Aufwand so groß ist, dass bei fehlender Hilfe und mangelnden Voraussetzungen der Einstieg eher demotivierend ist. Überzeugungsarbeit kann nur durch das Beispiel wirksam werden.

Förderung

Der Beginn des Projektes wurde durch eine geringe Förderung aus HSP III sowie der Tatsache ermöglicht, dass in der Vergangenheit einige größere Projekte (z.B. die Multimediaprojekte „Naturausstattung Döberitzer Heide / Ferbitzer Bruch“ sowie „Biodiversität Brandenburger Waldökosysteme“) gefördert wurden, auf deren Material und Know How in dem dargestellten Projekt zurückgegriffen werden konnte.

Eine beabsichtigte bundesweite Ausdehnung des Projektes wird durch einen weiterführenden Projektantrag an das BMBF im Rahmen der Ausschreibungen „Neue Medien in der Bildung“ angestrebt.

Anschrift des Autors

Prof. Dr. Klaus-Peter Berndt
Universität Potsdam
Zentrum für Umweltwissenschaften
Park Babelsberg 14
14482 Potsdam

Hochwasser im Kontext. Zur Rekonstruktion des Oderhochwassers 1997 in Brandenburg und seiner Folgen

C. Felgentreff

Zusammenfassung

Das Sommerhochwasser der Oder von 1997 hat in Brandenburg eine Vielzahl von Aktivitäten ausgelöst, die darauf abzielen, den Hochwasserschutz zu optimieren. Durch die Analyse von Printmedien, durch Expertengespräche und durch standardisierte Befragungen von Flussanwohnern soll der Impact dieses Hochwassers auf die bundesrepublikanische und auf die lokale Gesellschaft untersucht werden. Dabei geht es speziell um die in der Öffentlichkeit diskutierten Handlungsoptionen und deren unterschiedliche Präferenzierung.

Summary

The 1997 flood of the Odra river has triggered manifold activities meant to improve flood protection in the Land Brandenburg. By analysis of newspaper articles, expert interviews and a questionnaire the project deals with the impact of this flood on society. Thereby, its focus is laid on the public debate of possible strategies and differing preferences.

Projektbeschreibung

Das Sommerhochwasser 1997 der Oder hat nicht nur bei den direkt oder potenziell betroffenen Flussanwohnern eine nachdrückliche Verunsicherung hinsichtlich der Sicherheit ihrer Lebensumstände bewirkt, sondern auch eine breite öffentliche Diskussion entfacht, mit deren Aufarbeitung und Analyse sich dieses noch nicht abgeschlossene Projekt befaßt. Zentrale Themen der im Zuge des Hochwasserereignisses in den Medien geführten Debatte war neben der Diskussion von Handlungsoptionen die Auseinandersetzung mit den vermuteten Ursachen des Hochwassers und der Hochwasserschäden. Im Ergebnis wurde in dieser Debatte über nicht weniger als die Zukunft der Oder-Region entschieden, und zwar mit explizitem Hinweis auf die als gefährlich erkannte Umweltsituation in den Niederungsgebieten entlang des Flußlaufs. Aus sozialgeographischer Perspektive untersuchenswert ist dabei vor allem der Weg – d.h. der Diskussionsprozess –, der vom konkreten Hochwasserereignis zu den inzwischen eingeleiteten und noch geplanten Anpassungsmaßnahmen an die Hochwassergefahr zurückgelegt worden ist: Welche Schlüsse werden aus den Ereignissen gezogen, wie wird der konstatierte Handlungsbedarf begründet, welche Handlungsoptionen werden angeführt, welche liegen außerhalb des Spekulationshorizonts der Beteiligten, welche werden fallengelassen, welche tatsächlich realisiert?

Der Analyse zugrundegelegt wird dabei ein Konzept der so genannten Naturkatastrophen, dass diese nicht als extreme und unvorhersehbare Ereignisse interpretiert, sondern als der Interaktion von Gesellschaft und Umwelt immanent. Sie ereignen sich an der Schnittfläche dieser beiden Systeme und sind Ergebnis ihrer Interaktion.

Der bisherige Bearbeitungsstand des Projekts legt als vorläufiges Ergebnis die Interpretation nahe, dass ein weitreichender gesellschaftlicher Konsens bezüglich der prinzipiell natürlichen Verursachung besteht, dass also hohe Wasserstände als natürliche Zustände des Wasserkreislaufes anzusehen sind. Diese Auffassung wird grundsätzlich auch zugrundegelegt, wenn – wie im Sommer 1997 – auf eine außergewöhnliche meteorologische Situation im oberen Einzugsgebiet verwiesen wird und auf die darauf zurückzuführenden außergewöhnlich großen Wassermassen. Dass es jedoch in diesem Falle zu einer ernstgenommenen Bedrohungssituation bis hin zu Überflutungen und Schäden kam, wird mehrheitlich als kaum vorhersehbar und nicht tolerierbar aufgefasst und scheint weniger der natürlichen Umwelt als vielmehr menschlichen Handlungen und Unterlassungen zugerechnet zu werden. Thematisiert werden in diesem Zusammenhang vermutete Defizite des Katastrophenmanagements, menschliche Einflussnahme auf die Entstehung der Flutwelle (Waldsterben, globaler Klimawandel, Flächenversiegelung, Eingriffe in das Gewässersystem/Flussbegradigungen, fehlende Retentionsflächen etc.) sowie der (Erhaltungs-)Zustand der technischen Hochwasserschutzanlagen und deren Dimensionierung.

Die Mehrzahl der in den Medien verbreiteten Stellungnahmen und Bewertungen von Experten, Politikern, betroffenen Flussanwohnern und Kommentatoren legen den Schluss nahe, dass die Gefahr von Hochwassern minimierbar sei, wenn nur die entsprechenden Bemühungen intensiviert würden; mitunter scheint auch angenommen zu werden, dass das Problem Hochwasser grundsätzlich eliminiert werden könne. Der mit Blick auf die Zukunft jeweils artikulierte Handlungsbedarf (etwa: die Deiche müssen ertüchtigt werden, es müssen mehr natürliche Retentionsflächen geschaffen werden, die Vorhersage muß zuverlässiger werden, das Krisenmanagement besser vorbereitet sein, die internationale Kooperation intensiviert werden etc.) ist gleichzeitig Erklärung für die Probleme, mit denen man sich 1997 konfrontiert sah: wäre die Abflusskapazität rechtzeitig optimiert worden, wären die Deiche besser unterhalten worden, (...), dann hätte es 1997 keine oder deutlich weniger Probleme mit dem Hochwasser gegeben.

Handlungsbedarf wird vor allem hinsichtlich der Einflussnahme auf das Abflussgeschehen konstatiert: Präferiert werden hierbei eindeutig Handlungsstrategien mit dem Ziel, die erkannte Gefahr an die Nutzung der Niederungsgebiete anzupassen. Hierbei steht vor allem die Ertüchtigung der vorhandenen Deiche im Vordergrund. Komplementäre Strategien, die auf eine Anpassung der (gesellschaftlich gesteuerten) Nutzung der potenziell überflutungsbedrohten Gebiete an eben diese erkannte Naturgefahr abzielen, wurden in der öffentlichen Debatte allenfalls von Außenseitern vertreten und spielen in der Palette der bisher ergriffenen Hochwasserschutzmaßnahmen im Land Brandenburg eine eher untergeordnete Rolle.

Anschrift des Autors

Dr. C. Felgentreff
Universität Potsdam
Institut für Geographie
Pf 60 15 53
D-14415 Potsdam
E-mail: felgentr@rz.uni-potsdam.de

Entwicklung von Multimedia-Bausteinen zur Ökologischen Grundbildung

H. Giest, W. Walgenbach

Zusammenfassung

Im Mittelpunkt der auf nationaler und internationaler Kooperation beruhenden Projektarbeit steht die Entwicklung, Evaluation und Implementation von webfähigen Multimedia- Anwendungen für die ökologische Grundbildung in pädagogischen Aufgabenfeldern (Studium, Unterricht, Jugendarbeit). Auf der Grundlage einer Weiterentwicklung der Theorie der kategorialen Bildung (Klafki) wird das Grundverhältnis von Mensch - Natur thematisiert. Dies erfolgt unter der Zielstellung, mit den Mitteln der Bildung dazu beizutragen, dass dieses Verhältnis nachhaltig in Richtung einer Allianz zwischen Mensch und Natur entwickelt wird. Hierzu wird die auf E. Bloch zurückgehende Triade (Naturzwang, Naturbeherrschung, Naturallianz) im Baustein thematisiert und in konkreten Lernprozessen entwickelt.

Summary

In the center of the project which is based on an national and international cooperation is the development, evaluation and implementation of web based multi- media applications for ecological education in pedagogical scopes of duties (study, school-classroom, open education). On the basis of the further developed theory of the 'kategoriale Bildung' (Klafki) the approach is focused on the basic relation between mankind and nature. It is our aim to make a contribution to the development of this relation in the direction of an alliance between men and nature by the means of education. This will be done by focussing the learning process on pointing out and developing an idea of E. Bloch, who characterized the development of the relation between man and nature in history first by the rule of nature over man, second by the rule of man over nature and third (and to realize in the future) by the alliance between man and nature.

Projektbeschreibung

Problemlage

Die Besonderheit (und evtl. das Innovative) dieses Projektes besteht darin, dass das Bildungsziel der ökologischen Grundbildung nicht an sich, sondern verbunden mit anderen Bildungszielen (u.a. Dialog- und Gestaltungsfähigkeit in einer sich verwissenschaftlichenden Gesellschaft bzw. modernen Wissensgesellschaft) thematisiert wird. Der Ansatz gewinnt dadurch, über die Anliegen ökologischer Grundbildung hinaus, prinzipielle Bedeutung für die Gestaltung von Bildungsprozessen in schulischen und außerschulischen Kontexten.

Im Mittelpunkt der Forschungsarbeit im Projekt steht die Evaluation und Weiterentwicklung eines für die ökologische Grundbildung als besonders geeignet erscheinenden Bildungskonzepts („kategoriale Bildung“) und seiner lern- und entwicklungspsychologischen Prämissen. Weder das Bildungskonzept selbst, noch die ökologische Grundbildung sind per se an moderne elektronische Medien gebunden. Oft werden diese von ambitionierten Ökopädagogen als dem Anliegen ökologischer Bildung kontraproduktiv gegenüberstehend betrachtet. Dennoch besteht eine bedeutsame Herausforderung darin, Möglichkeiten aber auch Grenzen der Nutzung moderner elektronischer Medien für die Effektivierung und Optimierung von Bildungsprozessen mit Blick auf individuelles und kollektives Lernen zu ermitteln. Computer, Multimedia und Web sind hier nicht Ausdruck eines sich aus der Entwicklung der postmodernen Gesellschaft ergebenden "Muss", noch des Genügenswillens von Modernitätsansprüchen, sondern sie sollen in ihrer Eigenschaft als (möglicherweise) potente Lernmittel untersucht und weiterentwickelt werden.

Ökologie ist per se eine interdisziplinäre Wissenschaft. Ökologische Grundbildung hat sich daher dem Gedanken der Interdisziplinarität zu verpflichten. Für die ökologische Grundbildung sind solche Kompetenzen wie das Denken in komplexen Zusammenhängen/Systemdenken, interdisziplinäres, globales Denken, das Überwinden der Monokausalität im Denken, aber auch die Entwicklung einer Naturästhetik/der Liebe zur Natur sowie (auf ökologisches Handeln gerichtete) reflexive Gestaltungskompetenz essentiell. Computerbasiertes Lernen, multimediale Anwendungen und das World Wide Web bieten die (potenzielle) Möglichkeit, komplexe, systemhafte Lerngegenstände zu präsentieren und vernetztes Denken bzw. Lernen zu stimulieren (Hypertext, "Verlinkung"), komplexe Sachverhalte anschaulich lern- und erfahrbar zu machen (Simulation, multimediale Repräsentation) sowie die internationale (grenz- und kontinentüberschreitende) Kommunikation (e-mail-Kommunikation) zu fördern. Diese Möglichkeiten und Potenzen entfalten elektronische Medien jedoch nicht aus sich heraus, sondern sie müssen fachlich und pädagogisch (auch lern- und kognitionspsychologisch) fundiert erschlossen werden.

Auf dem Markt findet man gegenwärtig ein (auch oftmals ökologische Themen berücksichtigendes) großes Angebot an Software, welches in den meisten Fällen ohne eine ausreichend begründete pädagogische Konzeption und in der Regel ohne Evaluation im Einsatzfeld angeboten wird (Meier 1995, Kohrt 1995, Fricke 1995). Insbesondere liegt den angebotenen (Lern-) Programmen häufig kein lerntheoretisches Konzept zugrunde. In diese Lücke zielt das Projekt, indem in ihm versucht wird, multimediale, webfähige Bausteine für die ökologische Grundbildung zu entwickeln, die a) fachlich (Ökologie), b) bildungstheoretisch (Theorie der kategorialen Bildung) und c) lerntheoretisch (Theorie der Lerntätigkeit und ihrer Ausbildung und Entwicklung) fundiert sind und mit Blick auf die zugrunde liegenden Theorieansätze evaluiert werden können.

Anliegen des Projekts

Anliegen des Projekts sind die Entwicklung, Erprobung und Evaluation von webfähigen Multimedia-Bausteinen für die ökologischer Grundbildung, welche es gestatten

- a) auf der Basis eines bildungs- und lerntheoretisch fundierten Konzeptes für die ökologische Grundbildung relevante Inhalte prototypisch im Rahmen fächerübergreifenden, -integrierenden, interdisziplinären Lehrens- und Lernens in verschiedenen Bildungskontexten umzusetzen
- b) bezogen auf das Lernen Prozesse der Selbstorganisation (Selbstentwicklung/ Autopoiese) anzustoßen (u.a. über die Förderung und Ausbildung heuristischen Denkens), mit dem Ziel, den Lernenden in die Lage zu versetzen, mit Blick auf ökologische Fragen und Probleme selbst Neues zu entdecken und weiterzulernen
- c) beispielhaft Ansätze für fächerübergreifendes, interdisziplinäres Unterrichten bzw. Lernen zu präsentieren.

Adressaten

Die Entwicklungsarbeiten erfolgen zunächst in zwei Richtungen. Im ersten Fall soll ein weiterer Adressatenkreis erreicht werden. Adressaten des Bausteins sind hier: Lehrende und Lernende in Bildungseinrichtungen, Mitglieder in politischen Gruppierungen (Parteien, Berufsverbände, Bürgerinitiativen, soziokulturelle Netzwerke o.Ä.), an Wissenschaft interessierte Laien oder Berufstätige, die in komplexen Arbeitszusammenhängen tätig sind. Es sollen hier im Kontext der ökologischen Bildung Orientierungen angeboten werden für den Umgang mit offenem und komplexem Wissen, für die Entschlüsselung komplexer Entwicklungen, für die Vertiefung auch in fremde Spezialisierungen bei gleichzeitiger bereichsübergreifender Integration (Kooperations- und Teamfähigkeit), für die Teilnahme an langfristigen Arbeitsprozessen, für Identitätsfindungen in komplexen Kontexten, für die Ausbildung von Wissen über Wissen und für die kreative Gestaltung möglicher Zukünfte ("konkreter Utopien").

Im zweiten Fall stehen Schule und Unterricht im Mittelpunkt der Entwicklungsarbeiten. Adressaten sind hier vor allem Schüler und Lehrer, die ihren Unterricht in Richtung auf fächerübergreifende Projekte im Kontext der ökologischen Grundbildung öffnen wollen.

Genutzt werden können die Bausteine zum Selbststudium und Lernen im Unterricht wie auch als Einführungs- und Begleitmaterial für Projekte in verschiedenen Praxisfeldern.

Konzeptionelle Grundlagen

Das dem Projekt und den hier entwickelten Multimedia Bausteinen zur ökologischen Grundbildung zugrunde liegende Bildungskonzept basiert auf einer Weiterentwicklung der Theorie der kategorialen Bildung (Klafki, 1993 vgl. auch Walgenbach 2000, Giest im Druck). Im Sinne des Fundamentalen werden Kategorien durch inhaltliche Abstraktion gewonnen, die den Ausgangspunkt für das Erfassen der Realität (hier bezogen auf das Verhältnis Mensch- Natur) auf theoretischem, wissenschaftlichen Niveau bilden sollen ("Aufsteigen vom Abstrakten zum Konkreten" - Dawydow 1977).

Schlüsselprobleme der Menschheit (hier das Verhältnis Mensch - Natur bzw. Mensch - Umwelt) werden exemplarisch an solchen (prototypischen) Gegenständen und Problemstellungen (z.B. Wasser) thematisiert, die eine große Erschließungskraft mit Blick auf das zu bearbeitende Grundproblem besitzen. Unter Bezugnahme auf E. Bloch (1959), der die Entwicklung des Verhältnisses der menschlichen Gesellschaft zur Natur als historische Triade von Naturzwang- Naturbeherrschung- Naturallianz kennzeichnet, werden Perspektiven für die Gestaltung einer Allianz zwischen Mensch und Natur entwickelt.

Die Anlage des Bildungsgangs orientiert sich an der Entwicklung menschlichen Wissens sowohl in historischer wie systematischer Sicht. Es werden Tätigkeitsfelder entfaltet, die von der alltäglichen Lebenswelt über Kunst und Naturwissenschaft aufsteigen zu den Formalwissenschaften, um dann über die Technologie wieder zur gesellschaftlichen Praxis zurückzukehren. Dadurch entsteht eine Interdisziplinarität, in der verschiedenartiges Wissen nicht nur additiv aneinander gereiht, sondern schrittweise entwickelt wird und immer aufeinander bezogen bleibt. Gleichzeitig wird ein Nachdenken über die Entstehung und Entwicklung von Wissen und damit Transdisziplinarität angeregt, verstanden als Erzeugung von Wissen über Wissen in einem Dialog von Wissenschaft und Gesellschaft.

Das eigentliche Bildungsziel besteht im Aufschließen für bzw. in der Entwicklung neuer, z.T. ungewohnter interdisziplinärer Sichtweisen auf das Verhältnis Mensch- Natur. Einerseits werden dazu Momente der Chaostheorie, Naturästhetik, Ökopädagogik als auch andererseits naturwissenschaftliches Wissen, Denk- und Arbeitsweisen aus der Physik und der Mathematik (als axiomatischer Wissenschaft) für die Bearbeitung des Themas fruchtbar gemacht. Insofern stellt das in den Bausteinen praktizierte Vorgehen eine mögliche Herangehensweise für fächerübergreifendes Lernen dar und entfaltet hier seinen besonderen didaktischen Wert.

Die Lern- Lehr- Konzeption des Bausteins wurde auf dem Hintergrund der psychologischen Didaktik (mit tätigkeitstheoretischer Ausprägung - vgl. Giest 1999a, b) entwickelt. Es wird versucht, objektive Anforderungen an ökologisches Handeln und Verhalten (u.a. systemisches und multikausales Denken) in Tätigkeit (adäquate Handlungskontexte) umzusetzen (z.B. über das Beschäftigen, den Umgang, die Bildung von Systemen). Hierzu werden als Lernmittel auf der Ebene begrifflichen Denkens dialektische Gegensatzpaare (z.B. Ordnung - Chaos, Bestimmen und Bestimmt werden) sowie Metaphern (z.B. "Das Flüssige ist das sensible Chaos" - Novalis) eingeführt. Auf der Ebene komplexen (systembildenden, sich mit Systemischem auseinandersetzen) Handelns werden die Lernenden in verschiedenen Gestaltungsanforderungen tätig. Diese umfassen systembildendes Arbeiten auf den Ebenen: Gestalten (Gewinnen von reflektierten Naturerfahrungen auf Phänomenebene), Beschäftigung mit Formen und Strukturen in der Natur, Erschließung grundlegender struktureller Eigenschaften der untersuchten Systeme in der Natur unter Nutzung der Computertechnik (Digitalisierung - Auseinandersetzung mit Texturen, Artefakten, Computersimulation - Entwicklung von Möglichkeitsfeldern für ökologisches Handeln und Gestalten - vgl. Walgenbach 1992) und schließlich Generieren konkreter Utopien für die Ausgestaltung des Verhältnisses Mensch- Natur und ihre Implementation in die Wirklichkeit. Der Lernweg ist zunächst durch Abstraktion (Ent-Deutung, inhaltliche Verarmung) bis hin zu mathematischen Systemen (Texturen - Punktsystemen) gekennzeichnet. Damit werden der Möglichkeitsraum für Be-Deutungen erhöht und die Voraussetzung für die Konkretisierung der gewonnenen fundamentalen Abstraktionen (Kategorien) mit Blick auf das Lösen konkreter Umweltprobleme (über konkrete Utopien hinausgehend) geschaffen, die es gestatten, den Lernweg zu vollenden. Ausgangs- und Endpunkt des Lernens ist die gesellschaftliche Praxis des Umgangs der Menschen mit der Natur mit dem Ziel des Gewinnens ökologisch sinnvoller und nachhaltiger Perspektiven für das Handeln.

Bislang entwickelte Bausteine

Bisher konnten zwei Bausteine entwickelt und in ersten Schritten evaluiert werden. Es handelt sich im ersten Fall um einen Baustein, der für die Erwachsenenbildung (Aus-, Weiter- und Fortbildung von Pädagogen) entwickelt wurde und der als Prototyp für die Umsetzung des zugrunde liegenden Bildungsansatzes anzusehen ist. Seine Entwicklung stützt sich auf praktisch bereits mehrfach erprobte Bildungsprojekte (in Schule, Universität, Jugendkunstschule, freie Jugendarbeit u.a. - vgl. Walgenbach 2000). Die hierbei entwickelten Materialien wurden multimedial aufgearbeitet bzw. spezifisch weiterentwickelt und konkretisiert. Im zweiten Fall wurde der Ansatz für die ökologische Grundbildung in der Grundschule, für Kinder der Klassen 3-6, konkretisiert und im Rahmen des Wettbewerbs „unischule“ des Vereins Schulen ans Netz e.V. gemeinsam mit dem Studienseminar Bernau und einer Grundschule als Wettbewerbsbeitrag eingereicht (Giest, Schiepe im Druck).

Um die differenzierte Zielrichtung der Bausteinentwicklung deutlich werden zu lassen, werden im Folgenden jeweils für beide Bausteine spezifische Bildungsziele benannt.

Die spezifischen Bildungsziele des ersten Bausteins sind besonders darauf gerichtet, dass die Lernenden erkennen,

- dass Gegenstände/Objekte nicht mehr einfach gegeben sind, sondern auf theoriegeleiteten Konstruktionen beruhen und vielfältige Metamorphosen durchlaufen.
- dass unmittelbare Anschauung nicht mehr das zentrale Mittel menschlicher Tätigkeit ist, sondern Unanschaulichkeit und Anschaulichkeit in einem komplementären Verhältnis zueinander stehen.
- dass Demokratie und Wissenschaft nur über inter- und transdisziplinäre Dialoge miteinander vereinbar sind.
- dass Wissen heute komplex, dynamisch und offen ist und in einem vorher nicht bekanntem Maße in einem Spannungsfeld von Wissen und Nicht- Wissen steht.
- dass die Gestaltung der Welt durch die Menschen in einem Spannungsfeld von Erhaltung und

Gestaltung steht (Bewusstheit über die Notwendigkeit von ‚Sustainable Development‘ - vgl. de Haan 1999).

Die Zielstellung, welche mit der Entwicklung des zweiten Bausteins verfolgt wird, besteht darin, einen Beitrag zur ökologischen Grundbildung von Kindern unter Nutzung spezifischer Lernmittel (Computer, Multimedia und Internet) in schulischen Lern- und Lehrkontexten zu leisten. Dies erfolgt unter besonderer Konzentration auf die Grundschule, um hier bestehende pädagogische Defizite aufzuarbeiten und andererseits den Entwicklungsbesonderheiten und der Interessenlage von Kindern zu entsprechen.

Ferner soll dazu beigetragen werden, im Kontext der ökologischen Grundbildung Lösungsansätze für folgende pädagogisch relevante Aufgabenstellungen zu finden:

- Verbindung von Begegnung mit Originalen und dem Lernen mit modernen Medien und dem Internet,
- Finden eines optimalen Verhältnisses zwischen selbst gesteuertem Lernen und pädagogisch intendierten Strukturierungen (z.B. in multimedialen Lernumgebungen),
- die Förderung und Entwicklung komplexen (System-) Denkens und Überwindung monokausalen Denkens,
- Entwicklung modellhafter Ansätze (animierende und initiiierende Wirkung) für fächerübergreifendes, integratives Lernen unter Nutzung moderner Medien (vor allem Multimedia, weil per se integrativ).

Weitere Ziele bestanden darin, die Umsetzung des Themas in der Praxis, an einer Grundschule zu erproben sowie prototypisch bei der Entwicklung und Erprobung des Bausteins eine Kultur der Zusammenarbeit zwischen erster und zweiter Phase der Lehrerbildung (Universität Potsdam und Studienseminar Bernau/1. Grundschule Bernau) zu entwickeln.

Die in beiden Bausteinen bearbeiteten Inhalte beziehen sich auf

- Wasser als Prototyp einer lebenswichtigen und ökologisch gefährdeten Ressource der Natur,
- ökologisch relevante Fakten und Zusammenhänge mit Blick auf den Natur- und Umweltschutz unter besonderer Beachtung des Gegenstands Wasser,
- die Thematisierung des Verhältnisses zwischen Mensch und Natur unter Bezugnahme auf Thesen von E. Bloch (Problem: Naturzwang - Naturbeherrschung - Naturallianz),
- begriffliche Basiskategorien, die es gestatten, dieses Thema gedanklich zu analysieren (dialektisches Gegensatzpaar Bestimmen - Bestimmt werden, Ordnung - Chaos, Metaphern als heuristische Mittel im Denken).

Für die didaktisch- methodische Konzeption der Bausteine ist charakteristisch, dass durch Inhalt und Gestaltung, vor allem durch spezifische Lernaufgaben, Lernkontexte (situiertes Lernen, kontextuierte Kognition) gestaltet werden, welche geeignet sind, möglichst selbstständiges, handelndes Lernen zu ermöglichen. Bei der Entwicklung dieser Lernkontexte war besonders zu beachten:

- die Wissensdomäne (Ökologie unter dem Filter ökologischer Grundbildung),
- die Handlungssituation (Interaktion mit dem Computer, Internet-Nutzung),
- die allgemeine Lernsituation (u.a. Studium/ Selbststudium bzw. schulisches Lernen, Unterricht),

- die Entwicklungs- und Lernspezifik der Adressaten (im Falle jüngerer Schulkinder: Integration motivierender, emotionalisierender, spielerischer Elemente und darauf bezogener Medien sowie das vorsichtige Heranführen an elementare Formen (theoretischen) begrifflichen Denkens).

Obwohl die didaktisch- methodische Realisierung der Ziele und Inhalte in den Bausteinen den oben gekennzeichneten Grundüberlegungen folgt, weist sie im Einzelnen jedoch adressatenspezifische Besonderheiten auf. Vor allem mit Blick auf Schule und Unterricht musste das im Folgenden allgemein gekennzeichnete Vorgehen den Lern- und Entwicklungsbedingungen der Kinder spezifisch angepasst werden.

Zunächst steht das "Wasser" als ein prototypisches System der Natur im Mittelpunkt der Arbeit. Die Auseinandersetzung mit dem Wasser als Prototyp des „Fließenden“ soll, stimuliert durch im jeweiligen Baustein enthaltene Anregungen, mit dem praktischen Gestalten mit Wasser ausgehend von Alltagssituationen (Erfahren ursprünglicher Ganzheiten, der Einheit von Inhalt und Form) beginnen und über das künstlerische Gestalten (Erfahren von Formen, Trennung von Form und Inhalt), das wissenschaftliche Gestalten (Erfahren von Strukturen, der Elemente und deren Beziehungen im System, das Zerlegen in grundlegende Elemente), das Gestalten mit Texturen (Erfahren frei kombinierbarer Elemente, Umgang mit abstrakten Punktmengen - z.B. Punktmengen mit dem Computer generieren, Arbeit mit geometrischen Generatoren), das Gestalten mit Artefakten (Erfahren von Ent- sowie Bedeutung von Punktmengen, Umgang mit virtuellen Realitäten - z.B. Digitalisierung von Flüssigkeitsbildern, Entwurf von Utopien mit digitalisierten und generierten Punktmengen) zum Gestalten konkreter Utopien (Erfahren von Wirklichem und Möglichem; Entwurf möglicher Utopien z.B. multimediale Präsentation renaturierter Flusslandschaften, Diskussion im Internet bzw. in ökologischen Netzwerken) führen.

Die Einarbeitung von themenrelevanten Links zu Web-Seiten und Adressen wissenschaftlicher Einrichtungen, Interessengruppen und Umweltverbänden unterstützt die gezielte Informationssuche, mit dem Ziel, vernetztes Wissen zu entwickeln und Informationen zu gewinnen über bestehende Netzwerke aktiven Natur- und Umweltschutzes bzw. ökologisch orientierte politische bzw. gesellschaftliche Aktivitäten sowie darin, Möglichkeiten und Perspektiven zu gewinnen, sich konkret mit eigenen Aktionen hier einzubringen.

Den spezifischen Bedingungen und Anliegen ökologischer Grundbildung entsprechend soll die Aktivität der Lernenden sich bei der Arbeit mit dem Baustein nicht nur auf die Interaktion mit dem Computer (bzw. Programm) sondern auch auf die Interaktion mit der Umwelt (natürliche Umwelt als eigentlicher Gegenstand des Lernens und soziale Umwelt als vermittelnder bzw. sekundärer Lerngegenstand) beziehen. Das im Baustein implementierte Lernangebot (Lernsequenzen) soll helfen, den auf die Aneignung ökologischer Grundbildung gerichteten Lernprozess zu stimulieren und zu organisieren und dabei einerseits die Rückkopplung mit analogen Aktivitäten im Programm präsenter "virtueller Kooperationspartner" als auch eine Kommunikation mit "realen" Lernpartnern über das Internet (bzw. e-mail) gestatten (hierbei sind auch und vor allem Kooperationspartner in größeren Distanzen angesprochen - z.B. die Kooperation mit Pädagogik - Studenten der Universität Santa Maria RS/Brasilien und Schülern aus der Region).

Evaluation der Bausteine

Die Evaluation und Erprobung der Bausteine ist auf die Beantwortung der folgenden übergreifenden Fragestellung gerichtet: Welche Lerneffekte und Einsatzmöglichkeiten (im Rahmen des Studiums bzw. des Unterrichts) bieten multimedial aufgearbeitete Studien- bzw. Lernbausteine im Selbststudium bzw. im Rahmen von Projektunterricht im Hinblick auf die Vermittlung und Aneignung ökologischer Grundbildung und wie sind diese mit Blick auf ein effektives Studium/Lernen im Unterricht programmtechnisch und didaktisch zu gestalten?

Die Beantwortung dieser Fragestellung erfolgt hauptsächlich im Rahmen eines Bildungsexperiments bzw. Unterrichtsexperiments. Die unabhängige Variable der Untersuchung ist das Lernen mit dem

Baustein unter gegebenen (definierten) Randbedingungen. Im Sinne der abhängigen Variablen werden Lernergebnisse und Lernprozess untersucht, die wiederum eine wechselseitige Abhängigkeit aufweisen. Das Untersuchungsdesign sieht ein Prätest- Treatment- Posttest Modell vor, wobei das Treatment vor allem durch den Einsatz der Bausteine gekennzeichnet ist. Im Falle des Bausteins für die Grundschule lässt sich die unabhängige Variable mit den zur Verfügung stehenden Ressourcen nicht sauber kontrollieren, da der Baustein in den Unterricht eingebaut wird. Deshalb wird hier zunächst nur das Moment der Integration der Arbeit mit dem Baustein, der Internetrecherche bzw. der Arbeit der Kinder am Computer (es gibt nur ein verfügbares Gerät pro Klasse) in den Unterricht im Mittelpunkt der Untersuchung stehen. Im Folgenden wird daher vor allem die Evaluation des ersten Bausteins im Zentrum der Darstellung stehen.

Die Evaluation der Bausteine fand bzw. findet im ersten Fall im Rahmen des Studiums (Lehramt Primarstufe/Sachunterricht - ca. 60 Studenten; /SS 1999, WS 1999/00, SS 2000) im zweiten Fall in einer Grundschule (1. Grundschule Bernau in zwei Klassen Schuljahr 99/00) statt.

Fragestellung, Hypothesen und Methoden der Evaluation

Bezüglich der Lerneffekte wird gefragt:

- Führt das Lernen mit dem Baustein zu Veränderungen bei der ästhetischen Wahrnehmung (evtl. in Richtung Naturästhetik)?
- Verändert sich in der gedanklichen Orientierung mit Blick auf ökologische Sachverhalte das Verhältnis von antinomischem vs. dialektischem, monokausalem vs. multikausalem, atomistischem vs. systemischem, konvergentem vs. divergentem Denken?
- Spiegeln die Lernprodukte die im Baustein intendierten Ziele und Inhalte wider?

Bezüglich der didaktisch - methodischen Konzeption wird gefragt:

- Schafft der Baustein einen für Lernende inhaltlich nachvollziehbaren Zugang zum Thema und wird dieser adäquat didaktisch und methodisch gestaltet?
- Wie bewusst verlaufen die Lernprozesse bei den Lernenden (Verhältnis zwischen implizitem und explizitem Lernen, Animation, Entertainment und Instruktion)?
- Wie sind die im Baustein gestalteten bzw. intendierten Lernsequenzen, Lernaufgaben sowie Tätigkeiten mit Blick auf Lernziel, Lernverlauf und Lernergebnis zu bewerten?
- Gelingt es, das Lernen aus dem Baustein heraus nach außen zu verlagern (d.h. lernend auch die Programmoberfläche zu verlassen)? Was wird im Baustein bearbeitet? Was wird außerhalb des Bausteins erarbeitet? Kann sich der Lernende vom Baustein während der Sitzung am Computer lösen?

Bezüglich der Programmbewertung wird gefragt:

- Wie wird der Baustein unter Zugrundelegung in der Literatur zu findender Kriterien für Lernsoftware (programmtechnisch, didaktisch-methodisch, ästhetisch) bewertet?
- Wodurch sind die Nutzungsbedingungen des Bausteins (lerntheoretisch, didaktisch und technisch) gekennzeichnet?
- Wodurch zeichnet sich das Navigationsverhalten der Lernenden aus und wie gelingt das Navigieren im Baustein (Welche Seiten werden besonders häufig, besonders wenig betrachtet, bearbeitet? Welche Gestaltungsvarianten werden bevorzugt? Wie wird die Hypertext-Struktur genutzt und

bewertet?)

Im Sinne von Hypothesen wird auf der Grundlage des Lernens mit dem Baustein erwartet:

- eine Veränderung der ästhetischen Wahrnehmung in Richtung einer (ökologisch reflektierten) Naturästhetik;
- die Veränderung des Denkens und der Denkentwicklung in Richtung auf eine stärkere Betonung des Denkens in Einheiten von Gegensätzen (dialektisches versus formal logisches Denken), multi-kausalen Denkens (vs. Monokausalität), divergenten Denkens (Denken in Varianten, Lösungsvarianten für ein Problem finden), systemischen Denkens (Denken in Systemen vor allem "Sensibilität" von Systemen, Eingriffe und Auswirkungen), gedanklichen Bewegens in den Richtungen Abstraktion, Konkretion (abstrahieren, konkretisieren, das heißt Aufsteigen vom Abstrakten zum geistig Konkreten oder anders: Anwendung des erworbenen Wissens vor allem der Ausgangsabstraktionen!), Nutzens von Analogien und Metaphern als Denkmittel bzw. als Lernmittel;
- der Erwerb der Fähigkeit, ökologischen Szenarien nachzugehen (Verhaltensweisen darstellen und Beziehungen zur Natur entwickeln und darauf bezogene konkrete Produkte des Lernens zu erarbeiten).

Zur Evaluation der Bausteine werden eingesetzt:

- Prä-Posttest (In der Form eines Testmaterials und halboffenen Fragebogens wird die Bewältigung von Anforderungen, welche mit den erwarteten Lerneffekten korrespondieren, erhoben: Bildertest, Denken in dialektischen Gegensätzen, kybernetisches Denken (mit Bezug zu Vester), Arbeit mit mind maps, gedankliches Arbeiten mit Analogien, Metaphern, Abstrahieren und Konkretisieren fundamentaler Begriffe, Szenario-writing);
- Fragebogenerhebung, Fremd- und Selbstbeobachtung sowie Interviews zur Erfassung der Bewertung der Lerntätigkeit, Lernsequenzen und Lernaufgaben sowie anderer Tätigkeiten mit Blick auf Lernziel, Lernverlauf und Lernergebnis;
- Fragebogen zur programmtechnischen und didaktisch/ pädagogischen Bewertung des Bausteins (angelehnt an Lauterbach 1998);
- Fragebogen zur Bewertung jeder einzelnen Seite des Bausteins bezüglich der Merkmale Navigation, Inhalt, Grafik, Instruktivität (d.h. Beitrag zum Anliegen des Bausteins/ Lernschrittes/ zur Problembearbeitung).

Literatur

BLOCH, E. (1959): Das Prinzip Hoffnung. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.

DAWYDOW, W.W. (1977): Arten der Verallgemeinerung im Unterricht. Berlin: Volk und Wissen.

DE HAAN, G. (1999): Von der Umweltbildung zur Bildung für Nachhaltigkeit. In H. Baier, H. Gärtner, B. Marquardt-Mau, H. Schreier, Umwelt, Mitwelt, Lebenswelt im Sachunterricht, S. 75-102. Bad Heilbrunn: Klinkhardt. (Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts, Bd. 9)

FRICKE, R. (1995): Über den richtigen Umgang mit Qualitätskriterien für Lernsoftware. Arbeiten aus dem Institut für Empirische Pädagogik und Instruktionspsychologie der TU Braunschweig, Bericht Nr. 14 (3/95).

GIEST, H. & SCHIEPE, A. (im Druck): Ökologische Grundbildung - Multimedia und Internet. (Erscheint in Grundschulunterricht 1/2001).

GIEST, H. (1999a): Lernen im handlungsorientierten Unterricht. Eine Betrachtung aus der Perspektive der Tätigkeitstheorie. In M. Hempel (Hrsg.), Lernwege der Kinder, S. 27-42. Hohengehren: Schneider.

GIEST, H. (1999b): Kognitive Entwicklung - Lernen - Unterricht. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 5, 1 (25-40).

GIEST, H. (im Druck): Kategoriale Bildung im Schulgarten. Erscheint in H.-J. Schwier, 3. Tagung der AG Schulgarten in der GDSU, Tagungsband, Halle: Universität Halle.

KLAFKI, W. (1993): Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Weinheim, Basel: Beltz.

KOHR, L. (1995). Probleme und Perspektiven der Evaluation computerunterstützter Instruktion. {Arbeiten aus dem Seminar für Pädagogik der TU Braunschweig, Bericht Nr. 1/95). Braunschweig: Seminar für Pädagogik der TU Braunschweig.

LAUTERBACH, R. (1989): Auf der Suche nach Qualität: Pädagogische Software. Zeitschrift für Pädagogik, 35 (699-710).

MEIER, A. (1995). Qualitätsbeurteilung von Lernsoftware durch Kriterienkataloge. Arbeiten aus dem Seminar für Pädagogik der TU Braunschweig, Bericht Nr. 2/95. Braunschweig: Seminar für Pädagogik TU Braunschweig.

WALGENBACH, W. (1992): Computerbilder zwischen Elementarbildern und Weltbildern. Computer und Unterricht 5 (4-19).

WALGENBACH, W. (2000): Interdisziplinäre Systembildung - Eine Aktualisierung bildungstheoretischer Ansätze. Frankfurt/ M.: Peter Lang.

Anschriften der Autoren

Hartmut Giest
Universität Potsdam
Institut für Grundschulpädagogik
PF 60 15 53
14415 Potsdam

W. Walgenbach
Universität Kiel
Institut für die Pädagogik der
Naturwissenschaften
Olshausenstr. 62
24098 Kiel

Anthropometrische Grundlagen für die Entwicklung maßgerechter 3D-Computersimulationen des menschlichen Körpers zum Einsatz bei der Gestaltung körpernaher Umweltelemente

H. Greil, H. W. Jürgens, I. Schröder, Ch. Scheffler

Zusammenfassung

Menschen sind im täglichen Leben von einer Vielzahl von technisch gestalteten Umweltelementen umgeben. Diese "gemachten Umwelten" tragen bei guter Anpassung an die physischen Bedürfnisse der Nutzer zu deren Wohlbefinden bei oder führen bei schlechter Anpassung zu Unbequemlichkeiten und zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen. Voraussetzungen für eine gute Passfähigkeit von körpernahen Umweltelementen sind eine ausreichende anthropometrische Datengrundlage und deren praxisorientierte Aufbereitung. Am Beispiel des dreidimensionalen computergenerierten Mensch-Modells RAMSIS wird aufgezeigt, wie humanbiologisch/anthropometrische Ergebnisse in die Praxis umgesetzt werden können.

Summary

Humans are permanently surrounded by a multitude of technically fashioned environmental elements. These "man-made environments" contribute to the well-being of their users if they are well adapted to their physical needs. Insufficient adaptation leads to discomfort and may have negative effects on health. A sufficient anthropometric data base which is adapted for practical use is prerequisite for enabling suitable body-near environmental elements. The three-dimensional human model RAMSIS serves as an example for demonstrating how insights of Human Biology and Anthropology may be put to use in practice.

Projektbeschreibung und Ergebnisse

Menschen leben in ganz konkreten Umwelten, die sie nach ihren Bedürfnissen verändern und gestalten. Eine besondere Rolle in Bezug auf die Erhaltung von Wohlbefinden, Gesundheit und Leistungsfähigkeit spielen dabei körpernahe Umweltbereiche, die häufig oder langfristig durch den Körper oder Körperteile kontaktiert werden und nicht selten an unterschiedlich große und unterschiedlich proportionierte Menschen angepasst sein müssen. Körpermaße, Raumerfordernisse und Körperkräfte des Menschen finden deshalb seit jeher Berücksichtigung bei der Konstruktion und Gestaltung maßgerechter körpernaher Umweltelemente nach den Bedürfnissen der potentiellen Nutzer. Umweltelemente in diesem Sinne sind häufig Arbeitsplätze oder Arbeitsplatzbereiche. Sowohl stationäre als auch mobile Arbeitsplätze wie Fahrzeuge oder Flugzeuge können in ihren Dimensionen, ihren Verstellbarkeitsbereichen und ihrer ergonomischen Gestaltung besser oder schlechter an die Bedürfnisse der sie nutzenden Menschen angepasst sein (Greil & Jürgens 1995, Greil 1997). Voraussetzung für eine gute

Anpassung ist die Integration anthropometrischer Daten und Zusammenhänge. Dies wiederum setzt umfangreiche und kostenaufwendige Körpermessungen und eine nutzerorientierte statistische Aufbereitung der Messdaten voraus. Wesentlich ist eine Erfassung der Variabilität der Meßwerte innerhalb der Bevölkerung bzw. innerhalb spezieller Bevölkerungsgruppen. Tabellenwerke allein, wie der Anthropologische Atlas (Flügel et al. 1986) oder der Internationale anthropometrische Datenatlas (Jürgens et al. 1989) reichen als anthropometrische Konstruktionsgrundlage häufig nicht aus. Mit der Weiterentwicklung der elektronischen Datenverarbeitung erschloss sich die Möglichkeit, umfangreiche anthropometrische Datenbanken aufzubauen. Eine solche befindet sich im Fachgebiet Humanbiologie des Instituts für Biochemie und Biologie der Universität Potsdam. Sie umfasst Informationen zu mehr als 100 alters-, geschlechts- und körperbautypspezifischen Körpermaßen von etwa 45 000 Personen aus allen Bevölkerungsgruppen von der Geburt bis zum Greisenalter. Auf der Grundlage dieser Datenbank wurde das rechnergestützte dreidimensionale Modell des menschlichen Körpers RAMSIS entwickelt, mit dessen Hilfe maßgerechte Elemente der technischen Umwelt effektiver passgerecht konstruiert werden können. RAMSIS ist das bisher einzige Modell seiner Art, in das nicht nur die Variabilität einzelner Körpermaße integriert wurde, sondern eine multivariate Körperbautypologie (Seidl et al. 1992, Geuß 1994, Greil 1995). Es eignet sich beispielsweise zur maßgerechten Simulation bewegungsfähiger kleiner, korpulenter und kurzbeiniger "Sitzriesen" ebenso wie zur Simulation langgliedriger Hochschlankwuchstypen. Mit Hilfe von variablen Mensch-Modellen können computergenerierte Umweltbestandteile wie Arbeitsplätze, Fahrzeugkabinen oder Cockpits so konstruiert werden, dass sie an eine spezielle Nutzerpopulation optimal angepasst sind oder durch Integration definierter Verstellbarkeitsbereiche für eine vielgestaltige Nutzerpopulation komfortabel variiert werden können.

Literatur

FLÜGEL, B.; GREIL, H.; SOMMER, K. (1986): Anthropologischer Atlas. Grundlagen und Daten. Berlin: Tribüne-Verlag.

GEUß, H. (1994): Ein anthropometrisches Meßverfahren für das CAD-Menschmodell RAMSIS: Diss. am Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München.

GREIL, H. (1995): Anthropometrische Grundlagen zur körperbautypspezifischen Gestaltung von rechnergestützten Mensch-Modellen. In: Gärtner (Hrsg.): Anthropometrische Cockpitgestaltung. DLGR-Bericht 95-02. Bonn: DGLR.

GREIL, H., JÜRGENS, H. W. (1995): Die Aufgabe des Industrieanthropologen bei der Anwendung menschlicher Körperbaudaten zur Konstruktion der körpernahen technischen Umwelt. In: Anthropometrische Cockpitgestaltung. DLGR-Bericht 95-02. Bonn: DGLR.

GREIL, H. (1997): Ontogenetic aspects of dimensions and proportions in sitting posture. Coll. Antropol. 21, 367 - 386.

JÜRGENS, H. W.; AUNE, I. A.; PIEPER, U. (1989): Internationaler anthropometrischer Atlas. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz. Dortmund: Wirtschaftsverlag NW.

GREIL, H.; JÜRGENS, H. W. (2000): Variability of dimensions and proportions in adults or how to use classic anthropometry in man modelling. In: Landau K: Ergonomic software tools in product and workplace design. A review of recent developments in human modeling and other design aids. Stuttgart: Ergon.

SEIDL, A.; BUBB, H.; GEUß, H.; KIRST, R.; SCHMIDTKE, H.; SPEYER, H.; BRILL, M.; KRÜGER, W. (1992): RAMSIS: 3D-Menschmodell und integriertes Konzept zur Erhebung und konstruktiven Nutzung von Ergonomie-Daten. VDI-Bericht 948, 297-309.

Anschrift der erstgenannten Autorin

Prof. Dr. Holle Greil
Universität Potsdam
Institut für Biochemie und Biologie
Fachgebiet Humanbiologie
Lennéstr. 7a
14471 Potsdam

Maß- und funktionsgerechte Gestaltung der körpernahen Umwelt älterer Menschen

C. Scheffler, H. Greil, I. Schröder

Zusammenfassung

Der Anteil älterer Menschen in unserer Gesellschaft hat stark zugenommen. Die durchschnittliche Lebenserwartung eines Neugeborenen in Deutschland beträgt 74,6 Jahre für Männer und 80,0 Jahre für Frauen. Unsere technisch gestaltete Umwelt ist demgegenüber auf das junge Erwachsenenalter orientiert. In einer anthropologischen Studie werden Unterschiede in Körpermaßen und Körperbau zwischen jungen und älteren Personen untersucht. Ziel ist eine bessere metrische und funktionale Anpassung der körpernahen Umwelt an die speziellen Bedürfnisse älterer Menschen. Zusätzlich werden körperliche Beweglichkeit sowie Reaktionsgeschwindigkeit und Konzentrationsfähigkeit als Funktionen der Aufmerksamkeit geprüft.

Summary

The percentage of elderly people in our society has increased distinctly. Today, the life expectancy of a child born in Germany is 74.6 years for men and 80.0 years for women. In contrast to this, our technically designed environment focuses on young adult age. Differences in body measures and physique between young and elderly subjects are analysed by the present anthropological study with the aim of developing a better metric and functional adaptation of the body-near environment to the specific needs of the elderly. Moreover, physical mobility, speed of reaction and powers of concentration were tested as functions of attention.

Projektbeschreibung und erste Ergebnisse

Alte Menschen, die selbständig leben und am öffentlichen und sozialen Leben aktiv teilnehmen möchten, sehen sich einer Reihe von Schwierigkeiten im Zusammenhang mit unserer technisch geprägten Umwelt gegenüber. Ein Teil dieser Schwierigkeiten könnte durch besserer Kenntnisse von Körpermaßen und körperlicher Beweglichkeit im Altersverlauf und durch Berücksichtigung dieser Kenntnisse bei der Konstruktion von Gegenständen der körpernahen technischen Umwelt vermieden werden (Steenbekkers & Beijsterfeldt, 1998). Da kaum vergleichbares Datenmaterial vorliegt, wurde im Fachgebiet Humanbiologie des Instituts für Biochemie und Biologie der Universität Potsdam 1996 mit einer anthropometrischen Querschnittstudie für den Altersbereich von 45 bis zu 85 Jahren begonnen. Gemessen wurden 67 Männer und 172 Frauen. Zusätzlich zu den Körpermessungen wurden Tests zur körperlichen Beweglichkeit durchgeführt und durch eine Videoanalyse ausgewertet. Zur Erfassung von Reaktions- und Konzentrationsfähigkeit wurde eine softwaregestützte Aufgabenstellung vergeben und ausgewertet. Die Durchführung derselben Körpermessungen und Tests an einer Gruppe von 29

jungen Männern und 100 jungen Frauen erlaubte eine Analyse von Unterschieden zwischen jungen und älteren Erwachsenen.

Mit zunehmendem Alter werden Menschen im Durchschnitt kleiner und zunächst auch schwerer. Die Reichweiten ihrer Arme verändern sich im Zusammenhang mit einer Änderung der Thoraxform (Scheffler & Greil 2000). Auch das Bewegungsverhalten junger und älterer Menschen ist unterschiedlich. Kleinere Gegenstände werden nicht mehr durch Einnehmen der Hockstellung vom Boden aufgehoben, sondern vorzugsweise durch Bücken mit gebeugtem oder geradem Rücken bei gestreckten Knien. Hierbei besteht eine Abhängigkeit zwischen dem Grad der Korpulenz, gemessen am Body-Mass-Index, und der bevorzugten Form des Bückens. Größere Korpulenz führt zum Bücken aus dem Stand mit gestreckten Knien und geradem Rücken. Bei jungen Erwachsenen besteht kein Zusammenhang zwischen dem Bewegungsmuster beim Bücken und der durch einen Computertest ermittelten Reaktionsgeschwindigkeit bei der Erledigung psychomotorischer Aufgaben. Bei älteren Menschen ist die psychomotorische Reaktionsgeschwindigkeit bei Personen, die sich mit geradem Rücken und gestreckten Beinen bücken, niedriger. Sie reagieren langsamer im Vergleich zu Personen, die auch in fortgeschrittenem Alter beim Bücken noch ganz oder teilweise in die Hocke gehen. Während körperliche Beweglichkeit und Reaktionsfähigkeit im Alter bei beiden Geschlechtern deutlich abnehmen, scheint die Konzentrationsfähigkeit, gemessen an der Anzahl von Fehlern bei der Erledigung einer psychomotorischen Aufgabe, weitgehend altersunabhängig zu sein (Greil & Scheffler 2000). Diese Ergebnisse legen nahe, dass durch eine altersgerechte Konstruktion von Einrichtungsgegenständen und dergleichen speziell für Senioren und bei Berücksichtigung der verlängerten Reaktionszeit älterer Menschen eine Teilnahme am öffentlichen und gesellschaftlichen Leben für längere Zeit als bisher ermöglicht werden kann, da die Konzentrationsfähigkeit auch im Alter erhalten bleibt.

Literatur

GREIL, H.; SCHEFFLER, CH. (2000): Abilities of bodily mobility, reaction and concentration in young and elderly adults. Coll. Antropol. (im Druck).

SCHEFFLER, CH.; GREIL, H. (2000): Body measure, room demand and movement sequences of the elderly. Coll. Antropol. (im Druck).

STEENBEKKERS, L. P. A.; BEIJSTERFELDT, C. E. M.(1998): Design-relevant characteristics of aging users. Delft: Delft Univ. Press.

Anschrift der Autorinnen

Dr. Christiane Scheffler
Prof. Holle Greil
Universität Potsdam
Institut für Biochemie und Biologie
Fachgebiet Humanbiologie
Lennéstr. 7a
14471 Potsdam

Körperliche Entwicklung von Brandenburger Schülern und Schülerinnen als Indikator für komplexe Veränderungen von Umweltbedingungen

A. Schilitz, H. Greil, Ch. Scheffler

Zusammenfassung

Der menschliche Körper reagiert auf veränderte Umweltbedingungen, insbesondere auf veränderte Ernährungsgewohnheiten, mit verändertem Wachstum. In diesem Sinne funktioniert er wie ein Indikator. Seit der Wiedervereinigung Deutschlands haben sich die Lebensbedingungen in den neuen Bundesländern für viele Menschen verändert. Während die säkularen Zuwachsraten in den letzten Jahren der DDR einen rückläufigen Trend aufwiesen, sind Brandenburger Schulkinder heute alters- und geschlechtsspezifisch sowohl im Mittel als auch in den oberen und unteren Randbereichen der Verteilung größer und schwerer, aber nicht fatter als vor zehn Jahren.

Summary

The human body reacts to changing environmental conditions with changing patterns of growth, particularly to varying nutritional habits. In this sense, it reacts as an indicator. The living conditions of many people of the New Federal States of Germany have changed since the German reunification. In the last years of the GDR the secular increase had become more moderate. This is different today, as school children of the Federal State of Brandenburg are sex- and age-specifically taller and heavier but not more adipose compared to their appearance 10 years ago. This is also valid for medians and border percentiles.

Projektbeschreibung und erste Ergebnisse

Das Phänomen der säkularen Akzeleration, des beschleunigten Wachstums und der beschleunigten körperlichen Reifung von Kindern und Jugendlichen mit höheren Mittelwerten der Körperendhöhe und anderer Körpermaße, wird seit etwa 150 Jahren in vielen Ländern beobachtet. Es gibt keine Hinweise auf eine genetische Grundlage dieses Prozesses. In der Regel korreliert die Intensität der säkularen Akzeleration mit einer entsprechenden Verbesserung der allgemeinen Lebensbedingungen. Der Verlauf der körperlichen Entwicklung der jungen Generation einer Bevölkerung kann als Indikator für das Wirken eines im einzelnen nur schwer fassbaren komplexen Gefüges von günstigen und ungünstigen Umweltfaktoren herangezogen werden. Verzögertes und vermindertes Wachstum ist ein Alarmsignal.

Seit der wegweisenden Publikation des Leipziger Schularztes E. W. Koch (1935) ist in zahlreichen Wachstumsstudien über den mit Ausnahme der ersten Nachkriegsjahre positiven säkularen Trend der

körperlichen Entwicklung deutscher Schüler und Schülerinnen berichtet worden (Greil & Möhr 1996, Jaeger 1998). Im letzten Jahrzehnt des Bestehens der DDR gab es Anzeichen für ein allmähliches Ausklingen des Prozesses. Dies wurde in der Öffentlichkeit als ein Erreichen optimaler körperlicher Entwicklungsmöglichkeiten unter den Bedingungen des sozialistischen Systems publik gemacht, die nicht noch weiter verbessert werden können. In den Jahren 1987 bis 1990 wurde durch eine repräsentative landesweite anthropologische Querschnittstudie an mehr als 40 000 Kindern und Jugendlichen im Alter von 0 bis zu 19 Jahren für 31 Körpermaße eine Grundlage für aktuelle Norm- und Richtwerte zur Verwendung in der kinder- und jugendärztlichen Praxis und im Kinder- und Jugendgesundheitschutz geschaffen (Greil & Sommer 1989, Greil 1997). Ein späterer regionaler Vergleich ergab für die Bevölkerung des heutigen Bundeslandes Brandenburg Körpermesswerte, die mit zufriedenstellender Genauigkeit dem Landesdurchschnitt der DDR entsprachen. Damit war eine einmalige Möglichkeit gegeben, fast zehn Jahre nach der Wiedervereinigung Deutschlands durch eine erneute anthropologische Querschnittstudie zu untersuchen, ob die vielfältigen Veränderungen im Lebensstil der Familien und damit auch der Kinder Auswirkungen auf den Körperbau und die Körperzusammensetzung Brandenburger Schulkinder haben.

Das Projekt wurde 1997 begonnen. Die Datenerhebung wurde im Juli 2000 abgeschlossen. Untersucht wurden im Rahmen eines HSP III finanzierten Promotionsvorhabens neben sozialen Parametern 25 Körpermaße an 2089 Jungen und 2131 Mädchen aus dem Land Brandenburg im Alter zwischen 5 1/2 und 18 1/2 Jahren. Wie in der Studie von 1987/90 wurde wiederum sowohl in Städten als auch in Dörfern gemessen, um festzustellen, ob es heute noch Stadt-Land-Unterschiede im Körperbau gibt.

Bereits eine Zwischenauswertung der Meßdaten zeigte eine deutliche Zunahme des Tempos der säkularen Akzeleration seit 1987/90 (Schilitz 1998, Greil & Schilitz 1999). Bemerkenswert ist die Altersspezifik des säkularen Trends. Kinder im Alter von 6 und 7 Jahren, die nach 1990 im Land Brandenburg geboren wurden sind am stärksten betroffen. In diesem Alter sind Jungen im Durchschnitt 4,2 cm und Mädchen 3,0 cm größer als vor 10 Jahren. Demgegenüber beträgt der säkulare Zuwachs bei 19 Jahre alten Jungen und Mädchen nur 1,4 cm. Dies könnte im Zusammenhang damit stehen, dass die Schulanfänger vollständig unter den veränderten Umweltbedingungen nach der Wiedervereinigung Deutschlands mit anderen Ernährungsgewohnheiten herangewachsen sind. Die Schulabgänger haben ihre Jahre des intensivsten Wachstums unter den Lebensbedingungen der DDR verbracht. Neben dieser altersspezifisch unterschiedlich starken Akzeleration des Längenwachstums kann ein Trend zur Vorverlagerung des für das menschliche Wachstumsmuster charakteristischen puberalen Längenwachstumsschubes beobachtet werden. Es ist deshalb damit zu rechnen, dass auch die Pubertät insgesamt früher beginnt. Harmonisch zur Körperhöhe und anderen Längenmaßen haben auch Breiten- und Umfangsmaße sowie die Körpermasse säkular zugenommen. Kinder und Jugendliche sind nicht nur größer geworden. Sie wiegen auch mehr als ihre Altersgenossen vor 10 Jahren. Der den Ernährungszustand charakterisierende Body-Mass-Index (kg/m^2) hat allerdings nur bei den Jungen und bei jüngeren Mädchen säkular zugenommen. Von 15,5 Jahren an sind Mädchen heute zunehmend schlanker als vor 10 Jahren. Mit 19 Jahren liegt ihr BMI um $1,2 \text{ kg/m}^2$ unter den früheren Werten. Das gilt nicht nur für die Mittelwerte, sondern auch für die unteren und oberen Randperzentilbereiche unter P10 und über P90. Die Dicke der subkutanen Fettschicht hat im säkularen Vergleich in allen Altersgruppen und bei beiden Geschlechtern abgenommen. Ein erhöhtes Risiko für ungesundes Übergewicht und Fettsucht ist damit im säkularen Trend nicht gegeben.

Literatur

GREIL, H.; MÖHR, M. (1996): Anthropometrische Charakterisierung der DDR-Bevölkerung. Ernährungsforschung 41, 79 - 115.

GREIL, H. (1997): Sex, Body type and timing in body development - trend statements based on a cross sectional study. In: Roberts D, Rudan P, Scaric-Juric T (Hrsg.): Growth and development in the changing world. Zagreb: Croatian Anthropol. Soc.

GREIL, H. (1998): Age- and sex-specificity of the secular trend in East Germany. In: J. Komlos, J. Baten (Hrsg.): The biological standard of living in comparative perspective. Stuttgart: Steiner.

GREIL, H.; SCHILITZ, A. (1999): Körperbau und körperlicher Entwicklungsstand von Brandenburger Schülern und Schülerinnen am Ende des 20. Jahrhunderts. In: Helmke. Ch, Haase P, Rückert JU: Zur Situation des Schulsports im Land Brandenburg und Wege zur Erhöhung seiner Qualität. Potsdam:Aktionsbündnis für den Schulsport.

JAEGER, U. (1998): Secular trend in Germany. In: Bodzsár È B, Susanne C (Hrsg.): Secular growth changes in Europe. Budapest: Eötvös Univ. Press.

KOCH, E. W. (1935): Über die Veränderung des menschlichen Wachstums im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts. Leipzig.

SCHILITZ, A. (1998): Körperliche Entwicklung und Körperzusammensetzung - Erste Ergebnisse der Brandenburger Schulkindstudie. Homo 49/Suppl. 85.

SOMMER, K.; GREIL, H. (1989): DDR-Standard "Anthropologie" - TGL 46 000. Wiss. Z. Humboldt- Univ. Berlin R. Med. 38, 150-154.

Anschrift der Autorinnen

Dipl.-Biol. Anja Schilitz
Prof. Dr. Holle Greil
Dr. Christiane Scheffler
Universität Potsdam
Institut für Biochemie und Biologie
Fachgebiet Humanbiologie
Lennéstr. 7a
14471 Potsdam

Handlungsstrukturen in einer ökologisch orientierten Genossenschaft

A. Segert, I. Zierke

Zusammenfassung

Am Fallbeispiel der Gemeinnützigen Obstbau-Siedlung Eden eG. wird nachgewiesen, daß sich ökologisches Handeln nur entwickeln läßt, wenn an lokal und sozial geprägte Ansatzpunkte alltäglicher Denk- und Verhaltensmuster angeknüpft wird. Es werden sechs Aktivitätstypen dargestellt, die einen je spezifischen Zugang zu umweltrelevanten Alltagspraktiken einschließen. Eine Modernisierung der ausgewählten Genossenschaft ist nur möglich, wenn die vorhandenen Denk- und Verhaltensmuster in ihrer jeweiligen Spezifik beachtet werden.

Summary

The case study of the Gemeinnützigen Obstbau-Siedlung Eden eG in Oranienburg near to Berlin shows that ecological behavior can be increased by carrying on specific local (not global) and social every day behavior patterns. There are reported 6 activity patterns of members of that co-operative which are open to ecological every day practices in particular ways.

Projektbeschreibung

Das Forschungsprojekt "Handlungsstrukturen in Genossenschaften am Fallbeispiel der Gemeinnützigen Obstbau-Siedlung Eden eG." ordnet sich sowohl umweltsoziologischer wie auch organisationssoziologischer Forschung zu. Anhand einer exemplarischen Analyse werden umweltrelevante Handlungsmuster herausgearbeitet, die sich im Bedingungsgefüge einer konkreten Genossenschaft entfalten können. Als Fallbeispiel dient die Eden-Genossenschaft, die langjährige Traditionen und Erfahrungen im ökologischen Gartenbau und als Siedlungsgemeinschaft mit lebensreformerischen Praktiken besitzt. Mit eigenen Untersuchungen sowie Sekundäranalysen wird der Frage nachgegangen, unter welchen Voraussetzungen sich in genossenschaftlichen Strukturen Handlungsrationitäten und Alltagspraktiken herausbilden können, welche die Modernisierung einer lebensreformerischen Genossenschaft ermöglichen. Es werden organisatorische und lebensweltliche Bedingungen herausgestellt, die das Potential unterschiedlicher Akteure für nachhaltigen Gartenbau und ökologische Siedlungsformen beeinflussen bzw. fördern. Die empirische Analyse stützt sich vorrangig auf themenzentrierte Interviews mit Genossenschaftsmitgliedern, auf Gespräche mit verschiedenen Experten, auf umfangreiches Archivmaterial und eigene statistische Erhebungen.

Die Gemeinnützige Obstbau-Siedlung Eden eG. wurde 1883 im Rahmen der Lebensreformbewegung gegründet (vgl. Krabbe 1974, Kerbs 1999). Das Ziel war, auf der Basis gemeinsamen Bodenbesitzes naturverbundene Lebensweisen und gesunde Ernährung durch Selbstversorgung aus den eigenen Gärten sowie eine genossenschaftliche Obstplantage zu fördern (vgl. Baumgärtner 1997*, Vorstand

der Eden-Genossenschaft 1920). Die Mehrzahl der damaligen lebensreformerischen Projekte mußte ihre Tätigkeit früher oder später wieder aufgeben, da es ihnen nicht gelungen ist, ökologisches Engagement der Mitglieder und Wirtschaftlichkeit miteinander zu verbinden. Eden ist heute die einzig erhalten gebliebene Genossenschaft mit lebensreformerischer Tradition in Deutschland, die es geschafft hat, den gesellschaftlichen Veränderungen über mehr als hundert Jahre flexibel zu begegnen. Nach dem Systemwechsel 1990 stand die traditionsreiche Genossenschaft erneut vor einer Herausforderung. Es galt nicht nur eine moderne Rechtsform sowie die eigene Marktfähigkeit herzustellen, sondern auch die organisationsinternen ökologischen und sozialen Förderziele neu zu bestimmen und entsprechende Aktivitäten zu entwickeln.

Diese Ziele sind als Handlungsnormen im Edener Statut als dem grundlegendem Regelwerk festgeschrieben. Wie in anderen Genossenschaften auch ist darin als zentraler Förderzweck festgehalten, den Erwerb und die Wirtschaft ihrer Mitglieder zu stärken (vgl. Dülfer 1995, Stange 1994). Die Besonderheit der Edener Genossenschaft besteht darin, daß sie sich in ihrer Arbeit darüber hinausgehend auf das alltägliche Leben ihrer Mitglieder bezieht, deren alltagskulturelle und speziell ökologische Werte und Normen fördert. Damit erweitert EDEN den allgemein gültigen genossenschaftlichen Förderzweck um eine kulturelle Dimension. Das materielle und soziale Wohlergehen der Mitglieder soll nicht nur über wirtschaftliche Unternehmungen, sondern auch über breit gefächerte gemeinsame Aktivitäten und über die Entfaltung naturnaher und gesunder Lebensformen erreicht werden. Dazu wurden in der Geschichte der Genossenschaft verschiedene Rahmenbedingungen geschaffen. Zugleich wird auch im Statut an die persönliche Verantwortung des einzelnen Mitglieds für seine Lebensweise angeknüpft. Die Mitgliedschaft wird daran gebunden, daß vom einzelnen "eine gesunde Lebensführung", "Grundsätze naturnaher Lebensweise" und eine "bevorzugt gesunde Ernährung" verfolgt werden (Statut 1998, 7).

Der Alltag in der Eden-Genossenschaft widerspiegelt beispielhaft den allgemeinen Wandel in lebensreformerischen Ansprüchen und Aktivitäten im Laufe der letzten 100 Jahre und ihre aktuelle Ausformung. Die Sozialwissenschaften erklären solche Ansprüche und Aktivitäten aufgrund theoretischer Überlegungen und empirischer Ergebnisse auf unterschiedliche Weise. Übereinstimmung zeichnet sich bei der grundlegenden Erkenntnis ab, daß allein durch gezielte Erziehung oder Beeinflussung von Bewußtseinsprozessen umweltgerechte Verhaltensweisen kaum zu entwickeln sind. Die in den letzten beiden Jahrzehnten entwickelte Sensibilität für Umweltprobleme muß sich nicht unmittelbar im täglichen Verhalten niederschlagen. Real stehen dem ökologischen Bewußtsein mitunter Verhaltensweisen gegenüber, die nur partiell mit der geäußerten Wertschätzung für eine intakte Umwelt übereinstimmen (vgl. Bundesministerium 1996). Einem mehr oder weniger ausgeprägten ökologischen Denken sind aus verschiedenen Ursachen heraus nicht unbedingt Verhaltensqualitäten zuzubilligen (vgl. Brand 1997). Für die Eden-Genossenschaft heißt das, daß ihre vielfältigen lebensreformerischen Tendenzen nur bedingt über ideologische Beeinflussung zu fördern sind. Vielmehr wurzelt das Potential für verschiedene Lebenspraktiken, in denen sich Ansprüche auf Naturnähe und Gesundheit umsetzen, im Alltag der Edener und in den durch die Genossenschaft und das weitere Umfeld gesetzten Rahmenbedingungen für deren Entfaltung. Sie sind letztlich weder durch Festlegungen im aktuellen Statut noch durch Aufklärungsarbeit zu bewirken oder anzuerziehen, sondern sie müssen im Rahmen alltäglicher Lebensbedingungen ermöglicht bzw. herausgefordert werden. Ökologisches Bewußtsein kann mithin nicht global entwickelt werden kann, sondern es muß sich in den regional- und milieugeprägten Alltag einordnen (vgl. Segert/Zierke 1997b). Hier finden sich ganz konkrete Ansatzpunkte, entsprechende Denk- und Verhaltensmuster zu unterstützen.

Damit geht eine zweite allgemein anerkannte sozialwissenschaftliche Erkenntnis einher. Sie besagt, daß sich in den Alltagskulturen von Individuen und sozialen Gruppen ganz unterschiedliche Ansatzpunkte für umweltgerechte Verhaltensweisen finden, umweltrelevantes Verhalten sich ganz verschieden artikuliert (vgl. Segert/Zierke 1997a). Im Kontext verschiedenartiger sozialer Rollen haben auch die Edener ein voneinander unterscheidbares und in sich differenziertes Umweltverhalten. Während die einen sich auf gesunde Ernährung und einen chemiefreien Garten konzentrieren, legen die anderen großen Wert auf körperliches Wohlbefinden durch viel Bewegung. Wieder andere bemühen sich, Luftverschmutzungen einzudämmen oder aber ökologisch wertvolle Technologien bspw. bei der Ab-

wasserbehandlung oder dem Häuserbau anzuwenden. Keineswegs bedeuten ein chemiefreier Garten oder vegetarische Ernährung, daß auch in anderen Lebensbereichen ökologische Verhaltensprämissen im Vordergrund stehen. Auch bei den Edenern zeigen sich unterschiedlich motivierte Zugänge zu ökologischen Verhaltensmustern, deren Praktizierung von sozialen und persönlichen lebensweltlichen Rahmenbedingungen beeinflusst wird.

Soll umweltgerechtes Verhalten untersucht und unterstützt werden, ist ausgehend von diesen zwei Aspekten nicht nur die Lücke zwischen ökologischem Bewußtsein und ökologischem Verhalten zu berücksichtigen, sondern auch die Einbindung von ökologischem Verhalten in sozial und individuell geprägte Alltagskulturen. Umweltorientierungen zeigen sich an verschiedenen Handlungen und mit unterschiedlichem Gewicht. In der Fallanalyse zu Handlungsstrukturen in der Eden-Genossenschaft konnten die für diese Organisation typischen Ansatzpunkte organisationalen und ökologischen Denkens und Handelns in dieser Genossenschaft herausgearbeitet werden.

Nach Eden zog es immer Menschen, die ein Leben in der freien Natur und fern der Großstadt, eine intensive und großzügige Gartenbewirtschaftung und/oder eine fleischarme Kost bevorzug(t)en. Mit diesen naturnahen Lebensvorstellungen und dem Potential, sie umzusetzen, unterschied sich die Edener Siedlung von vielen anderen. In Eden hat es gleichermaßen Tradition, daß sich viele Mitglieder in den verschiedenen Bereichen für ihre Genossenschaftssiedlung und ihre Gemeinschaft engagieren. Für die Genossenschaftsmitglieder bieten sich verschiedenste Möglichkeiten, ihren vielfältigen Neigungen nachzugehen, ihre Gemeinschaft zu entfalten und die Gemeinnützigkeit ihrer Genossenschaft zu unterstützen. In wenigen anderen Genossenschaften findet man solch ein Maß an Mitgliederaktivitäten wie in Eden. Dabei zeigen sich typische Differenzierungen in der Art und Weise, genossenschaftlichen Prinzipien zu folgen, sie im Alltag zu verankern. Bei der hermeneutischen Analyse der themenzentrierten Interviews mit Edenern verschiedener sozialer Einbettung wurden sechs typische Denk- und Verhaltensmuster in Bezug auf die Genossenschaft Eden herausgearbeitet. Diese Typen unterscheiden sich in ihren Schwerpunkten genossenschaftlichen Engagements, mit ihnen verbinden sich persönliche Interessen und besondere Bindungen an die Eden-Genossenschaft. Bei der Analyse wurden diese typischen Formen genossenschaftlicher Mitarbeit letztlich von den ausgewählten Edener Interviewpartnern losgelöst, um ihre Typik zu verdeutlichen (vgl. Kluge 1999). Im einzelnen handelt es sich um die folgenden Typen:

1. Die *Moralischen Autoritäten* verstehen sich als Pioniere ednerischen Alltagslebens. Dieser Verhaltenstyp möchte auch unter heutigen Bedingungen an den genossenschaftlichen und lebensreformerischen Traditionen in Eden festhalten, sie bestärken und fortführen. Sie nutzen ihr öffentliches Ansehen, um über Sitten und Gewohnheiten in Eden aufzuklären und an die Edener zu appellieren, die mit dem Eintritt in die Genossenschaft übernommenen Verpflichtungen auch wahrzunehmen. Eine gesunde Ernährung, ein ökologischer Garten, Bewegung im Freien - letztlich eine gesunde Lebensweise, aber auch Gemeinschaftssinn und Uneigennützigkeit sind ihnen wichtig. Danach handeln sie persönlich, um Eden zu erhalten. Und an diesen Maßstäben messen sie auch die genossenschaftlichen Aktivitäten anderer Edener.
2. Die *Ehrenamtlichen Mitstreiter* tun sich aus Interesse und Freude an bestimmten Tätigkeitsfeldern mit anderen zusammen und werden in der Nachbarschaft, in Arbeitsgruppen oder aber in Wahlfunktionen gemeinsam aktiv. In dieser gemeinschaftlichen Arbeit suchen sie Anregungen und den Erfahrungsaustausch, um ihre Neigungen besser zu befriedigen. Diese liegen auf ganz unterschiedlichen Gebieten. Ehrenamtliche Mitstreiter wollen sich bspw. gesund ernähren, ihr Grundstück gärtnerisch nutzen, sie möchten Sport treiben, sich kulturell betätigen oder Leitungsfunktionen ausüben. Die einzelnen konzentrieren sich dabei gemäß ihrem/n persönlichen Interesse(n) auf spezifische Aspekte gesunder und genossenschaftlicher Lebensweise.
3. Die *Kritischen Geister* verfolgen aufmerksam die Entscheidungen und Maßnahmen, die innerhalb der Genossenschaft getroffen werden und sie stellen insbesondere solche Beschlüsse in Frage, mit deren Umsetzung sie eine Schwächung der Genossenschaft befürchten. Sie selbst tragen zu ihrem Bestand bei, indem sie bspw. ihre Gärten bewirtschaften und über Maßstäbe für die Entwicklung

ihrer Siedlung öffentliche Diskussionen anregen. Dabei erheben sie nicht selten Kostenersparnis und Ressourcenschonung zu ihrem Maßstab.

4. Die *Zurückhaltenden* sind beruflich, familiär, gesundheitlich oder aufgrund ihres Alters stark beansprucht und sie haben daher kaum die Chance, am gemeinsamen Edener Leben teilzunehmen. Sie fühlen sich mitunter durch genossenschaftliche Aufgabenstellungen wie bspw. eine intensive Gartenbewirtschaftung überfordert. Dennoch sind sie mit Eden eng verbunden und bemüht, gemeinsamen Prinzipien zu folgen. Diese werden punktuell in den Alltag eingeordnet. Bei diesem Typ werden Diskrepanzen zwischen dem persönlichen Anspruch auf umweltgerechte und naturnahe Lebensweise und deren Realisierung im Rahmen konkreter Lebenszwänge besonders deutlich.
5. Die *Projektmacher* verwenden Kraft und Zeit, um die Alltagsgeschäfte in Eden am Laufen zu halten, um neue Vorhaben zu konzipieren und um verschiedene Angebote für die Edener zu organisieren. Sie bemühen sich, ihre Gärten edenerisch zu bewirtschaften und gesund zu leben und sie haben vielfältige kulturelle und/oder sportliche Neigungen. Diesem breiten Spektrum an Interessen können die Projektmacher im Alltag nicht regelmäßig nachgehen. Häufig konzentrieren sie ihre Aktivitäten auf bestimmte Schwerpunkte, damit zeitliche und physische Belastungen nicht auf Kosten der eigenen Gesundheit und Familie gehen.
6. Die *Einzelgänger* gehen ihren vielfältigen Neigungen vorrangig in privater Form nach, ihre speziellen Interessen liegen teilweise außerhalb von Eden. Dennoch nehmen viele von ihnen die eine oder andere genossenschaftliche Aufgabe sehr ernst, insbesondere die Bewirtschaftung ihrer Gärten. Diese Anforderungen erfüllen sie mit Ideenreichtum und dem Bewußtsein, damit Edener Ansprüchen nach einer gesunden und naturnahen Lebensweise nachzukommen. Im Unterschied zu verschiedenen anderen Edener Typen suchen sie dabei jedoch selten einen Gemeinschaftsbezug und geben persönliche Erfahrungen nur bedingt weiter.

Bedeutsam an den Edener Aktivitätstypen ist, daß sich alle am genossenschaftlichen Leben beteiligen und ihren Alltag auf Edener Prämissen beziehen. Jeder Typ präferiert dabei bestimmte Verhaltensweisen und setzt spezifische Schwerpunkte in seinem Gesundheits- und Naturbezug (vgl. auch Pofert et al. 1997, Segert/Zierke 1999). Daran wird deutlich, daß sich mit dem Ziel einer ökologischen Siedlung sehr verschiedene Facetten des Denkens und Handelns von Edenern verbinden. Nur in ihrem Zusammenspiel machen sie eine Breite aus, die von der Eden-Genossenschaft angestrebt wird. Jeder Typ braucht spezifische Bedingungen, um seine Lebensformen zu praktizieren und einen konkreten Bezug zur Ökologie herzustellen.

Dieser Prozeß verläuft keineswegs reibungslos. In Interviews, Gesprächen und Beobachtungen hat sich herausgestellt, daß die Edener Pioniere, die gewachsene Traditionen aufrechterhalten bzw. eine ökologische Mustersiedlung aufbauen wollen, in den Genossenschaftsgremien stark vertreten sind. Sie prägen die Genossenschaftspolitik und messen sie häufig am eigenen Verhalten. Nicht immer bringen sie ausreichend Toleranz gegenüber anderen Typen auf, wodurch Spannungen im Gemeinschaftsleben entstehen, die in verschiedenen Öffentlichkeiten der Genossenschaft ausgetragen werden.

Nicht zuletzt offenbaren sich an dem ausgewählten Fallbeispiel aktuelle Probleme der allgemeinen ökologischen Bewegung. So wurden in Eden seit Beginn der 90er Jahre ökologische Debatten entfaltet, um Eden als ökologische Mustersiedlung zu entwickeln. Heute zeigt sich, daß verschiedene der damals aufgezeigten Strategien für den Edener Alltag wenig relevant und handlungsleitend geworden sind, weil sie zu große Ansprüche an Verhaltensänderungen der Edener stellten. Unterstützung fanden hingegen jene Initiativen, für die bereits Voraussetzungen in den Denk- und Verhaltensmustern der Siedler vorhanden waren. Das gilt für die Wiederbelebung der genossenschaftseigenen Zeitschrift „Edener Mitteilungen“ ebenso, wie für die enorme Resonanz auf die neu angestellte Gartenbauberaterin oder die Profilierung von ehrenamtlichen Arbeitsgruppen im ökologischen Bereich. Das Fallbeispiel der Eden-Genossenschaft macht somit deutlich, wie anknüpfend an konkrete lokale Aktivitätstypen ökologische Lebensformen verbreitet werden können.

Literatur

VORSTAND DER EDEN-GENOSSENSCHAFT (Hrsg.) (1920): Die Obstbausiedlung Eden in Oranienburg in den ersten 25 Jahren ihres Bestehens.

BAUMGÄRTNER, J. (1992): Ernährungsreform – Antwort auf Industrialisierung und Ernährungswandel: Ernährungsreform als Teil der Lebensreformbewegung am Beispiel der Siedlung und des Unternehmens Eden seit 1893, Frankfurt /M.

BRAND, K.-W. (Hrsg.) (1997): Nachhaltige Entwicklung. Eine Herausforderung an die Soziologie. Opladen.

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (Hrsg.) (1996): Umweltbewußtsein in Deutschland, Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Berlin.

DÜLFER, E. (1995): Betriebswirtschaftslehre der Genossenschaften und vergleichbarer Kooperativen, Göttingen.

KERBS, D., REULECKE, J. (Hrsg) (1998): Handbuch der deutschen Reformbewegungen: 1880 – 1933, Wuppertal.

KLUGE, S. (1999): Empirisch begründete Typenbildung. Zur Konstruktion von Typen und Typologien in der qualitativen Sozialforschung, Opladen.

KRABBE, W. R. (1974): Gesellschaftsveränderung durch Lebensreform: Strukturmerkmale einer sozialreformerischen Bewegung im Deutschland der Industrialisierungsperiode, Göttingen.

POFERL, A.; SCHILLING, K.; BRAND, K.-W. (1997): Umweltbewußtsein und Alltagshandeln. Eine empirische Untersuchung sozial-kultureller Orientierungen, Opladen.

SEGERT, A.; ZIERKE, I. (1997a): Nachhaltige Lebensweisen als Ressource für die Schaffung neuer Beschäftigungsfelder. Wissenschaftliche Untersuchung weicher Standortfaktoren bei der Erarbeitung und Umsetzung einer Agenda 21 in der Region Ostprignitz-Ruppin, Potsdam.

SEGERT, A.; ZIERKE, I. (1997b): Sozialstruktur und Milieuerfahrungen. Empirische und theoretische Aspekte des alltagskulturellen Wandels in Ostdeutschland, Wiesbaden.

SEGERT, A.; ZIERKE, I. (1999): "...daß wir die Zukunft mitbedenken" - Akteure nachhaltiger Entwicklung in einer ostdeutschen Region, in: Hofmann, M.; Maase, K.; Warnecken, B.-J. (Hrsg.) Ökostile. Zur kulturellen Vielfalt umweltbezogenen Handelns. Marburg, 87 - 120.

STANGE, U. (1994): Genossenschaftsrecht auf dem Prüfstand. Erfahrungen bei der Errichtung und Umwandlung von Genossenschaften in Ostdeutschland. In: Steding, R. (Hrsg.): Genossenschaftsrecht im Spannungsfeld von Bewahrung und Veränderung, Göttingen, 43 - 82.

Statut der Gemeinnützigen Obstbau-Siedlung Eden eG., Oranienburg-Eden 1998.

Anschrift der Autoren

Dr. Astrid Segert, Dr. Irene Zierke
Universität Potsdam
Lehrstuhl Organisations- und Verwaltungssoziologie
August-Bebel-Strasse 89
14482 Potsdam

Interaktive multimediale Bildungssoftware „Ökosystem Wald – Artenvielfalt in Brandenburg“

R. Wipper

Zusammenfassung

Die interaktive multimediale Lernsoftware: „Ökosystem Wald – Artenvielfalt in Brandenburg“ wurde als gemeinsames Projekt der Universität Potsdam, Professur Umweltbildung, mit Kooperationspartnern aus der Schutzgemeinschaft Deutscher Wald e.V., Landesverband Brandenburg; Arbeitskreis Wald & Bildung; der Gemeinschaft zur Förderung der Umweltbildung e.V. entwickelt. Die Multimediafirma media green GmbH übernahm die Programmierung.

Vom Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten wurden für dieses Projekt Fördermittel zur Verfügung gestellt.

Die Bildungssoftware integriert zahlreiche multimediale Bausteine (Fachtexte, Bilder, Videos, Tierstimmen) zu einem nutzerfreundlichen, attraktiven und interaktiven Angebot.

Summary

The multimedia interactive software „The Wood as an Ecosystem– Biodiversity in Brandenburg“ is the result of teamwork different partners under supervision of Professor Environmental Education at the Potsdam University.

The software gives the description of biodiversity of the wood areas in Brandenburg.

The project was supported by the Ministry of Agriculture, Food and Forest of Brandenburg.

Users interested in nature and values with professional interest can use various multimedia components as descriptions of animals and plants, pictures, animal sounds and videos. Also, they can test their knowledge of animals or look for information on wood as an ecosystem.

Projektbeschreibung

Ziele und Zielgruppen

In ganz Europa gibt es kaum noch vom Menschen unbeeinflusste Wälder. Reste der ursprünglichen natürlichen Waldgesellschaften sind nur noch kleinstflächig vorhanden.

Jede Waldgesellschaft bildet in Abhängigkeit von ihren Standortfaktoren eine ganz spezielle Lebensgemeinschaft mit charakteristischen Arten. Diese Charakterarten sind auch in anthropogen beeinflussten Wäldern noch ein Indiz für die ursprüngliche Artenausstattung.

Das Projekt „Ökosystem Wald – Artenvielfalt in Brandenburg“ informiert in einer multimedialen, interaktiven Lernsoftware über diese ursprüngliche Artenvielfalt. Der Schwerpunkt liegt auf ökologisch bedeutsamen, aber weniger bekannten Tier- und Pflanzenarten, die in den natürlichen Waldgesellschaften Brandenburgs heimisch sind.

Die Lernsoftware bietet Suchfunktionen an, die einen schnellen Zugriff auf die unterschiedlichsten Themenbereiche wie Tiere und Pflanzen des Waldes, Gesetzestexte und Richtlinien zum Wald, Natur des Jahres, Literatur und einschlägige Beiträge aus den „Brandenburgischen Forstnachrichten“ und dem „Waldboten“ ermöglichen. Tier- und Pflanzenarten können in dem etwa 11 000 Einträge umfassenden Schlagwortkatalog sowohl nach ihrer wissenschaftlichen als auch nach ihrer umgangssprachlichen Bezeichnung gesucht werden.

Bei der erforderlichen Installation der Software auf dem Personalcomputer des Anwenders erfolgt eine Verknüpfung von Software und „individueller“ Festplatte. Damit sind die technischen Voraussetzungen für eine Individualisierung der interaktiven Software gegeben. Über einen ‚Notizbutton‘, der auf allen Tier- und Pflanzen- sowie Waldgesellschafts-Seiten zur Verfügung steht, kann der Nutzer eigene Einträge vornehmen, z. B. Beobachtungen, Ergänzungen zum Fachtext der Seite, weiterführende Literatur. Diese Einträge werden unter dem Seitennamen der Bildschirmseite der Software auf der Festplatte abgespeichert. Sie stehen für die weitere Bearbeitung mit einem Textverarbeitungsprogramm zur Verfügung und werden bei erneutem Aufruf der Bildschirmseite über den Notizbutton angezeigt.

Die interaktive Lernsoftware wurde vorrangig als Fortbildungs- und Informationsmaterial für in der Forstwirtschaft Beschäftigte, Mitarbeiter Unterer Naturschutzbehörden, Naturinteressierte und Waldbesitzer entwickelt. Sie ist außerdem für Öffentlichkeitsarbeit in Naturschutz- und Umweltzentren und für außerschulische Umweltbildung in Umweltbildungseinrichtungen unterschiedlicher Art z. B. Waldschulen, Jugendwaldheimen sowie für allgemeinbildende Schulen geeignet.

Für die verschiedenen *Zielgruppen* waren spezielle Anforderungen und Erwartungen herauszuarbeiten und in der didaktischen Konzeption dieser Software zu berücksichtigen.

Bei der Diskussion des Gesamtkonzepts der Lernsoftware wurden immer wieder Zweifel daran geäußert, ob eine so weitgefähte Adressatengruppe überhaupt adäquat mit dieser Bildungssoftware werde arbeiten können.

In der Regel wird bei Bildungsprojekten – nicht nur aus förderpolitischen Gepflogenheiten - erwartet, dass eine sehr genaue und vor allem enge Definition der Zielgruppe erfolgt, aus der dann möglichst linear Konsequenzen für die Ziel-Inhalt-Methode-Relation und Gestaltung des jeweiligen Projektes abzuleiten sind.

Mit den Kooperationspartnern aus der Schutzgemeinschaft Deutscher Wald e. V., Landesverband Brandenburg, Arbeitskreis Wald & Bildung, der Gemeinschaft zur Förderung der Umweltbildung e.V., der mit der Programmierung beauftragten Multimediafirma media green GmbH, den in die Evaluierung einzubeziehenden umweltpädagogischen Einrichtungen wurde unser Ansatz in einem Workshop diskutiert und mit der breiten Fassung der Zielgruppen als Arbeitsgrundlage bestätigt.

Bei der Entwicklung der Software waren unterschiedliche Aufgaben und Probleme zu meistern.

Zu den *Grundaufgaben* gehörten die

- Festlegung der inhaltlichen Linienführung der zu entwickelnden Lernsoftware sowie die
- Entscheidung über die Programmierplattform

Im vorliegenden Fall fiel die Entscheidung zugunsten von Toolbook aus, einem Autorensystem für Windows. Toolbook-Applikationen sind besonders für Anwendungsbereiche geeignet, die eine grafische Benutzeroberfläche und eine leichte Programmbedienung erfordern. Da solche Anwendungen in Toolbook entwickelt und ausgeführt werden, läßt sich eine konkrete Anwendung jederzeit nach Bedarf verändern. Damit stand ein flexibles Werkzeug für die Erstellung einer Multimedia-Applikation zur Verfügung, dessen Nutzung auch für „Nichtprogrammierer“ leicht erlernbar war.

Auf diesen grundsätzlichen Entscheidungen bauten die differenzierte Ziel- und Inhaltsdetermination und die Auswahl der in der Software zu berücksichtigenden Arten ebenso wie die didaktische Aufbereitung auf.

Weiterhin waren Multimedia-Bausteine inhaltsadäquat zu sammeln, anzufertigen, zu bearbeiten und Partner zu finden, um eventuelle Lücken in den inzwischen an der Professur Umweltbildung umfangreich aufgebauten Multimediaarchiven zu schließen.

Inhaltsdetermination

Für die *Inhaltsdetermination* der multimedialen Bildungssoftware „Ökosystem Wald“ waren folgende Auswahlkriterien relevant, um den Ansprüchen der „breiten Zielgruppe“ entsprechen zu können:

Auswahl der Arten

Die Auswahl der Arten erfolgte aus wissenschaftssystematischer Sicht gemäß den Erkenntnissen von Spezieller Biologie, Ökologie und Pflanzensoziologie.

Dabei wurden folgende Prämissen gesetzt:

- Das System der Organismen kann nicht in seiner Vollständigkeit berücksichtigt werden.
- Dem Nutzer sollen tierische und pflanzliche Organismen der Waldgesellschaften in ihrer Mannigfaltigkeit vorgestellt werden.
- Es ist eine Auswahl zu treffen, die die Vielfalt der Organismen auch didaktisch vermitteln kann.
- Bei der Fülle der vorzustellenden Arten muß der wissenschaftssystematische Zusammenhang für den Nutzer erkennbar bleiben.
- Es werden Arten ausgewählt, die der makroskopischen Beobachtung – also keine Mikroorganismen – zugänglich sind.
- Vorrangig werden weniger bekannte Tier- und Pflanzenarten sowie Charakterarten der Waldgesellschaften einbezogen.
- Schwerpunkt für die Auswahl sind die tatsächlich in Brandenburgs Wäldern vorkommenden Organismen.

Auswahl der naturnahen Waldgesellschaften

Aus pflanzensoziologischer Sicht sind in der einschlägigen Literatur sehr unterschiedliche Differenzierungen und Kategorisierungen von Pflanzengesellschaften zu finden.

Die in dem Wald-Projekt vorgenommene Gliederung der Waldgesellschaften folgt annähernd der natürlichen Bestockung, die für Brandenburg auf Grund standörtlicher Gegebenheiten als ursprünglich anzusehen ist. Es mußte aus der Fülle der vorliegenden Erkenntnisse und Schriften zu den Pflanzengesellschaften eine handhabbare Auswahl getroffen werden.

Damit sollte jedoch keine neue pflanzensoziologische Kategorisierung eingeführt werden. Wir versuchten lediglich, relativ kurz und knapp eine Orientierung für die Kennzeichnung charakteristischer naturnaher Waldgesellschaften auf der Grundlage von Charakterarten zu geben. In der Regel stocken heute auf diesen Flächen als Ersatzgesellschaften Forsten, oder sie werden in vielen Fällen landwirtschaftlich als Acker- und Grünland genutzt.

Auf Grund der standörtlichen Gegebenheiten sind auch in Forsten heute noch Vertreter der Kraut- und Bodenschicht der ursprünglichen natürlichen Waldgesellschaften anzutreffen. Über solche Vertreter sollte die Lernsoftware informieren.

Um für die vorgesehenen Zielgruppen eine praktikable und plausible Lösung anzubieten, wurde die Kategorisierung nach in Brandenburg vorkommenden „Hauptgesellschaften“ vorgenommen.

- Eine Karte zur ursprünglichen Verbreitung natürlicher Waldgesellschaften Brandenburgs wurde für die Software in eine nutzerfreundliche sensitive Karte umgesetzt.
- Anhand wissenschaftlicher Fachliteratur wurden Charakterarten ausgewählt und gekennzeichnet.
- Es wurden in der Regel nur Waldgesellschaften und deren Artenausstattung aufgenommen, die in Brandenburg auch tatsächlich anzutreffen sind.

Didaktische Konzeption

Bei der Entwicklung und dem Einsatz einer multimedialen Applikation für Umweltbildung und Öffentlichkeitsarbeit besteht leicht die Gefahr, dass diese Anwendung selbst zu sehr in das Zentrum der Aufmerksamkeit gerückt wird und die Gestaltung einer ansprechenden Lernumgebung vernachlässigt wird. Unter dem Gesichtspunkt der Nutzung multimedialer, interaktiver Lernsysteme sind folgende Aspekte für die Gestaltung der Lernumgebung besonders relevant:

- eine adäquate inhaltliche Strukturierung,
- eine angemessene Medienwahl und Mediengestaltung,
- vielfältige Interaktionsmöglichkeiten,
- Motivierung und Orientierung der Lernenden,
- Selbstkontrollmöglichkeiten sowie
- ein ansprechendes, klares Design.

Deshalb soll ausdrücklich hervorgehoben werden, dass Multimediaangebote in der Umweltbildung *Hilfsmittel* sind, z. B. beim Kenntniserwerb Mittel- und Mittlerfunktion haben, bei der Vor- und Nachbereitung realer Naturbegriffen.

Daher waren folgende Anforderungen bei der didaktischen Gestaltung der Lernsoftware zu berücksichtigen:

- Alle in die Software einbezogenen Arten waren in ihren Merkmalen, ihrer Verbreitung sowie ihrer Bedeutung in eigens für die Software erstellten kurzen Bildschirmtexten und durch mindestens ein Bild oder Video vorzustellen.
- Tierstimmen waren, soweit verfügbar, einzubeziehen.
- Die Texte sollten gut lesbar und beim Betreten der Bildschirmseite in der Regel keine Scrollleiste aufweisen.
- Dem Nutzer der Software waren die verwandtschaftlichen Beziehungen der Organismen zu verdeutlichen, da das Erkennen der Einheit in der Mannigfaltigkeit die Ausbildung von Formenkenntnissen wirkungsvoll unterstützen und Orientierungshilfe beim selbständigen Ansprechen von Tier- und Pflanzenarten geben kann.
- Beispielhaft war die Anwendung der Methode „Bestimmen von Organismen“ in einem Fachtext in der Bildungssoftware vorzustellen und für die Bestimmung tierischer Organismen multimedial aufzubereiten.
- Komfortable Suchmaschinen sollten einen schnellen Zugriff auf die Informationen gestatten.
- Die Navigation sollte einen ‚Ariadnefaden‘ enthalten, der die Rückkehr zum Ausgangspunkt der Informationssuche anbietet und das Verlieren in immer neuen Verknüpfungsmöglichkeiten einschränkt. Bei multimedialen, mehrfach verzweigten Hypertexten besteht leicht die Gefahr, dass sich der Nutzer in der Fülle interessanter Angebote „verirrt“ und dabei den inneren, fachlichen Zusammenhang der Informationen verliert.

In dem Multimediaprojekt „Ökosystem Wald - Biodiversität in Brandenburg“ wurden für die genannten Anforderungen folgende Lösungen gefunden:

- Um **Übersichtlichkeit** auf der Bildschirmseite zu gewährleisten, wurden „ausklappbare“ Button mit weiteren (versteckten) Informationen am unteren Bildschirmrand platziert.
 - Ein *„Systematikbutton“* bietet Informationen zur verwandtschaftlichen Einordnung der jeweiligen Arten. Der Nutzer kann sich über die Einträge in diesem mehrfach interaktiven Button in die verschiedenen systematischen Ebenen klicken.
 - Fachbegriffe werden über einen *„Lexikonlink“* erklärt. Auf Mausclick öffnet sich ein Fenster, das die Begriffserklärung enthält. Diese Begriffe sind auch über die Suchmaschine auffindbar.
 - Der bereits angesprochene *Notizbutton* ermöglicht, *eigene Beobachtungen* z. B. zu Fundort, Blütezeit bei Pflanzen u. ä. einzutragen und nach Abspeicherung auf der Festplatte auch zu einem späteren Zeitpunkt wieder aufzurufen und zu bearbeiten.

- Nutzerfreundlich ist auch die Möglichkeit, die *Schriftgröße* der Bildschirmtexte über einen Button durch einfachen Klick zu vergrößern.
 - Ein ‚*Diashow*‘-Button bietet die automatisierte Wiedergabe aller auf der jeweiligen Bildschirmseite eingebundenen Bilder. Der Nutzer hat so die Möglichkeit des schnellen Überblicks über die angebotenen Bildinformationen.
- Die *Navigation* in der Wald-CD wurde so programmiert, dass der Nutzer nicht dem „lost in hypertext“ ausgeliefert ist, sondern dass er seinen Weg durch die Software immer wieder nachvollziehen kann und nach „Abschweifungen“ schnell wieder die Ausgangssituation auffinden kann. Außerdem sind mehrere unterschiedliche Zugänge zu den Organismen möglich: der Zugang über die Suche, der Zugang über die Charakterarten der Waldgesellschaften, der Zugang über verwandtschaftliche Beziehungen der Organismen und über den Systematikbutton der Artenseiten.



Auf jeder Seite wird ein Auswahlménü angeboten, das den Rücksprung ermöglicht:

- *zurück*: zur letzten besuchten Seite (ein Schritt zurück, mehrfach aufrufbar),
- *Organismen*: zum Überblick auf die in der Software berücksichtigte Fauna und Flora,
- *Navigator*: zum Eingangsménü mit den interaktiven Buttons zu
 - Waldgesellschaften*
 - Organismen*
 - Ton-Dia-Show*
 - sensitive Karte von Brandenburg*
 - Hilfe und Informationen* mit Erläuterungen zur Software und mit Fachtexten,
 - Gesetzestexte, Richtlinien* aus der Gesetzgebung des Landes Brandenburg,
 - Impressum*: Vorstellung der Kooperationspartner in Text und Bild,
 - Ton-Quiz*: Spielerische Überprüfung von Kenntnissen,

Piktogramm *Ausgang*: Ende des Programms.

Projektmanagement

Bereitstellung von geeignetem Bild-, Ton- und Videomaterial

Die Professur Umweltbildung verfügt über umfangreiche Bild- und Videoarchive, ein Tonarchiv ist im Aufbau. Auf diese Archive konnte weitgehend zurückgegriffen werden. Trotzdem war es erforderlich, weiteres Bildmaterial zu erwerben, um den formulierten Ansprüchen zu genügen und auch seltene, schwer beobachtbare und weniger bekannte Arten vorzustellen.

Für den Erwerb von Bildmaterial war abzusichern, dass für jedes Bild eindeutig das Copyright des jeweiligen Bildautors ausgewiesen und innerhalb der Software abgerufen werden konnte. Die Nutzungsrechte für eine nichtkommerzielle Verwertung der Software wurden letztlich nur mit einem fast symbolischen Honorar (gemessen an der Europäischen Honorarordnung für Bildmaterialien von 1995) erworben oder aber unentgeltlich von den Bildautoren zur Verfügung gestellt. Ein interaktiver Copyright-Button © unterhalb des Bildfensters zeigt auf dem Bildschirm bei Berührung mit der Maus den Namen des jeweiligen Bildautors an. Zusätzlich gibt das Impressum einen Überblick über die Bildautoren, die mit Bild und kurzem Text zur Person vorgestellt werden.

Alle Bilder mußten digitalisiert und nach den Erfordernissen der Software (Bildgröße, Bildformate, Speicherplatzbedarf, Bildqualität) bearbeitet werden.

Durch eine besondere Programmierleistung der Firma media green GmbH war es möglich, sich schnell aufbauende Bilder im *.jpg Format in die Software einzubinden. Die komprimierten Bilder im *.jpg-Format benötigen nur relativ geringen Speicherplatz. Damit konnten 6.520 Bilder und eine größere Anzahl von Videos und Tierstimmen in die Software integriert werden.

Bei der Fülle der eingebundenen Medien erwies sich jedoch auch eine CD-ROM mit einer Speicherkapazität von 700 MByte als endlich!

Erfahrungen beim Projektmanagement

Die Bildungssoftware „Ökosystem Wald“ wurde in einer Arbeitsgruppe entwickelt, die unterschiedliche Kompetenzen vereinigte. Fachexperten und Pädagogen berieten Inhalte, Interaktionsstrukturen und Gestaltungselemente, die durch entsprechende Programmierung umgesetzt werden sollten. Eine gut funktionierende Kommunikation zwischen allen Beteiligten in jeder Phase der Entwicklung einer solch komplexen Bildungssoftware ist eine ganz wesentliche Voraussetzung für erfolgreiche Arbeit. Einerseits gibt es nicht ausreichende Kenntnisse zu den Möglichkeiten der gewählten Programmierplattform, andererseits verbieten sich Möglichkeiten der Programmierung aus fachsystematischer und didaktischer Sicht.

Durch eine gut gestaltete Benutzerführung, die sich im Dialog mit den Programmierern entwickelte, wurden die Anforderungen an programmiertechnische Vorkenntnisse bei den Bearbeitern reduziert. Diese Erfahrungen sprechen dafür, die gewählte Programmierplattform auch für studentische Projekte zu nutzen. Durch geeignete Programmierertools wird die Aufmerksamkeit nicht auf Fragen der Programmierung abgelenkt, sondern bleibt auf inhaltliche und didaktische Fragestellungen der Lernsoftware fokussiert.

Das Einbinden und Verknüpfen von Texten, Bildern, Tönen, Videos zu einer multimedialen, interaktiven Software wurde durch Mitarbeiter der Professur Umweltbildung, durch die Gemeinschaft zur Förderung der Umweltbildung e. V. und durch Honorarkräfte geleistet.

Die einzelnen Themengebiete, in der Regel nach systematischen Einheiten strukturiert, konnten zunächst in eigenständigen kleineren Kapiteln erarbeitet werden; Bilder und themeninterne Links wurden in die Software eingebunden.

Über einen längeren Zeitraum war somit die parallele Arbeit an unterschiedlichen Teilthemen möglich.

Für die Fertigstellung der Software und die interaktive Verknüpfung mußten die Teilelemente in ein großes Softwarepaket vereinigt und mit entsprechenden Links verbunden werden.

Von diesem Zeitpunkt an konnte nicht mehr zeitgleich an der Software, die inzwischen einen Umfang von etwa 1800 Bildschirmseiten erreicht hat, gearbeitet werden!

Das Gesamtpaket wurde im Autorenmodus relativ schwer- und störanfällig.

Unsere Erfahrungen zeigen, dass ein sehr umfangreiches multimediales Angebot prinzipiell so strukturiert werden sollte, daß die Teilelemente autonom bestehen bleiben und erst durch die Art der Verlinkung im Anwendermodus nach Bedarf und kontextbezogen zusammengeführt werden.

Evaluation und didaktisches Konzept

Die zwischenzeitlich mehrfach erfolgten Evaluierungen der Software durch Vertreter der unterschiedlichen, eingangs genannten Zielgruppen ergaben durchgängig eine positive Resonanz auf die „Wald-CD“. In deren Ergebnis wurde die vorliegende Software als wissenschaftlich fundiertes, informatives, ästhetisch gestaltetes Arbeitsmittel eingeschätzt.

Durch zahlreiche Verknüpfungen der Informationen (Texte, Töne, Bilder, Videos) auf fast 2000 Bildschirmseiten, durch das Angebot von je etwa 100 Tierstimmen und Kurzvideos und die Beschreibung von charakteristischen Tier- und Pflanzenarten der Waldgesellschaften Brandenburgs ist ein umfangreiches Informationspaket entstanden, das über komfortable Suchmaschen einen schnellen fachlichen Zugang ermöglicht.

Die Ergebnisse wurden mehrfach präsentiert, so z. B. auf der Jahreshauptversammlung der SDW in Cottbus 1999, auf der „Grünen Woche 1999“ in Berlin, auf dem Workshop „Neue Medien in der Umweltbildung“ 1999 in Potsdam, vor Amtsleitern der Forst des Landes Brandenburg 1999, vor dem Bundesfachausschuß des NABU „Umwelt und Bildung“ in Hannover 1999, vor Fachlehrern und Schülern der Sekundarstufe I und II.

Die Resonanz auf die bisherigen Präsentationen bestätigt unser didaktisches Konzept für die Wald-CD als tragfähig.

Folgende Schwerpunkte und deren jeweilige Umsetzung in der Software sollen dabei besonders hervorgehoben werden:

Neugierig machen auf Natur

Multimediashow mit Überblickscharakter.

Multimediale Bestimmungshilfe für tierische Organismen.

Schöne Bilder, in der Regel Originalaufnahmen aus Brandenburg.

Ansprechen möglichst vieler Sinne (Auge, Ohr).

Informieren über die Artenvielfalt im Ökosystem Wald in Brandenburg

Eine sensitive Karte ermöglicht jeweils den Einstieg in die Beschreibung der entsprechenden Waldgesellschaft. Charakterarten werden benannt. Per Mausklick wird die entsprechende Artenseite aufgerufen.

Alle Informationen zu Tieren, Pflanzen, Pilzen, Waldgesellschaften sind auf wissenschaftlich fundierter Basis für den Bildschirm aufbereitet. Dabei wurde besonders auf Übersichtlichkeit der Bildschirmseite, Lesbarkeit der Texte, auf das Aufrufen von Bildern, Videos, Tierstimmen und lexikonartigen Erläuterungen per Mausklick, auf Informationen zum Schutzstatus bei gefährdeten Arten nach den Roten Listen Brandenburgs, auf Anleitung zur selbständigen Bestimmung von Tierarten und zum Umgang mit Bestimmungsliteratur geachtet.

Die große systematische oder verwandtschaftliche Zuordnung der Organismen wurde über den Systematikbutton gekennzeichnet. Damit soll zusätzliche Orientierung beim Einprägen von Formenvielfalt und Kennmerkmalen gegeben werden.

Alle in die Bildungssoftware einbezogenen Arten aus dem Ökosystem Wald (Tiere, Pflanzen, Pilze) sind über die Suche recherchierbar.

Alle Organismen innerhalb der „Natur des Jahres“ werden entweder durch eine eigene Seite oder zumindest durch ein Bild mit erläuternder Bildunterschrift veranschaulicht. Über Gesetzestexte und Richtlinien zur Waldnutzung und -pflege können Festlegungen zur Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktion des Waldes recherchiert werden.

Werkzeuge zur komfortablen Nutzung der Bildungssoftware

Volltextrecherche in Gesetzestexten und verbindlichen Richtlinien Brandenburgs, in Literaturhinweisen und im Waldboten ermöglichen einen flexiblen Zugang zu den Ausführungen.

Nach den in der Software beschriebenen bzw. erwähnten Arten kann in einer Datenbank mit etwa 11.000 Stichworten recherchiert werden.

Zu den Arten und den Waldgesellschaften können auf jeder Seite eigene Notizen eingetragen werden, die auf der Festplatte des Nutzer unter dem jeweiligen Namen der Seite, in der Regel dem Artnamen, abgelegt werden und jederzeit zur Verfügung stehen. Dieses Notizenfenster ist beispielsweise für das Protokollieren eigener Beobachtungen oder für die Erfassung des Arteninventars eines Biotops geeignet. Die Software kann damit nach den Bedürfnissen des Nutzers individualisiert werden.

Weiterführende Literaturangaben sollen eine erweiterte Auseinandersetzung mit Fragen der Biodiversität unterstützen.

Ausgewählte Beiträge aus den „Brandenburgischen Forstnachrichten“ ergänzen Fachinformationen zur Artenvielfalt in Brandenburgs Wäldern.

Unterhaltsam bilden

Eine informative Ton-Dia-Show führt in die Problematik von Biodiversität und Artenkenntnissen am Beispiel natürlicher Waldgesellschaften Brandenburgs ein. Sie bringt dem Nutzer das Anliegen der Lernsoftware nahe und motiviert ihn zu einer intensiveren Auseinandersetzung mit der CD-ROM. Gleichzeitig werden mögliche Schwierigkeiten für die Wahrnehmung der Artenvielfalt in unseren Wäldern bewußt gemacht.

Ein Tierstimmenquiz ermöglicht es, Tiere des Waldes an ihren Lautäußerungen wiederzuerkennen. Es folgt den Vorgaben eines Zufallsgenerators, so dass ein bloßes Einprägen der Reihenfolge der Lautäußerungen ausgeschlossen wird. Bei einer Fehlentscheidung wird die richtige Lösung eingeblendet.

Ein Feedback soll den Spieler anregen, seine Leistung zu verbessern. Dazu kann auf der jeweiligen Artenseite nachgeschlagen werden, der Text gelesen und die Tierstimme angehört werden. Dabei dürfte ein positiver Lerneffekt zu erwarten sein.

Abschließend läßt sich einschätzen, dass mit der interaktiven multimedialen Software zur Biodiversität im Ökosystem Wald ein flexibles Bildungsangebot entstanden ist, in das der Lernende kontextbezogen eigene Bemerkungen, Kommentare und Beobachtungen einfügen kann, so dass sich im Laufe der Zeit eine individualisierte Variante des Lernprogramms entwickelt.

Anschrift der Autorin

Dr. Renate Wipper
Universität Potsdam
Zentrum für Umweltwissenschaften
Professur Umweltbildung
Park Babelsberg 14
14482 Potsdam

Umwelt und Ökonomie
Nachhaltigkeit

Produkte und Prozesse mit dem Ziel Nachhaltigkeit Teilprojekt: „Marketing, Kommunikation, Informationsmanagement“

I. Balderjahn, C. Krueger

Zusammenfassung

Gesamtziel des Vorhabens ist es, für das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) spezifische Aspekte zur Ausgestaltung des Forschungsprogramms „Forschung für die Produktion von morgen“ für das Handlungsfeld „Produkte und Prozesse mit dem Ziel Nachhaltigkeit“ zusammenzutragen. Das Handlungsfeld, das als Vordringliche Aktion (VA) eingestuft wurde, wurde in einer Projektgemeinschaft mit vier Kooperationspartnern untersucht. Gegenstand des Teilprojekts des Lehrstuhl für Marketing der Universität Potsdam ist die Untersuchung des Forschungsbedarfs im Hinblick auf nachhaltiges Wirtschaften in dem Handlungsfeld ‘Marketing, Kommunikation und Informationsmanagement’.

Summary

This project aims to compile specific aspects for the German Ministry of Education and Research (BMBF) within the theme „Produkte und Prozesse mit dem Ziel Nachhaltigkeit“ (sustainable products and processes) as input for the research program „Forschung für die Produktion von morgen“. The theme sustainability, which has been classified as ‘Vordringliche Aktion (prior action)’ was investigated by a joint research group of five participants. The task of the partial project of the department of Marketing of the University of Potsdam is to investigate industrial research needs with reference to sustainability in the field ‘marketing, communication and information management’.

Projektbeschreibung

Ausgehend von einem wertschöpfungsbezogenen Ansatz wurden Konzepte und Strategien analysiert, wie Unternehmen durch die Umsetzung des Konzeptes Nachhaltigkeit in die Unternehmenspraxis Wettbewerbsvorteile erzielen und Konsumenten den zusätzlichen Nutzen nachhaltiger Leistungsangebote vermitteln können. Dabei liegt hier der Schwerpunkt in Lösungsmöglichkeiten zur Förderung der Marktentwicklung sowohl auf Angebots- als auch auf der Nachfrageseite durch geeignete Maßnahmen und Instrumente des Marketing, der Kommunikation und des Controllings.

Der Bedarf der Wirtschaft wurde auf der Grundlage von Expertenbefragungen mittels qualitativer Interviews, Fragebögen, Workshops und Expertisen erfaßt und ausgewertet. Daraus wurden Schlußfolgerungen abgeleitet und im Rahmen einer Delphi-Runde von weiteren Industrievertretern diskutiert

und bewertet. Die Ergebnisse werden in das BMBF-Rahmenkonzept „Forschung für die Produktion von Morgen“ einfließen.

Veröffentlichungen

BALDERJAHN, I.; KRUEGER, C.: Marketing, Kommunikation und Informationsmanagement. Abschlußbericht zum Projekt: Vordringliche Aktion (VA) des BMBF „Produkte und Prozesse mit dem Ziel der Nachhaltigkeit,„

Anschrift des erstgenannten Autors

Prof. Dr. Ingo Balderjahn
Universität Potsdam
Lehrstuhl für BWL mit dem Schwerpunkt Marketing
August-Bebel-Str. 89
14482 Potsdam
E-mail: balderja@rz.uni-potsdam.de

Ansätze für eine dauerhaft umweltgerechte landwirtschaftliche Produktion: Modellgebiet Nordost-Deutschland (GRANO)

K. Müller, A. Wotke, H.-R. Bork

Zusammenfassung

In manchen Regionen kommt es durch landwirtschaftliche Produktion zu Bodenverdichtung und Bodenerosion, zur Auswaschung von Pflanzenschutzmitteln und chemischen Düngern in Grundwasser, Flüssen und Seen. Viele Wirkungen der Landbewirtschaftung auf die Umweltmedien sind heute erforscht und in der Praxis bekannt, werden aber trotzdem oft ignoriert.

Auf der anderen Seite erhöhten sich in Brandenburg die durch landespolitische Entscheidungen geschützten Biotopflächen in den vergangenen Jahren stark. Vielfältige Konflikte zwischen Landnutzern und Naturschützern sowie die Rahmenbedingungen durch die EU und eine fortschreitende Globalisierung machen die Umsetzung nachhaltiger Landnutzungssysteme notwendig. Auf lokaler oder regionaler Ebene kann die Anwendung innovativer Methoden zu positiven Umwelteffekten führen.

Das Projekt GRANO verwendet erprobte Methoden des Konfliktmanagements und der Partizipation. Regionale Interessenvertreter (Landwirte, Naturschützer, Politiker, Tourismusfachleute und Wissenschaftler) arbeiteten in dreitägigen Workshops zusammen. In einem ersten Schritt beschrieben sie die wichtigsten ökologischen, ökonomischen und sozialen Probleme in der Region. Im zweiten Schritt wurden mögliche Lösungsansätze diskutiert. Das Ergebnis waren konkrete Handlungsfelder für die Etablierung lokaler oder regionaler Initiativen. Dazu entwickelte das Projekt GRANO vier Projektbereiche um eine nachhaltige Landnutzung in der Modellregion Uckermark-Barnim umzusetzen:

1. Definition und Honorierung ökologischer Leistungen der Landwirtschaft
2. Umweltberatung für Landwirte
3. Regionalentwicklung und Tourismus
4. Regionales Flächenmanagement

Alle Teilprojekte sind so konzipiert, daß die Aktivitäten nach Ende der Projektlaufzeit von Akteuren, Initiativen oder Institutionen vor Ort weiter getragen werden.

Summary

Agriculture may cause soil compaction and may enable soil erosion processes, the pollution of ground water, rivers, and lakes in some regions. Several interactions between agriculture and environment are well known today and nevertheless widely ignored by farmers. On the other hand, governmental decisions resulted in a significant increase of protected areas in the State of Brandenburg, Northeast-

Germany. Several conflicts among those that are using the landscape and those that try to conserve the landscape as well as the European and the global economic boundary conditions avoid the introduction of sustainable land use systems. Nevertheless, on a local or on a regional level the application of research methods may improve the environmental situation.

Our project is using modern methods of conflict management. Small groups (farmers, environmentalists, politicians, tourism experts, scientists) are gathering for intensive three day workshops. They are defining in a first step the major environmental, economic and social problems of a region. In a second step general solutions are discussed. Finally specific local or regional initiatives will be recommended. Actually the project introduces four initiatives to establish and to prove a sustainable agricultural production in the region 'Uckermark-Barnim':

1. definition, introduction and evaluation of positive ecological effects of agriculture
2. environmental information for farmers
3. regional development: agriculture and tourism
4. regional management of used areas

It is planned that the initiatives will continue after the end of the four-year-project.

Das BMBF-geförderte Verbundforschungsprojekt „Ansätze für eine dauerhaft umweltgerechte landwirtschaftliche Produktion: Modellgebiet Nordost-Deutschland (GRANO)“ (FKZ 0339694 A) entwickelt und erprobt Konzepte, die zu einer dauerhaft-umweltgerechten, also nachhaltigen Nutzung von Agrarlandschaften in ausgewählten Regionen Nordostdeutschlands beitragen.

Koordiniert wird das bis zum Jahr 2002 laufende Vorhaben von K. Müller, V. Toussaint und H.-R. Bork.

Ökonomische und ökologische Ziele schließen sich in der Landwirtschaft nicht von vornherein aus. Diese Hypothese überprüft das Forschungsvorhaben. Als Fallbeispiel dient das Modellgebiet Nordostdeutschland. Um die Ursachen für die immer wieder auftretenden Zielkonflikte – zum Beispiel zwischen Landwirten und Naturschützern – zu erkennen, untersucht das Projekt sowohl die politischen Rahmenbedingungen als auch die spezifischen Anforderungen an eine ökonomisch und ökologisch tragfähige Landwirtschaft. Dass ohne die Partizipation der Praktiker keine tragfähigen Lösungen gefunden werden können, ist eine zentrale Ausgangsthese des Forschungsvorhabens. Daher sitzen bei der Umsetzung in den verschiedenen Projekten konsequent Landwirte, Umweltschützer, Gewerbetreibende und Regionalpolitiker an einem Tisch. Es werden Methoden entwickelt und in Modellvorhaben umgesetzt, welche die Ansprüche und Interessen der verschiedenen Nutzer von Agrarlandschaften integrieren. Im Ergebnis stehen den Entscheidungsträgern Handlungsempfehlungen und Managementkonzepte für eine umweltschonende Agrarlandschaftsnutzung zur Verfügung. Am Ende des auf vier Jahre angelegten Projektes sollen auch konkrete Verbesserungen in den Modellgebieten hin zu einer dauerhaft-umweltgerechten landwirtschaftlichen Produktion stehen, die über die Laufzeit des Projektes hinaus andauern. Alle beteiligten Wissenschaftler - Agrarökonom, Soziologen, Ökologen, Politikwissenschaftler und Regionalplaner - arbeiten dabei über die Grenzen ihrer Fachdisziplinen hinweg eng zusammen.

Das Problem

In den vergangenen Jahrzehnten war die Landwirtschaft in Deutschland von einem raschen Wandel gekennzeichnet. Technischer Fortschritt und agrarpolitische Rahmenbedingungen bewirkten eine bis dahin ungekannte Produktivitätssteigerung. Die Landschaft wurde technologiegerecht gestaltet; die Betriebe spezialisierten sich auf wenige Produkte, wobei technologieintensive Produktionsverfahren flächendeckend eingeführt wurden. Diese Entwicklung der Landbewirtschaftung hat zu gravierenden Umweltproblemen geführt. Dazu gehören beispielsweise Bodenerosion und Bodenverdichtung, Belastungen von Grundwasser und Oberflächengewässern durch Düngemittel- und Pflanzenschutzmittel, Artenrückgang und Biotopzerstörung sowie die Vereinheitlichung des Landschaftsbildes. Langjährige For-

schungsarbeiten haben sowohl die Ursachen dieser Umweltbelastungen aufgedeckt, als auch eine Vielzahl an Möglichkeiten zu ihrer Reduzierung aufgezeigt. Doch bestehen bisher noch viele Umsetzungshemmnisse.

Die Ursachen, weshalb es kaum Fortschritte in der Reduzierung der durch die Landbewirtschaftung verursachten Umweltprobleme gibt, liegen auf unterschiedlichen Ebenen. In erster Linie setzt die EU-Agrarpolitik mit ihren Mengen- und Preisregulierungen die Rahmenbedingungen für die Rentabilität einzelner Betriebszweige. Bedeutende Veränderungen ergeben sich auch zukünftig aus der Umsetzung der Agenda 2000 im Agrarbereich sowie durch die fortschreitende weltweite Liberalisierung des Agrarmarktes. Viele umweltschonende Produktionsverfahren sind zu kosten- oder arbeitsaufwändig, als dass sie eine breite Verwendung finden könnten. Die ökonomischen Zwänge, denen die Landbewirtschaftung unterliegt, lassen offenbar wenig Spielraum für eine standortangepasste landwirtschaftliche Produktion.

Die dennoch vorhanden Gestaltungsmöglichkeiten für eine umweltschonende Produktion auf betrieblicher Ebene werden jedoch oft nicht ausgeschöpft, da sie schwierig in die betrieblichen Abläufe zu integrieren sind oder die tatsächlichen Kosten falsch eingeschätzt werden. Zuweilen besteht nur Unkenntnis über technische Lösungsmöglichkeiten oder es fehlt an der Akzeptanz für diese Verfahren. Häufig werden die verursachten Umweltprobleme nicht als solche wahrgenommen, darüber hinaus verhindern oft Konfrontationen zwischen Landwirten und Naturschützern eine konstruktive und sachliche Diskussion.

Die Projektphilosophie

Da nicht ein Mangel an ökologischem Grundlagenwissen, sondern die oben ausgeführten Zusammenhänge die Hemmnisse für die Etablierung einer dauerhaft-umweltgerechten landwirtschaftlichen Produktion darstellen, sind neue Wege zur Umsetzung dieses Wissens in praktisches Handeln nötig. Dabei muss berücksichtigt werden, dass bei der Gestaltung von Agrarlandschaften unterschiedliche Gruppen von Nutzern und Entscheidungsträgern mit ihren differenzierten Kenntnissen, Interessen und Machtpotentialen wirken. Nur durch eine Einbeziehung aller Beteiligten können konsensfähige und damit tragfähige und nachhaltige Lösungen für eine umweltgerechte landwirtschaftliche Produktion gefunden werden. Mit diesem partizipativen Ansatz werden die vorhanden Gestaltungsspielräume im Hinblick auf eine Ausgestaltung einer dauerhaft- umweltgerechten landwirtschaftlichen Produktion ausgeschöpft.

Schon die Zielsetzung des BMBF-Förderschwerpunktes bedingt die Orientierung an praktischer Umsetzbarkeit. Die entwickelten Konzepte müssen Praxis bezogen sein und bereits während der Projektlaufzeit zu nachprüfbar Verbesserungen der Umweltsituation in der Projektregion führen. Dabei liegt der Schwerpunkt der Arbeiten auf der Erschließung, Aufbereitung, Nutzung und Weiterverbreitung von schon vorhandenem Wissen und dessen situationsspezifischer Anwendung.

Die Komplexität des Forschungsgegenstands bedingt eine inter- oder besser transdisziplinäre Herangehensweise innerhalb des Projekts. Deshalb sind an dem vorliegenden Projekt Agrarwissenschaftler, Ökologen, Regional- und Landschaftsplaner sowie Wirtschafts- und Sozialwissenschaftler beteiligt. Interdisziplinäre Zusammenarbeit kann dabei natürlich nicht das Ergebnis einer einmaligen Zusammenarbeit sein, sondern bedarf einen permanenten Prozess des wissenschaftlichen Diskurses, ein Prozess, der während der gesamten Projektlaufzeit aktiv gestaltet werden muss.

Die Projektstruktur

An GRANO sind unter Federführung des ZALF sechs wissenschaftliche Einrichtungen aus Berlin und Brandenburg beteiligt:

- ZALF
- Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät, Fachgebiet Ressour-

- cenökonomie, Fachgebiet Landwirtschaftliche Beratung und Kommunikationslehre
- Institut für Regionalentwicklung und Strukturplanung (IRS) in Erkner
- Fachhochschule Eberswalde, Fachbereich Landschaftsnutzung und Naturschutz
- Institut für Agrartechnik Bornim (ATB) in Potsdam-Bornim
- Universität Potsdam, Lehrstuhl für Finanzwissenschaften, Lehrstuhl für Geoökologie und Bodenkunde / Zentrum für Umweltwissenschaften.

Partizipation steht als methodischer Ansatz im Zentrum des Forschungsvorhabens. Die für die Akteure transparente und nachvollziehbare Darstellung der Erkenntnisse ist somit notwendiger Bestandteil der Forschung und die unbedingte Voraussetzung für ihren Erfolg. Eine auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Agrarlandschaftsnutzung muss von den Akteuren selbst als dauerhafte Lösung mitentwickelt und umgesetzt werden. Das gesamte Forschungsvorhaben ist auf diesen Erkenntnis- und Umsetzungsprozess ausgerichtet. Aus dem Wechselspiel zwischen der Anwendung von Erfahrungswissen, der Analyse des Prozesses und der Ergebnisse ergeben sich laufend Anpassungen der Planung an den jeweiligen Projektfortschritt.

Welche Informationen begünstigen die Konsensfindung zwischen Umweltschützern, Politik und Landwirten? Landwirte streben eher das kurzfristige Ziel der Einkommenssicherung der lokal Beschäftigten an. Die Umwelt- und Naturschützer hingegen verfolgen Ziele, die einen Zeithorizont von mehreren Generationen aufweisen können. Im Forschungsverbund erfolgt eine Analyse dieser komplexen Konfliktlage.

Die Gebiete Uckermark-Barnim und Elbe-Elster eignen sich gut für die repräsentative Untersuchung, denn sie weisen eine Vielfalt von naturräumlichen Gegebenheiten, von unterschiedlichen Landnutzungen sowie Problemlagen und Entwicklungsperspektiven auf. Die Ergebnisse lassen sich daher über Nordost-Deutschland hinaus gut auf andere Regionen übertragen.

Nach intensiven Befragungen und Analysen in den ausgewählten Regionen veranstaltete das Projekt in jeder Modellregion einen sogenannten Planungsworkshop. Dabei wurden Vertreter verschiedener gesellschaftlich relevanter Gruppen von Vertretern der Wissenschaft zu einem jeweils dreitägigen Workshop eingeladen. Ziel war es, gemeinsam mit den Akteuren die wichtigsten regionalen Probleme zu identifizieren und mögliche Handlungsfelder sowie Erfolg versprechende Lösungsansätze zu erarbeiten.

In diesen Handlungsfeldern bildeten sich partizipativ vier Projektbereiche zur praktischen Umsetzung:
 Definition und Bewertung ökologischer Leistungen der Landwirtschaft
 Landwirtschaftliche Beratung zu Umweltthemen
 Regionalentwicklung: Landwirtschaft und Tourismus
 Regionales Flächenmanagement

Definition und Bewertung ökologischer Leistungen der Landwirtschaft

Das Forschungsvorhaben will ein neues System zur Definition und Bewertung ökologischer Leistungen der Landwirtschaft etablieren. Politik, Landwirtschaft und Wissenschaft definieren dazu gemeinsam Umweltqualitätsziele, deren Erreichungschancen schon im Rahmen dieser Forschung evaluiert werden sollen. Ökologische Leistungen der Landwirtschaft in Übereinstimmung mit den Umweltzielen werden durch dezentrale und flexible Mittelvergabe effizienter honoriert und so maßgeblich gefördert. Weitere Effizienzsteigerungen sind auch von neuen Kooperationsformen zu erwarten, deren Ausgestaltung von der Wissenschaft unterstützt wird. Demonstrationsvorhaben sollen schließlich zeigen, welche Änderungen der agrarpolitischen Rahmenbedingungen auf Landesebene eine nachhaltige Landnutzung begünstigen können. Die Resultate sollen über die Landesebene hinaus übertragbar sein.

Regionales Flächenmanagement

Die allgemeine Tendenz, immer mehr landwirtschaftliche Nutzfläche mit Siedlungen, Gewerbegebieten und Straßen zu bebauen, ist Besorgnis erregend. Die seit einiger Zeit vorgeschriebenen Maßnahmen zum sog. „Ausgleich“ eines „Eingriffes“ in den Naturhaushalt waren bislang oft nicht effektiv und unkoordiniert. Die gesetzliche Neuregelung der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung im Jahr 1998 eröffnet erstmals die Möglichkeit eines regionalen Flächenmanagements, denn nun können auch abseits einer neu bebauten Fläche Ausgleichsmaßnahmen durchgeführt werden. Die Schädigung der Natur, aber auch die Verringerung der landwirtschaftlichen Produktionsfläche könnte abgemildert und potenziell sogar teilweise zu einem Instrument der Kulturlandschaftsentwicklung in der Region umfunktioniert werden.

Sowohl im Verdichtungsraum um Berlin als auch in ländlichen Regionen (Norduckermark) erscheint die Schaffung von Flächenmanagement-Modellen notwendig. An unterschiedlichen Fallbeispielen wollen wir die Möglichkeiten und Chancen eines regionalen Flächenmanagements praktisch erproben.

Um im Sinne der Kreislaufwirtschaft Sekundärrohstoffdünger zu verwerten, wird zudem ein Flächenkataster zu den Bodeneigenschaften und der Eignung von Flächen für den Einsatz von Klärschlamm und Kompost von der Forschergruppe erarbeitet.

Landwirtschaftliche Beratung zu Umweltthemen

Die Beratung von Landwirtschaftsbetrieben ist in Brandenburg privatwirtschaftlich organisiert. Umweltschutzleistungen werden nur in geringem Maße nachgefragt. Berater der Landwirte werden mit den notwendigen Informationen zu stärker an Umweltqualitätszielen orientierten Produktionsverfahren versorgt. Nach wissenschaftlicher Auswertung des Wissenstransfers an die Landwirte sollen Empfehlungen für die Organisation eines Beratungssystems zu umweltrelevanten Fragen in Brandenburg gegeben werden.

Regionalmarketing Landwirtschaft und Tourismus

In der Region erzeugte landwirtschaftliche Produkte sollen auch gleich dort zu konsumfähigen Lebensmitteln weiterverarbeitet werden, bevor sie in den Handel kommen. Über verschiedene Formen der Kooperation wollen wir in ausgewählten landwirtschaftlichen Produktbereichen (z.B. Rindfleisch, Fisch) versuchen, die Güterströme innerhalb der Region zu halten, um Arbeitsplätze in der Verarbeitung zu schaffen und Transportwege zu verringern.

Über die Bündelung schon vorhandener Tourismusangebote mit spezieller themenbezogener Ausrichtung (Bildungs-, Gesundheitstourismus, LandArt, Event-Tourismus) soll eine breitere Angebotspalette zielgerichtet vermarktet werden. Wir wollen zudem gemeinsam mit der Landwirtschaft neue Tourismuspakete entwickeln, die Einblicke in landwirtschaftliche Produktionsweisen und die Herstellung und Vermarktung gesunder Nahrungsgüter vermittelt.

Außerdem planen wir, die bestehenden Ansätze im Bereich der nachwachsenden Rohstoffe in der Untersuchungsregion (z.B. Hanfverarbeitung, Dämmstoffwerk usw.) mit den umfangreichen Forschungskapazitäten in Berlin-Brandenburg zu vernetzen. Als ersten Schritt denken wir an eine gezielte Praktikumsvermittlung mit abgestimmten Inhalten zwischen Universität bzw. Fachhochschule und dem Praktikumsbetrieb.

Neben der umweltgerechten Entwicklung der vielfältigen Einzelaktivitäten ist die Erhöhung der regionalen Wertschöpfung sowie der Erhalt und die Schaffung von Arbeitsplätzen in der Region vordringliches Ziel dieses Teilprojekts. Vor allem hier werden neue Kooperationsformen verankert und wissenschaftlich analysiert.

Im Elbe-Elster Gebiet legen die Akteure auf die systematische Vernetzung vorhandener und zu planender Projekte umweltgerechter Landnutzung besonderen Wert. Von der Vernetzung wird eine Stärkung und Effizienzsteigerung erwartet. Die Forscher analysieren dabei, wie und ob sich die einzelnen Projekte in der Region ergänzen oder ob sie sich eventuell gegenseitig behindern. Diese Wechselwirkungen und Vernetzungsstrukturen sollen systematisch erfasst werden, da sie maßgeblichen Einfluss auf das Gelingen der nachhaltigen Entwicklung einer Region haben.

Anschrift der Autoren

Prof. Dr. Klaus Müller
Albert Wotke
Zentrum für Agrarlandschafts-
und Landnutzungsforschung
Eberswalder Str. 84
15374 Müncheberg

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

GRANO - Projektbereich 1: Dezentrale Bewertungs- und Koordinationsmechanismen Teilprojekt 2: Honorierung ökologischer Leistungen

H.-G. Petersen, K. Müller

Zusammenfassung

Das Teilprojekt „Honorierung ökologischer Leistungen“ im Rahmen des GRANO-Projektbereichs 1 behandelt die Umstellung der Brandenburger Agrarumweltprogramme vom Windhundverfahren auf ein Ausschreibungsverfahren. Neben einer erhöhten Effizienz wird auch eine stärkere Akzeptanz sowohl seitens der Landwirte als auch einer breiteren Öffentlichkeit angestrebt. Darüber hinaus steht zu erwarten, dass mit dem Ausschreibungsverfahren ein besserer Zielereichungsgrad verwirklicht werden kann.

Summary

One of the projects within the GRANO Project “The Valuation of Ecological Services” discusses the transition of the current Brandenburg agro-environmental scheme from a first-come-first-serve procedure to a tender (invitation to bid) auction. Apart from the desired increased efficiency, the main aim of this project is to promote a stronger acceptance by farmers and to reach a broader public approval. It is expected that such a transition realises a higher project effectiveness.

Projektbeschreibung

Einleitung

Das Projekt „Honorierung ökologischer Leistungen“ ist Bestandteil des interdisziplinären GRANO – Verbundprojektes. Wesentliches Merkmal von GRANO ist der partizipative und umsetzungsorientierte Ansatz. Das Verbundprojekt gliedert sich in vier Projektbereiche. Das Teilprojekt „Honorierung ökologischer Leistungen“ ist im Projektbereich „Dezentrale Bewertungs- und Koordinationsmechanismen“ angesiedelt. Zielsetzung dieses Projektbereichs ist die Erprobung dezentraler Verfahren zur Gestaltung der Agrarumweltpolitik. Dabei wird von der Annahme ausgegangen, daß mit Hilfe dieses Ansatzes effizientere und den örtlichen Gegebenheiten besser angepaßte Agrarumweltprogramme entwickelt werden können. Gleichzeitig soll durch die Beteiligung der lokalen Akteure eine größere Akzeptanz der angebotenen Umweltprogramme sowohl auf Seiten der Bevölkerung als auch der Landwirte erreicht werden.

Die Aktivitäten des Projektbereichs „Dezentrale Bewertungs- und Koordinationsmechanismen“ kon-

zentrieren sich auf eine Region südwestlich von Prenzlau. Diese Modellregion wurde in Zusammenarbeit mit dem Landwirtschaftsamt Prenzlau ausgewählt. Am Beginn der Tätigkeit stand eine Regionsanalyse auf Basis persönlicher Interviews. Auf diese Weise konnten die ökologischen und ökonomischen Problemfelder genauer identifiziert werden. Am Ende dieser Phase erfolgte die Gründung eines Runden Tisches, an denen Landwirte und politische Akteure gemeinsam Umweltprobleme diskutieren und Agrarumweltprogramme entwerfen. Bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt wurde ein Schutzprogramm für Sölle entwickelt.

Um die Ergebnisse dieses Diskussionsprozesses umsetzen zu können, gab es parallel Gespräche mit dem Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung (MLUR). In erster Linie sollten Finanzierungsfragen geklärt werden. Auf Grundlage der Ergebnisse des Runden Tisches wurde ein Demonstrationsvorhaben zum Schutz der Sölle dem MLUR vorgelegt. Neben diesen, den Runden Tisch begleitenden Gesprächen wurden in einem der ersten Treffen auch schon Überlegungen zur Reform der Mittelvergabe formuliert. Ziel ist es, die Mittel der Agrarumweltprogramme über Ausschreibungsverfahren zu vergeben. Die Durchführung dieser Ausschreibungsverfahren ist zentraler Bestandteil der weiteren Arbeit des Teilprojekts „Honorierung ökologischer Leistungen“.

Zielstellung

Bestandteil der Untersuchungen sind die Erarbeitung, Umsetzung und Bewertung des Ausschreibungsverfahrens. Am Ende soll geklärt sein, für welche Bereiche diese Methode anzuwenden ist und was die Hemmnisse sowohl im politischen als auch im landwirtschaftstechnischen Bereich sind. Nur mit Hilfe eines Pilotprojektes lassen sich die theoretisch begründeten Vorteile nachweisen und unbekannte Restriktionen aufdecken.

Derzeit werden Umweltleistungen der Landwirte anhand zentral entwickelter Programme honoriert. Das MLUR stellt in Brandenburg im Rahmen des Kulturlandschaftsprogramms und des Vertragsnaturschutzprogramms Finanzmittel zur Verfügung. Innerhalb dieser Programme können Landwirte sich freiwillig ökologischen Nutzungsbeschränkungen unterwerfen, für die sie entschädigt werden. Die angespannte Haushaltslage des Landes ermöglicht es allerdings nicht, sämtlichen Anträgen zu entsprechen. Außerdem werden einige Programmteile nicht haushaltsmäßig mit Mitteln ausgestattet. Das Ausschreibungsverfahren soll dazu dienen, die Effizienz der bestehenden Programme zu erhöhen. Um die Implementation des vorgeschlagenen Verfahrens sicher zu stellen, sind bei der Programmausarbeitung die spezifischen Belange der betroffenen Gruppen (Landwirte und Verwaltung) zu berücksichtigen. Der räumliche und inhaltliche Bezug des Ausschreibungsverfahrens wird dabei gemeinsam mit dem gesamten Projektbereich „Dezentrale Bewertungs- und Koordinationsmechanismen“ festgelegt.

Für die Landwirte bestehen weitere Konfliktpotentiale, die sich im Wesentlichen als Legitimationsproblem darstellen. In der öffentlichen Wahrnehmung sind Landwirte vor allem auch Subventionsempfänger. Der unternehmerische Aspekt ihrer Tätigkeit tritt angesichts von Preisgarantien und direkten Einkommensbeihilfen in den Hintergrund. Dabei ist die landwirtschaftliche Tätigkeit eine wichtige Voraussetzung für den Erhalt und die Entwicklung der Kulturlandschaft. Die Umsetzungsphase der Ausschreibung soll genutzt werden, um diesen landschaftspflegerischen Beitrag der Landwirte zu betonen und stärker ins öffentliche Bewusstsein zu rücken.

Um das Ausschreibungsmodell auf andere Bereiche übertragen zu können, ist die Aufarbeitung der gewonnenen Ergebnisse unverzichtbar. Wichtig ist hierbei das Verhalten der Teilnehmer auf den einzelnen Verfahrensstufen. Es ist zu prüfen, was die Vorteile dieser Vorgehensweise gegenüber dem Windhundverfahren (wobei die Reihenfolge des Antragsvorgangs entscheidend ist) sind und welche Nachteile sich ergeben haben. Ein entscheidender Punkt liegt in den Verfahrenskosten, die ex ante sehr unsicher sind. Nicht untersucht werden können angesichts des Zeithorizonts des Projektes Verhaltensänderungen der Akteure, die sich im Zeitablauf ergeben können.

Theoretischer Hintergrund

Die Idee, die finanziellen Mittel für Agrarumweltprogramme mittels Ausschreibungen zu vergeben, wurde bereits von mehreren Autoren formuliert (Karl, 1997; Plankl, 1998; Latacz-Lohmann und Van der Hamsvoort, 1998). Die ökologischen Leistungen der Landwirte sind als öffentliches Gut zu charakterisieren. Da hierfür keine Märkte existieren, wird die private Zahlungsbereitschaft nicht offenbart. Die entsprechenden Tätigkeiten sind jedoch von öffentlichem Interesse. Auf der lokalen, regionalen und globalen Ebene bestehen Interessen an einer sauberen Umwelt für bessere Erholungsmöglichkeiten, sauberes Trinkwasser u.ä. Aus einer intertemporalen Betrachtungsweise erscheint es geboten, die landwirtschaftlichen Produktionsmöglichkeiten durch den Wettbewerb nicht vollständig verschwinden zu lassen. Es dürfte eher sinnvoll sein, das Angebot an landwirtschaftlichen Produkten durch Extensivierung zu reduzieren, um der für die Zukunft zu erwartenden steigenden Nachfrage nach Nahrungsmitteln wieder ein entsprechendes Angebot entgegenzusetzen zu können (Weinschenk, 1995). Aus all diesen Gründen tritt der Staat als Nachfrager ökologischer Leistungen auf. In dieser Funktion sieht er sich mit zwei Problemen konfrontiert. Zum einen kennt er die Kosten der Leistungserbringer nicht, die mit dem von ihm gewünschten Verhalten verbunden sind, zum anderen kann er die Tätigkeiten der Vertragspartner nicht genau beobachten.

Die Erkenntnisse der Informationstheorie haben gezeigt, dass Ausschreibungen unter bestimmten Bedingungen effiziente Ergebnisse erbringen können, die die Anbieter entsprechend ihren individuellen Kosten selektieren. Relativ eindeutig sind die Ergebnisse für den Fall der Ausschreibung nur eines Gutes (Maskin, 1992). Komplizierter wird dies für den Fall mehrerer Güter (*multi-unit auction*). Im Kontext individueller privater Wertschätzungen (*private-value*) sind Ausschreibungen vom Vickrey-Typ effizient. Gewinner ist bei diesem Ausschreibungsverfahren derjenige mit den geringsten Geldforderungen. Er erhält jedoch eine Zahlung in Höhe der zweitniedrigsten Forderung, so dass dadurch ein Anreiz ausgeübt wird, die wahren Präferenzen zu offenbaren. Dieser Ausschreibungstypus ist stark anfällig für stabile Bieterkartelle. Außerdem ist es für die politischen Akteure schwer zu vermitteln, dass die Zahlung an den Gewinner über der von diesem geforderten Kompensation liegt.

Für die beiden am häufigsten verwendeten Auktionen konnte Nautz (Nautz, 1995) zeigen, dass nur die *competitive auction* effiziente Ergebnisse hervorbringt. Gewinner ist bei diesem Verfahren, wer mit seinem Gebot unter dem markträumenden Preis (*stop-out price*) liegt. Die Zahlung erfolgt an alle Gewinner einheitlich in Höhe dieses Preises. Vickrey hat daraufhingewiesen, daß für dünne Märkte und einer Nachfrage nach mehr als einem Gut je Nachfrager kein pareto-effizientes Ergebnis mehr zu erwarten ist (Vickrey, 1961). Vielmehr ist davon auszugehen, daß die Anbieter ihre Gebote poolen werden, was Engelbrecht-Wiggans und Kahn für den Fall der diskriminierenden Ausschreibung aufzeigten (Engelbrecht-Wiggans und Kahn, 1998). Die genaue Ausgestaltung des Vergabeschemas ist Gegenstand der Untersuchungen und Verhandlungen mit den Akteuren.

Ein weiterer Nachteil der gegenwärtigen Vergabepaxis ist die geringe Orientierung an ökologischen Kriterien. Die Mittelbewilligung erhält, wer seinen Antrag rechtzeitig gestellt hat und den Programmauflagen nachkommt. Unberücksichtigt bleibt der ökologische Erfolg der Programmumsetzung. An dieser Stelle eröffnen sich zwei Probleme. Zum einen gibt es eine a priori Wahrscheinlichkeit, mit der bestimmte Maßnahmen zu einem ökologischen Erfolg führen. Zum anderen besteht für den Landwirt ein gewisser Spielraum, den Erfolg eines Programms zu beeinflussen. Mit Hilfe naturwissenschaftlicher Untersuchungen lässt sich feststellen, wie hoch die Wirksamkeit bestimmter Programme auf verschiedenen Flächen ist. Auf Grundlage dieses Wissens lassen sich die Flächen in Problemklassen einteilen, die bei der Zuteilung gemäß dem Ausschreibungsverfahren Berücksichtigung finden sollen. Die Verbindung ökologischer Indikatoren mit den ökonomischen Angeboten kann helfen, die Effektivität der Agrarumweltpolitik zu steigern. Das zweite Problem stellt ein Kontrollproblem dar, das in der ökonomischen Literatur auch als Prinzipal-Agent Problem bezeichnet wird. Um dieses aufzulösen ist es wichtig, dass für Bereiche, in denen Erfolge messbar sind, den Landwirten ein zusätzlicher monetärer Anreiz geboten wird, der an das Ergebnis gekoppelt ist.

Das Ausschreibungsverfahren liefert den staatlichen Akteuren darüber hinaus wertvolle Informationen

bezüglich der Kosten der Leistungsbereitstellung. Gegenwärtig werden die Landwirte bevorzugt, die über die besten Informationsmöglichkeiten bezüglich der Förderprogramme verfügen und die notwendigen Kapazitäten für die Antragstellung in kurzer Zeit bereitstellen können. Dies führt weder zwangsläufig zu effizienten ökologischen Ergebnissen, noch stellt es sicher, dass die Landwirte mit den niedrigsten Opportunitätskosten an den Programmen teilnehmen. Untersuchungen des Thüringer Landwirtschaftsministeriums haben ergeben, daß in vielen Fällen die Prämien nicht ausreichen, den Einkommensverlust zu decken (Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt, 1999). Andererseits konnten Erhebungen zum „Marktentlastungs- und Kulturlandschaftsausgleichprogramm“ in Baden-Württemberg zeigen, dass Landwirte nicht freiwillig Einkommenseinbussen zur Verbesserung der ökologischen Situation hinnehmen, sondern vielmehr die gezahlten Prämien als Anreiz für die Programmteilnahme dienen (Baudoux, Katzenwadel und Doluschitz, 1997). Die Thüringer Ergebnisse lassen nicht notwendiger Weise den Schluß zu, daß die gezahlten Prämien zu gering waren. Es ist vielmehr vorstellbar, daß der Einkommensverlust als Sicherheitsäquivalent aufgefasst werden kann. Um Spekulationen bezüglich der richtigen Entschädigungshöhe zu begegnen, können die Landwirte im Rahmen eines geeigneten Ausschreibungsverfahrens die notwendige Kompensation selber festlegen.

Projektplanung

Bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt wurde die erste Skizze eines möglichen Ausschreibungsverfahrens für den Schutz vor Bodenerosion dem MLUR zugeleitet. Das darin beschriebene Verfahren orientiert sich an den ökologischen Parametern, wie sie aus der allgemeinen Bodenabtragsgleichung gewonnen werden können. Die Landwirte geben die von ihnen gewünschte Entschädigungshöhe an, wobei die Bewertung der Gebote dann anhand der Entschädigungshöhe im Verhältnis zum erwarteten Bodenabtrag erfolgt. Gleichzeitig wurde geprüft, inwiefern für die Umsetzung eines Ausschreibungsverfahrens rechtliche Restriktionen gegeben sind. Weder die EU-Verordnung 2078/92 noch die im Rahmen der Agenda 2000 verabschiedete Verordnung 1257/99 sprechen sich gegen das Ausschreibungsverfahren aus. Betont wird lediglich, dass zur Umsetzung der gewünschten Maßnahmen den Landwirten der Einkommensverlust zu kompensieren und ein Leistungsanreiz zu bieten ist. Ziel ist es nun, den vorliegenden Entwurf in ein umsetzungsfähiges Konzept zu verwandeln. Die anstehenden Fragen werden in Zusammenarbeit mit dem MLUR und den Akteuren des Runden Tisches geklärt. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass mit dem Ziel eines möglichst effizienten Vergabeverfahrens die Entschädigung nicht gemäß den individuellen Geboten, sondern eher in Form eines Bookbuilding-Verfahrens, wie es Plankl vorgeschlagen hat (Plankl, 1998), erfolgen soll.

Die Umsetzung könnte in einem zweistufigen Verfahren geschehen. Im ersten Schritt werden die finanziellen Mittel eines bestehenden oder eines am Runden Tisch entwickelten Programms mittels einer Ausschreibung an die Landwirte verteilt. Dies hat den Vorteil, dass die Änderungen für die beteiligten Akteure im Vergleich zum gegenwärtigen System gering sind. In einem zweiten Schritt werden ökologische Parameter eingefügt. Die Gebotsbewertung orientiert sich dann neben den ökonomischen auch an den ökologischen Aspekten. Eine wichtige Voraussetzung liegt in der Einigung unter den Akteuren auf ein transparentes Bewertungssystem. Dies kann nur in Zusammenarbeit mit den am Projekt beteiligten Naturwissenschaftlern entwickelt werden. Die Umsetzung des ersten Schrittes erfolgt in der Modellregion.

Das Projekt wird voraussichtlich im Frühjahr 2002 abgeschlossen.

Literatur

BAUDOUX P.; KAZENWADEL, G.; DOLUTZSCHITZ, R. (1997): Agrarumweltprogramme: Betriebliche Wirkungen und Einstellungen der Landwirte, Agrarwirtschaft, Vol. 46, 1997 Heft 4/5, S. 184-197

BORK, H.-R. et al. (2000): Verbundvorhaben GRANO [AG Langfristige Landschaftsentwicklung], Brandenburgische Umweltberichte, Hrsg. Loschelder & Jänkel, Band 8, 2000

ENGELBRECHT-WIGGANS, R.; KAHN, C. M. (1998): Multi-Unit Pay-Your-Bid Auctions with Variable Awards, Games and Economic Behavior, Vol. 23, 1998, S. 25-42

HAUG, G. et al.(Hrsg.): Pflanzenproduktion im Wandel, Weinheim 1990

KALETTKA, T. (1996): Die Problematik der Sölle (Kleinholformen) im Jungmoränengebiet Nordostdeutschlands, Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg, Sonderheft 1996, S. 4-12

KARL, H. (1997): Der Einfluß von Informationsasymmetrien auf die ökonomische Effizienz von Agrarumweltpolitik, Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V., Band 33, 1997, S. 397-406

KREPS, D. M. (1994): Mikroökonomische Theorie, Harvester Wheatsheaf 1994

LATACZ-LOHMANN, U.; VAN DER HAMSVOORT, C. P. C. M. (1998): Auctions as a Means of Creating a Market for Public Goods from Agriculture, Journal of Agricultural Economics, Vol. 49, Heft 3, 1998, S. 334-345

MASKIN, E. S. (1992): Auction and Privatization, In: Siebert, H. (Hrsg.): Privatization. Symposium in Honor of Herbert Giersch, Tübingen 1992, S. 115-136

NAUTZ, D. (1995): Optimal Bidding in Multi-unit Auctions with Many Bidders, Economics Letters, Vol. 48, Heft 3-4, 1995, S. 301-306

PETERSEN, H.-G.; MÜLLER, K. (1999): Volkswirtschaftspolitik, in: Volkswirtschaftslehre im Überblick, Band III., hrsg. von H. Luckenbach, München 1999

PLANKL, R. (1998): Die Festsetzung von Prämien im Rahmen der Förderung einer umweltverträglichen Agrarproduktion - "Bookbuilding" als modifiziertes Ausschreibungsverfahren, Landbauforschung Völkenrode, Nr. 1, 1998, S. 44-51

THÜRINGER MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, NATURSCHUTZ UND UMWELT (1999): Erhaltung der Kulturlandschaft, Umweltgerechte Landwirtschaft, Naturschutz und Landschaftspflege

VICKREY, W. (1961): Counterspeculation, Auctions, and Competitive Sealed Tenders, Journal of Finance, Vol. 16, 1961, S. 8-37

WEINSCHENK, G. (1995): Zwischen Knappheit, Umweltzerstörung und Überfluß - Landwirtschaft auf dem Weg ins 21. Jahrhundert, Agrarwirtschaft, Vol. 44, Heft 10, 1995, S. 331-335

Anschriften der Autoren

Prof. Dr. Hans-Georg Petersen
Universität Potsdam
August-Bebel-Str. 89
14482 Potsdam
Tel: +49 (0)331 - 977-3393

Dipl.-Vw. Klaus Müller
Universität Potsdam
August-Bebel-Str. 89
14482 Potsdam
Tel: +49 (0)331 - 977-3395

Der ökologische Friedhof – Ein Ort des Lebens

P. Schultz, K. Soyez

Zusammenfassung

Friedhöfe sind neben ihrer eigentlichen Funktion auch Orte ökologischen und wirtschaftlichen Interesses. Ihre Gestaltung sollte nach Prinzipien der Nachhaltigkeit erfolgen. Dazu sind bisher kaum Vorarbeiten geleistet. Der Beitrag stellt derartige Problemfelder zusammen und zeigt Problemlösungsansätze auf. Neben einer Bestandsaufnahme zur wirtschaftlichen Wertschöpfung, zur Ökologie und zur Infrastruktur der Friedhöfe in Nordwestbrandenburg werden insbesondere die Nutzung von bioabbaubaren Werkstoffen, die Verwendung von einheimischen Pflanzen sowie die Neugestaltung von Friedhofssatzungen betrachtet. Die weitere Bearbeitung ist in einem Projekt "Der ökologische Friedhof - Ein Ort des Lebens" vorgesehen.

Summary

Cemeteries besides their real function are places for ecology and economy. Their construction and management should follow ecological principles. But there are only few activities under this aspect, yet. The paper contributes to an improvement of this situation. Some possibilities of the problem solving are shown. An analysis is made with respect to the economic performance and the ecological activities, as well as the infrastructure, especially in the region of the Northwest of Brandenburg. Special focus is given to the application of biodegradable materials, the plantation of indigenous plants, and the regulations for the public. Further work is planned in a special project called "The ecological cemetery - a place for life".

Einleitung

Friedhöfe besitzen innerhalb unseres gesellschaftlichen Lebens eine besondere Stellung. Neben ihrer eigentlichen Funktion, als Orte der Bestattung und des Gedenkens der Verstorbenen, sind sie auch Orte wirtschaftlicher Wertschöpfung und gehören innerhalb des Siedlungsbereichs neben Garten- und Parkanlagen zu den wenigen relativ langlebigen Biotopen.

Das vorliegende Projekt „Der ökologische Friedhof – Ein Ort des Lebens“ befaßt sich damit, den Biotopcharakter und die wirtschaftliche Wertschöpfung des Friedhofes am Beispiel des Landkreises Ostprignitz-Ruppin (OPR) mit Blick auf eine nachhaltige Entwicklung zu verbinden. Dabei sollen möglichst alle Akteure eines Friedhofes mit einbezogen werden. Dies sind neben den Besuchern, die hier in allen Berufs- und Altersschichten anzutreffen sind, vor allem die Kirche und staatliche Ämter als Verwaltungsorgane, die Untere Naturschutz-Behörde und die vielen Gewerke wie beispielsweise der Blumenhandel, Steinmetze oder Abfallentsorgungsbetriebe, die mit dem Friedhof in einer wirtschaftlichen Verbindung stehen.

Mit dem Projekt soll eine auf die drei Aspekte Ökologie, Ökonomie und Soziales als Elemente der nachhaltigen Entwicklung gerichtete Um- bzw. Neugestaltung des Friedhofs vorangebracht werden. Dabei sollen die Ergebnisse einer ökologischen Bestandsaufnahme der Friedhöfe mit einer Analyse der bestehenden Strukturen des Friedhofsmanagements verbunden werden. Daraus läßt sich eine "Ökologischen Mustersatzung" ableiten. In einem "Modellfriedhof" sollen die abgeleiteten Vorhaben beispielhaft umgesetzt werden. Von besonderer Bedeutung wird dabei die Verbesserung der wirtschaftlichen Wertschöpfung sein, von der bereits eine erste Analyse der momentanen Verhältnisse vorliegt.

Um einen Anhaltspunkt bezüglich der wirtschaftlichen Wertschöpfung zu erhalten, wurde diese für die Friedhöfe des Landkreises Ostprignitz-Ruppin ermittelt. Dabei ergibt sich bei der Fläche aller Friedhöfe von rund 170 ha eine Bruttowertschöpfung von 22 Mio DM/ Jahr, worin alle anfallenden Bestattungs- und Grabpflegekosten enthalten sind. Gemessen an der Gesamtbruttowertschöpfung des Landkreises Ostprignitz-Ruppin macht die der Friedhöfe etwa 1% aus. Bei einem durchschnittlichen Bruttoverdienst im Land Brandenburg von etwa 2500,- bis 3000,- DM monatlich entspricht dieser Wert etwa 600 bis 700 Arbeitsplätzen pro Jahr. Es wird erwartet, daß sich mit einer Ökologisierung der Friedhöfe, bei der u.a. einheimische Pflanzen aus regionalem Anbau gefördert und die Einführung biologisch abbaubarer Materialien für z.B. Grabschmuck erleichtert werden soll, neue Märkte erschließen lassen und sich damit die Zahl der Arbeitsplätze noch erhöht.

Die nachfolgend beschriebenen Problemfelder sollen die gegenwärtige Friedhofssituation etwas umfassender verdeutlichen.

Problemfelder

Infrastruktur. Die Kenntnis der Lage, Größe, des Alters und Zustandes der Friedhöfe ist eine der wesentlichen Voraussetzungen, um zu einer Entwicklung in der Richtung einer ökologischen Umgestaltung zu gelangen. Leider existiert keine übergeordnete Institution, bei der sich derartige Daten einfach erfragen lassen. Daher wurden die Daten durch Befragungen der - im übrigen sehr kooperativen Ämter und Verwaltungen - und Begehungen zusammengetragen und zu einem Gesamtbild verdichtet. Die Ergebnisse, insbesondere auch zu der ökologischen Situation und zu den wirtschaftlichen Aktivitäten, wurden in einer Datenbank erfaßt. Im einzelnen ergab sich: Von den 196 im Landkreis OPR ermittelten Friedhöfen, von denen 127 kommunal und 69 kirchlich verwaltet werden, wurden die Adressen aller Ansprechpartner und in Zusammenarbeit mit dem Landesumweltamt Brandenburg eine Kartensammlung im Maßstab 1: 10000 zur der näheren Charakterisierung der örtlichen Gegebenheiten der einzelnen Friedhöfe zusammengestellt.

Innerhalb der Arbeiten zum Problemfeld "Infrastruktur" wurden viele Gespräche mit am Projekt interessierten Personen und Institutionen geführt und zahlreiche Friedhofsbegehungen vorgenommen. In deren Ergebnis konnten weitere, nachfolgend aufgeführte Problemfelder hinsichtlich einer ökologischen Entwicklung bzw. Umgestaltung von Friedhöfen, die bis dahin bereits näher charakterisiert worden waren, bestätigt werden.

Grabbeepflanzung und Grabschmuck. Während der verschiedentlich durchgeführten Friedhofsbegehungen wurde vor allem die Art und Weise der Grabbeepflanzung betrachtet. Dabei konnte eine große Monotonie in der Pflanzenauswahl festgestellt werden, wie sie auch in der Literatur beschrieben wird (Naturschutzbund, 1994). Gesprächen mit Blumenhändlern zufolge, werden Pflanzen häufig saisonabhängig gekauft und gepflanzt, d.h. in Abhängigkeit von der Blütezeit. Ein häufiger Wechsel der Grabbeepflanzung ist die Folge. Sehr ähnlich verhält es sich auch mit dem Grabschmuck. Noch immer beeinflussen hier "Billigangebote" von Kränzen, Gestecken u. a. mit viel Plastik und Materialmix das Kaufverhalten. Ein Umstand, der noch durch ein oft nur spärlich vorhandenes oder fehlendes Alternativangebot aus Naturstoffen bestärkt wird. Und das obgleich bereits verschiedene, gut biologisch abbaubare Produkte und Materialien für diese Zwecke existieren. Es muß daher nach Möglichkeiten gesucht werden, den Handel zu einer Angebotsumstellung bzw. -erweiterung zu bewegen und dem Verbraucher eine ökologisch sinnvolle Grabbeepflanzung und -pflege näher zu bringen.

Der Friedhof als Habitat. Der eigentliche Wert von Friedhöfen als Habitat wird bisher nur selten gesehen. Dabei könnten Friedhöfe mit der Entwicklung einer strukturreichen Vegetation, der Pflege des vorhandenen Altbaumbestandes und der Schaffung wertvoller Kleinbiotope, wie etwa Hecken, Wiesen oder Trockenrasen, dem immer weiter fortschreitenden Verlust an hochwertigen Lebensräumen vor allem in Städten entgegenwirken und damit einer Vielzahl von Tierarten Nahrung und Brutmöglichkeiten bieten. Mit einbeziehen sollte man dabei auch eine auf einheimische und vor allem mehrjährige Pflanzenarten beruhende Grabgestaltung.

Abfallentstehung, -beseitigung und -vermeidung. Wie bei vielen anderen Tätigkeiten im Alltag entstehen auch bei der Grabpflege auf dem Friedhof Abfälle. Hauptsächlich handelt es sich dabei um biogene Abfälle, die wie nachfolgend beschrieben zur Produktion von Erden kompostiert werden sollten. Probleme bereiten hier vor allem die überdurchschnittlich großen Mengen fachgerecht zu verarbeiten. Hinzu kommen Gestecke und Kränze, die häufig aus unterschiedlichen Materialien zusammengesetzt sind und eine Kompostierung erschweren. Plastikabfälle wie z.B. Folien, Töpfe, Pflanzschalen oder auch Kunstblumen fallen ebenfalls stets in größeren Mengen an, die nicht in jedem Fall recyclingfähig sind. Es darf in diesem Zusammenhang nicht unerwähnt bleiben, daß die Mehrzahl derartiger Produkte und Materialien bereits in biologisch abbaubarer Form auf dem Markt sind. Diese sind allerdings vielfach noch etwas teurer und werden daher oder aus Unkenntnis gar nicht erst angeboten werden.

Kompostierung biogener Abfälle und Erdenwirtschaft. Es liegt nahe, auf Friedhöfen eine eigene Erdenwirtschaft zu betreiben, um die anfallenden biogenen Abfälle zu verwerten. Dazu ist es notwendig, diese Stoffe fachgerecht zu verarbeiten. Das bedeutet insbesondere, daß ungeeignete Bestandteile vermieden, zumindest aber ausgesondert werden. Deren Anteil ist mit dem Einsatz von biologisch abbaubaren Materialien und mit der Vermeidung des Einsatzes schadstoffbelasteter Pflanzen sicher wesentlich zu reduzieren. Nach unseren Erkenntnissen ist zur Verarbeitung der Abfallbiomassen auf einigen Friedhöfen bereits eine einfache Kompostierung als Weg der Abfallverminderung und der Kosteneinsparung eingeführt worden. Hier sind Verbesserungen anzustreben, um ein qualitätsgerechtes Produkt herzustellen, das als gärtnerische Erde weiterverwertet werden kann. Leider ist es auf vielen Friedhöfen die Regel, daß die biogenen Abfälle von den Entsorgungsbetrieben abgeholt werden. Das Projekt zielt in dieser Position darauf ab, die Kompostierung als Entsorgungs- und Wertschöpfungstechnologie auf den Friedhöfen fest zu installieren. Das soll dadurch erfolgen, daß Anleitungen für die Bewirtschaftung der biogenen Abfälle erarbeitet werden, die sich an die Vorgaben der Kompostverordnung der Bundes anlehnen. Dazu wird die Zusammenarbeit mit der Regionalen Gütegemeinschaft Kompost bzw. des Verbandes der Humus- und Erdenwirtschaft vorgesehen. Das Ergebnis sind dann Produkte, die anstelle von zuzukaufenden Erden in der Grabpflege selbst wieder einsetzbar sind.

Einsatz biologisch abbaubarer Materialien. Wie bereits beschrieben, existiert eine Vielzahl von biologisch abbaubaren Produkten und Materialien (o.V., 1998), die jedoch kaum im Handel erhältlich sind. Das Problem liegt jedoch nicht allein beim Handel, sondern eher beim Verbraucher und damit an einer mangelnden Nachfrage. Es wird einfach noch nicht darauf geachtet, ob eine Pflanzschale später kompostierbar ist oder ob der das Gesteck zusammenhaltende Bindedraht aus Eisen ist und am Ende verrostet. Es sind somit Konzepte zu erarbeiten, die mit Hilfe einer guten Öffentlichkeitsarbeit für mehr Akzeptanz in der Bevölkerung sorgen, so daß die Nachfrage das Angebot bestimmt.

Friedhofsatzungen. Neben der Ermittlung der wirtschaftlichen Wertschöpfung der Friedhöfe wurde auch eine erste Analyse der Friedhofsatzungen vorgenommen. Dabei zeigte sich, daß der Trend zu einer ökologischen Umgestaltung, der in der Politik und damit auch in der Wirtschaft immer stärker zum Tragen kommt, bisher an den Friedhöfen vorbeigegangen ist. So werden durch die Satzungen noch immer vornehmlich das Verhalten auf Friedhöfen, die Arten der Gräber, allgemeine Vorschriften der Bestattung oder die Öffnungszeiten geregelt. Ansätze für eine ökologische Grab- bzw. Friedhofspflege lassen sich allenfalls innerhalb der Bestimmungen zur Gestaltung der Grabstätten finden, die ihrerseits meist nur das Einbringen bzw. Entsorgen von Abfällen regeln.

Bearbeitungsnetzwerk und Öffentlichkeitsarbeit

Zur Vorstellung des Projekts wurden mit den wichtigsten Akteuren Gespräche geführt, wobei nicht nur großes Interesse bekundet, sondern gleichfalls Zusagen zur Mitarbeit gemacht wurden. Wie die Gespräche zeigten, stehen die einzelnen Akteure miteinander kaum in Kontakt. Es ist daher beabsichtigt, innerhalb des vorliegenden Projekts ein Netzwerk von Kooperationspartnern zu errichten, welches die einzelnen Akteure zur Entwicklung eines ökologischen Friedhofmanagements in Verbindung mit Natur und Gesellschaft zusammenführt. Deren langjährige Erfahrungen und Meinungen sollen helfen, die projektbezogenen Arbeiten stets praxisnah und an einer Umsetzbarkeit der Ergebnisse orientiert zu gestalten.

Als Kooperationspartner sind bisher vorgesehen:

- Gemeinde- und Pfarrämter OPR
- Umweltamt OPR
- Bioabfallwirtschaftsgemeinschaft OPR
- Konsistorium der evangelischen Kirche Berlin/Brandenburg
- Umweltbeauftragter der evangelischen Kirche Berlin/Brandenburg
- Verband der Friedhofsverwalter e.V.
- Verband der Friedhofsgärtner e.V.
- Deutscher Städtetag
- Deutscher Städte- und Gemeindebund
- Universität Potsdam – Fachbereich Ökologie/Naturschutz
- Gesellschaft für ökologische Technologie und Systemanalyse e.V. (GTS)

Die Öffentlichkeitsarbeit spielt bei allen umweltrelevanten Fragestellungen eine, wenn nicht gar die entscheidende Rolle für deren Umsetzung. Angesichts der enormen Möglichkeiten, die sich uns heute vor allem auch mit den elektronischen Medien bieten, wird die Öffentlichkeitsarbeit mehr und mehr zu einer Kommunikationsplattform der Umweltwissenschaften. Diese zu nutzen ist daher auch eine wichtige Zielstellung dieses Projekts. Es ist daran gedacht, die gewonnenen Ergebnisse in gut aufbereiteter Form im Rahmen einer Handreichung für eine ökologische Friedhofsbewirtschaftung allen interessierten Personen zur Verfügung zu stellen. Dabei sollen alle darin enthaltenen Äußerungen Empfehlungscharakter besitzen. Gleiches gilt auch für die in der Zielstellung formulierte Erstellung einer "Ökologischen Mustersatzung", die sich im wesentlichen an Institutionen wie den Deutschen Städtetag bzw. den Deutschen Städte- und Gemeindebund richtet, die ihrerseits die Leitfassung bzw. die Mustersatzung zur Erstellung einer Friedhofssatzung herausgeben.

Nicht zuletzt dient auch die hier vorliegende kurze Beschreibung des Projekts einer ersten öffentlichen Darstellung der Probleme und Handlungsfelder, die sich aus dem Vorhaben einer Ökologisierung von Friedhöfen ergeben. Sie soll daher auch all diejenigen ansprechen, die sich für diese Thematik interessieren und Möglichkeiten zu einer Zusammenarbeit sehen.

Literatur

(o.V., 1998) Umweltfreundlich und kompostierbar - Materialien für Grabschmuck und Trauerbinderei. In: Friedhofskultur, Heft 8, 1998, o. S.

(Naturschutzbund, 1994) Naturschutzbund Deutschland e.V. (Hrsg.) (1994): Der letzte Garten; Oderberg, 1994.

Anschrift der Autoren

Peter Schultz
Konrad Soyez
Universität Potsdam
Zentrum für Umweltwissenschaften
Forschungsgruppe Ökotechnologie
Park Babelsberg 14
14482 Potsdam

Nachhaltiges Stoffstrommanagement ländlich strukturschwacher Regionen

D. Thrän

Zusammenfassung

Zur Beschreibung der nachhaltigen Entwicklung ländlicher Regionen in hochentwickelten Industrienationen liegen keine angepassten Zielsysteme und Indikatoren vor. Ausgehend vom ländlichen Stoffhaushalt wird hierfür eine Methode entwickelt, die die regionalen Stoffströme direkt mit den Grundregeln einer nachhaltigen Wirtschaftsweise verknüpft und sowohl den Stoffhaushalt selbst wie auch den Gestaltungsraum der beteiligten regionalen Akteure erfaßt. Das Vorgehen wurde am Holzhaushalt der brandenburgischen Region Ostprignitz-Ruppin erprobt, deren sozio-geographisches, ökonomisches und ökologisches Profil deutlich von nationalen Erfahrungswerten abweicht und daher einer unabhängigen Nachhaltigkeitsbewertung bedarf. Die regionale Holzbilanz zeigt starke Defizite bei der Erschließung der endogenen Ressourcen: Ein nachhaltiger Holzhaushalt erfordert die Verzehnfachung des regionalen Energieholzeinschlags, die Vervierfachung des Wertholzeinschlags und der regionalen Verarbeitung des heimischen Holzes, die Verdoppelung der regionalen Holzrecycling- und Holzfeuerungskapazitäten sowie den Aufbau eines überregionalen Energieholzmarktes. Entwickelt wird ein Indikatorsatz, der sowohl in Monitoringprogrammen als auch in Planungsprozessen einsetzbar ist. Durch den mehrstufigen Aufbau des gewählten Ansatzes lassen sich die Ergebnisse vielfältig auf andere Regionen übertragen.

Summary

In the highly industrialised countries, an increasing utilisation of biomass is demanded, especially to reduce the global warming potential. The biomass in the underdeveloped rural regions of these nations is, however, frequently the only advantage of the region. For these regions, the goals and measures of sustainable development must be valued differently than on the national or international level. A prerequisite is the availability of specific regional sustainable goals and indicators to measure them. The evaluation of adapted goals and indicators on the basis of material flow account was tested exemplarily in a case study. The wood flow system of an East German rural underdeveloped region served as test object. The common rules for sustainable development were applied to the wood flow system of the region taking into account the functions of this underdeveloped rural region within a densely populated industrial nation. To evaluate the regional wood flow system, out of the rules for sustainable material policy 27 indicators were deducted that comprise not only the material flow but also the political and economical frame conditions. The indicators clearly show that the utilisation of biomass cannot improve just within the region. Supra-regional structures are necessary as well for information and distribution.

Problemstellung

Die verstärkte Nutzung von Biomasse wird in den hochindustrialisierten Ländern vor allem in Hinblick auf die Reduzierung des Treibhauspotentials gefordert. In den ländlich strukturschwachen Regionen dieser Nationen bildet das Vorhandensein von Biomasse aber oft den einzigen Standortvorteil und damit die wesentliche Grundlage für die wirtschaftliche Entwicklung. Für solche Regionen müssen die Ziele und Maßnahmen einer nachhaltigen Entwicklung anders gewichtet werden als auf nationaler und internationaler Ebene. Das regionale Management der Biomasseströme, das sowohl ökologische als auch ökonomische Aspekte berücksichtigt, stellt dort den wichtigsten Gestaltungsraum für eine nachhaltige Entwicklung dar.

Voraussetzung ist das Vorliegen regionalspezifischer Nachhaltigkeitsziele sowie Indikatoren zu deren Meßbarkeit. Dazu sind umfassende Kenntnisse über die regionalen Charakteristika notwendig. Durch die Kombination aus Materialstromanalyse und Akteursanalyse können der regionale Stoffhaushalt beschrieben sowie Schwachstellen und Einflußfaktoren aufgezeigt werden.

Methode

Bei Kenntnis der regionalen Rahmenbedingungen lassen sich aus den allgemeinen Regeln für eine nachhaltige Stoffpolitik regionalspezifische Ziele ableiten und geeignete Indikatoren festlegen. Diese dienen der Beurteilung von Aktivitäten und Maßnahmen für die nachhaltige Entwicklung der Region. Sie lassen sich zudem – bei entsprechender Kenntnis der Rahmenbedingungen - auch auf andere ländliche Regionen übertragen und gewährleisten die Berücksichtigung der regionalspezifischen Rahmenbedingungen in die anstehenden Entscheidungsprozesse. Durch den gewählten top-down-Ansatz ist gewährleistet, daß die Indikatoren zieladäquat an dem Leitbild der nachhaltigen Entwicklung ausgerichtet sind.

Die allgemeinen Regeln für eine nachhaltige Stoffpolitik beinhalten [Enquete 1994]:

1. Nutzung erneuerbarer Ressourcen:

Die Abbaurate erneuerbarer Ressourcen soll ihre Regenerationsrate nicht überschreiten. Dies entspricht der Forderung nach Aufrechterhaltung der ökologischen Leistungsfähigkeit, d.h. (mindestens) nach Erhaltung des von den Funktionen her definierten ökologischen Realkapitals.

2. Nutzung nicht-erneuerbarer Ressourcen:

Nicht-erneuerbare Ressourcen sollen nur in dem Umfang genutzt werden, in dem ein physisch und funktionell gleichwertiger Ersatz in Form erneuerbarer Ressourcen oder höherer Produktivität der erneuerbaren sowie der nicht-erneuerbaren Ressourcen geschaffen wird.

3. Inanspruchnahme der Aufnahmekapazität der Umwelt:

Stoffeinträge in die Umwelt sollen sich an der Belastbarkeit der Umwelt orientieren, wobei alle Funktionen zu berücksichtigen sind, nicht zuletzt auch die „stille“ und empfindlichere Regelungsfunktion.

4. Beachtung der Zeitmaße:

Das Zeitmaß anthropogener Einträge bzw. Eingriffe in die Umwelt muß im ausgewogenen Verhältnis zum Zeitmaß der für das Reaktionsvermögen der Umwelt relevanten natürlichen Prozesse stehen.

Diese Herangehensweise zur nachhaltigen Entwicklung ländlich strukturschwacher Regionen wurde beispielhaft in einer Fallstudie erprobt. Als Untersuchungsgegenstand diente der Holzhaushalt einer ostdeutschen ländlich strukturschwachen Region. Diese traditionell sehr dünn besiedelte Region ist seit Beginn der 90er Jahre durch den Zusammenbruch der regionalen Wirtschaftsstruktur gekennzeichnet, die zu starken Verbesserungen der Umweltsituation, gleichzeitig aber auch zu hoher Arbeitslosigkeit und starker Abwanderung führen. Diese Regionen sind typischerweise charakterisiert

durch die Produktion eines großen Biomasseüberschusses bei gleichzeitigen großen Importen an fossilen Energieträgern.

Die Untersuchung erfolgt beispielhaft am Holzhaushalt des brandenburgischen Landkreises Ostprignitz-Ruppin. Das sozio-geographische, ökonomische und ökologische Regionalprofil weicht deutlich vom nationalen Durchschnitt ab, so daß die Anwendung überregionaler (nationaler bzw. internationaler) Nachhaltigkeitsziele und -indikatoren irreführend ist, da sie – zumeist für Verdichtungsräume entwickelt – nicht an den Problemfeldern ländlich strukturschwacher Regionen ausgerichtet sind.

Bestandsaufnahme

Die Region Ostprignitz-Ruppin ist charakterisiert durch vergleichsweise geringe Umweltbelastungen, die allerdings kaum durch gezielte Umweltschutzmaßnahmen, sondern vielmehr durch den Rückgang der wirtschaftlichen Aktivitäten in der Region herbeigeführt wurden. Wenn es nicht gelingt, der Bevölkerung neue wirtschaftliche Möglichkeiten zu eröffnen, wird die Region in Zukunft wichtige Bewohner verlieren. Die dadurch erreichten Umweltentlastungen sind nicht nachhaltig: Zum einen verbraucht die abgewanderte Bevölkerung die Energie und Rohstoffe in anderen Regionen, gleichzeitig gefährdet die dauerhafte wirtschaftliche Benachteiligung den inner- und überregionalen sozialen Frieden.

Wie die Akteuranalyse entlang des Stoffstroms Holz zeigt, hat die Mehrheit der regionalen Akteure kaum einen Einfluß auf den regionalen Holzhaushalt. Dieser wird vielmehr durch die überregionalen Rahmenbedingungen und durch Großbetriebe geführt, die zwar in der Region ansässig sind, aber keine Regionalidentität zeigen. Unterrepräsentiert sind alteingesessene mittelständische Unternehmen, die sich in regionalen Produktionsketten und Markenzeichen verbinden. Der Bereich des Handwerks ist zum einen wirtschaftlich unter Druck, gleichzeitig bleibt die Innovationsbereitschaft und Anpassungsfähigkeit ohne Außenwirkung. Auch fehlt bisher eine regionale Koordinationsstelle für die stoffstrombezogenen Aktivitäten, so daß eine abgestimmte Entwicklung der verschiedenen Prozesse des Holzhaushaltes (Holzproduktion, -verarbeitung, -feuerung etc.) nicht zu erwarten ist.

Die regionale Holzbilanz (Abbildung 1), die erstmals die tatsächlichen Holzströme einer ländlich strukturschwachen Region abbildet, zeigt folgende Charakteristika:

- Die natürliche Holzproduktion im Wald übersteigt die anthropogenen Restholzströme der Region um etwa das 10-fache, das natürliche Holzlager sogar fast um das 50-fache.
- Aus forstwirtschaftlicher Sicht nachhaltig wäre die Nutzung von knapp der Hälfte des nachwachsenden Holzes. Tatsächlich werden jedoch nur 15% des nachwachsenden Holzes erschlossen. Besonders unzureichend ist der Absatz des vorrätigen Brennholzes.
- In der Region sind Verarbeitungskapazitäten vorhanden, die rein rechnerisch die nutzbaren Holzmassen weitgehend bewältigen könnten. Tatsächlich besteht aber weder bei der Holzbeschaffung noch beim Absatz der erzeugten Produkte ein regionaler Bezug, d.h. die überwiegenden Ströme finden sich im Im- und Export. Dies gilt auch für die industrielle Energieholznutzung.
- Kapazitäten zur Papierherstellung sind in der Region nicht vorhanden. Der Papierverbrauch liegt in der gleichen Größenordnung wie der Holzverbrauch, ist aber durch einen hohen Recyclinganteil (Altpapierwiedereinsatz außerhalb der Region) gekennzeichnet.
- Die Prozesse Feuerung und Deponierung sind sehr viel stärker regional orientiert: Altholz und Brennholz werden kaum im- und exportiert.
- Die Energieholznutzung außerhalb industrieller Prozesse liefert 2,8% des regionalen Primärenergiebedarfs zur Wärmebereitstellung für Privathaushalte und Kleinverbraucher bzw. substituiert in der Region 1,1% des klimarelevanten CO₂.
- In den letzten Jahren hat sich ein nennenswertes Holzlager auf der Deponie gebildet. Dieses Holz läßt sich allerdings nur mit aufwendigen Maßnahmen in den Wirtschaftskreislauf zurückführen.

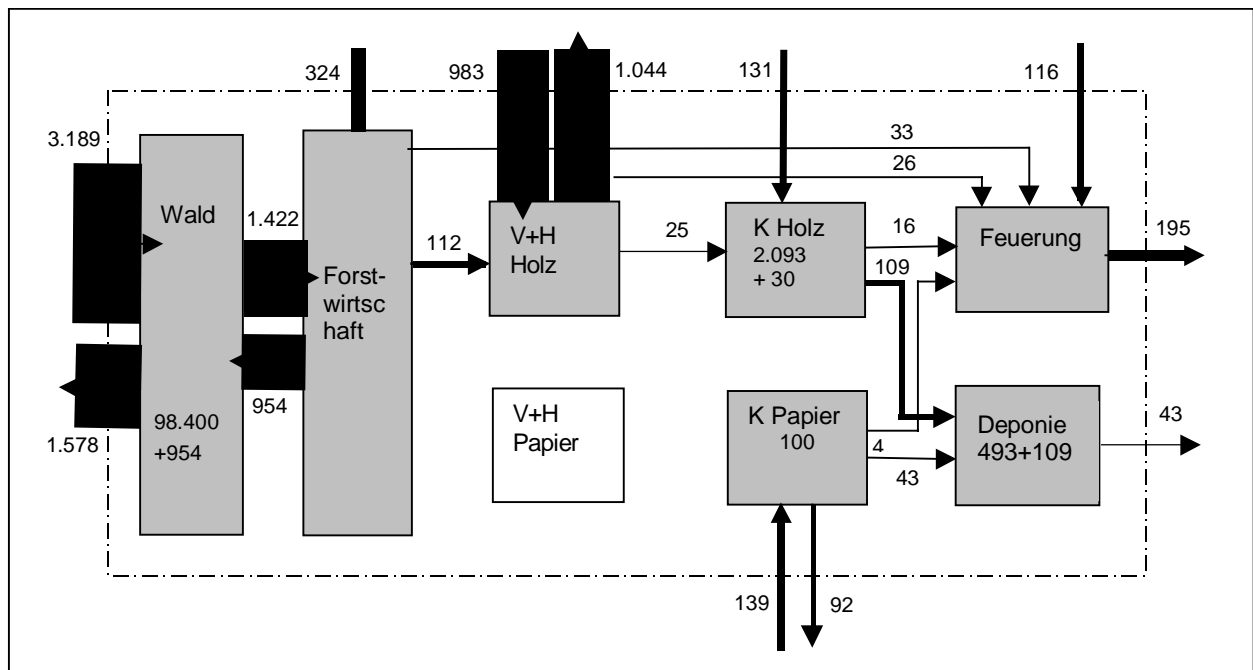


Abb 1 Regionaler Holzfluß von OPR 1995
Lager in $[\text{kg TS} \cdot \text{E}^{-1}]$, Lagerveränderungen und Flüsse in $[\text{kg TS} \cdot \text{E}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}]$

Der größte regionale Abfallstrom, nämlich der ungenutzte Holzzuwachs im Wald, entsteht nicht durch anthropogene Produktions-, Verteilungs- und Konsumprozesse, sondern durch das Fehlen dieser Aktivitäten. Bestehende ökologische, ökonomische und soziale Potentiale bleiben dadurch ungenutzt.

Ableitung von Indikatoren

Die Anwendung der allgemeinen Nachhaltigkeitsregeln für den Holzhaushalt der Region orientiert sich an den Funktionen ländlich strukturschwacher Regionen innerhalb dichtbesiedelter Industrieregionen. Sie bilden ökologische Rückzugsräume und Lebensräume für die ansässige Bevölkerung, stellen nachwachsende Ressourcen bereit und nehmen organische Abfälle auf. Diese Funktionen werden mit den allgemeinen Regeln für eine nachhaltige Stoffpolitik verknüpft. Sie umfassen Maßgaben zur Erhaltung der ökologischen Leistungsfähigkeit, zur Nutzung nicht nachwachsender Rohstoffe, zur Erhöhung der Produktivität und für das Zeitmaß des Stoffaustausches.

Zur Beurteilung des regionalen Holzhaushaltes wird ein mehrstufiges Zielsystem erstellt (Abbildung 2) und 43 Indikatoren abgeleitet, die nicht nur die Materialströme sondern auch die politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen umfassen. Problematisch für die praktische Anwendung stellt sich die unzureichende Datenlage und die in vielen Bereichen noch fehlende "Übersetzung" der Nachhaltigkeitsgedanken in konkrete Zielvorgaben dar. Für die Verwendung wurde daher ein reduzierter Indikatorenset von 27 Indikatoren zusammengestellt, die auch zur Beurteilung des Holzhaushaltes anderer ländlich strukturschwacher Regionen geeignet sind. Relativ viele Indikatoren sind zur Beschreibung der regionalen Wirtschaftsstruktur notwendig, während die Nachhaltigkeit der Entsorgung von Abfallhölzern mit sehr wenig Indikatoren eingeschätzt werden kann.

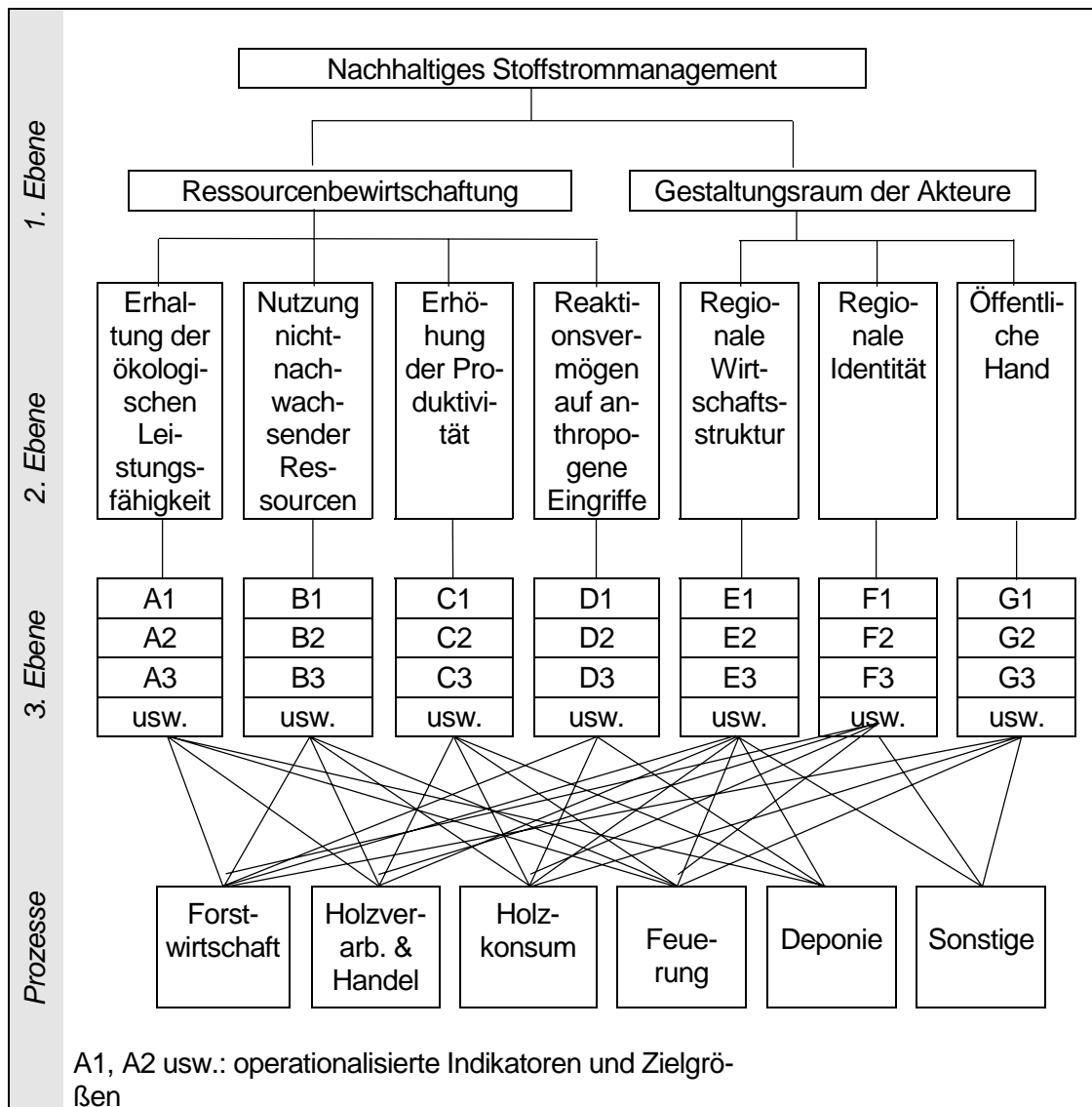


Abb 2 Zielsystem „Nachhaltiges Stoffstrommanagement“

Nachhaltiges Stoffstrommanagement

Für Ostprignitz-Ruppin wird mit dem entwickelten Indikatorsatz ein nachhaltiger Holzhaushalt skizziert (Abbildung 3). Gegenüber der Ist-Situation ergeben sich folgende Forderungen:

- Verzehnfachung des regionalen Energieholzeinschlages
- Vervierfachung des (Wert)holzeinschlages und der regionalen Verarbeitung des einheimischen Holzes
- Verdoppelung der Feuerungskapazitäten bei Privathaushalten und Kleinverbrauchern bei gleichzeitigem Aufbau eines überregionalen Energieholzmarktes, über den das übrige Potential abgesetzt wird
- Verdoppelung der Recyclingkapazitäten für die Altholzverwertung
- Veränderungen der regionalen Verarbeitungskapazitäten und des Holzkonsums ergeben sich nicht

Beispielhafte Handlungsempfehlungen werden abgeleitet, indem für einen Katalog aus 16 Maßnahmen der verbesserten Holznutzung „von der Region - für die Region“ eine Rangfolge ermittelt wird. Dabei wird nicht nur der entwickelte Indikatorsatz angewendet, sondern auch die Realisierungswahrscheinlichkeit durch die regionalen Akteure bewertet. Die entwickelte Vorgehensweise gestattet zudem die stärkere Gewichtung der regionalen Schwächen (Holzverarbeitung, -feuerung und Realisie-

rungswahrscheinlichkeit). Eine schwache Platzierung von Maßnahmen zur Abfallreduzierung im herkömmlichen Sinne ergibt sich folgerichtig aus dem niedrigen Stellenwert des konsumbedingten Holzabfälle gegenüber dem ungenutzten Holz im Wald.

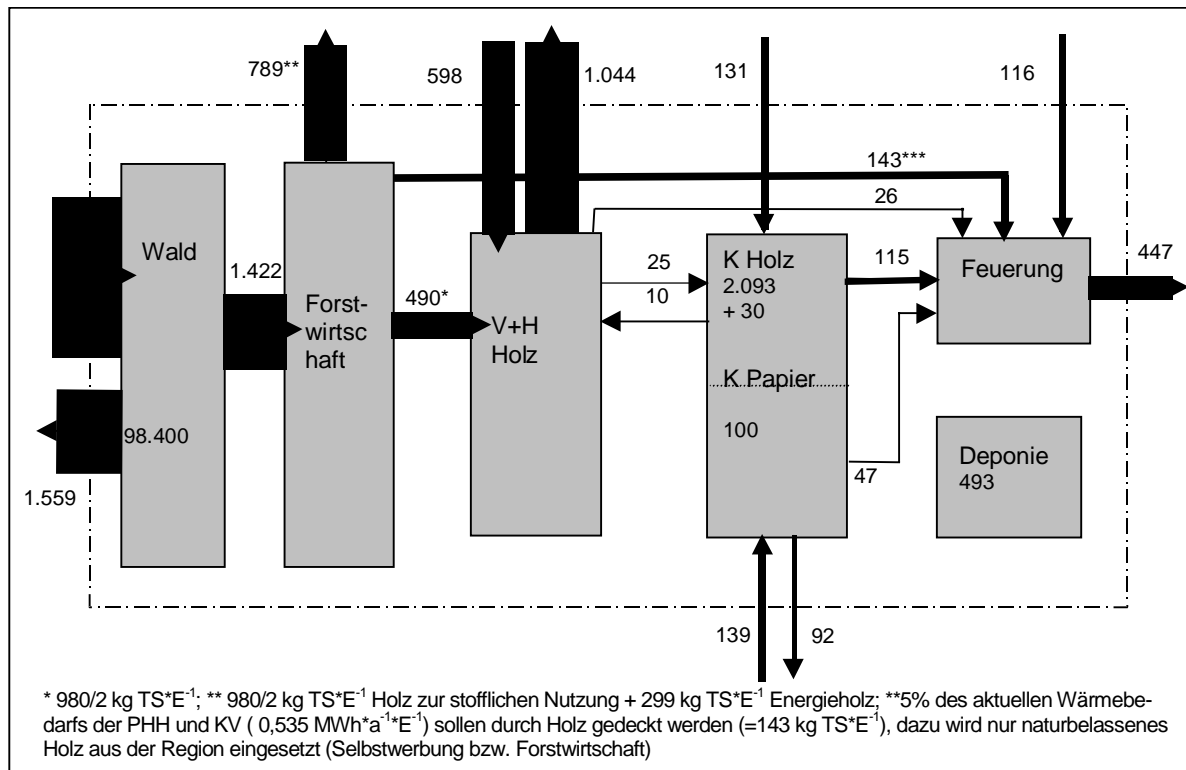


Abb 3 Nachhaltiger regionaler Holzfluß
Lager in [$\text{kg TS} \cdot \text{E}^{-1}$], Lagerveränderungen und Flüsse in [$\text{kg TS} \cdot \text{E}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$]

Handlungsempfehlungen ergeben sich aus der ermittelten Rangfolge insbesondere für die Energieholznutzung. Sie kann nur gelingen, wenn gleichzeitig Informationen über die vorhandene Technik und eine differenzierte, wirtschaftlich attraktive Energieholzversorgung verfügbar sind. Für Ostprignitz-Ruppin werden diese Empfehlungen verbindlich, wenn die Akteure in der Region sowohl den Maßnahmenkatalog als auch das Bewertungsverfahren in Kraft setzen.

Ausblick

Mit Hilfe des entwickelten Indikatorsatzes läßt sich ein Monitoring-System für die Holzhaushalte ländlich strukturschwacher Regionen installieren. Die erzielten Ergebnisse lassen sich durch die stufenweise Vorgehensweise vielfältig übertragen:

- Die Kombination von Stoffhaushaltsanalyse und Zielentwicklung läßt sich prinzipiell auf alle Stoffströme und Regionen anwenden. Neuartige Ergebnisse sind allerdings nur für die Regionen zu erwarten, die in der überregionalen Diskussion unterrepräsentiert sind.
- Das entwickelte Zielsystem ist grundsätzlich gültig für die Nutzung erneuerbarer Ressourcen in ländlich strukturschwachen Regionen. Lediglich der Indikatorsatz ist für den jeweiligen Stoffhaushalt entsprechend zu modifizieren.
- Der ermittelte Indikatorsatz ist grundsätzlich zur Bewertung des Holzhaushaltes wald- und holzreicher, ländlich strukturschwacher Regionen geeignet. Mit dem vorliegenden EDV-gestützten Verfahren lassen

sich unterschiedlichste Maßnahmen zur Verbesserung des Holzhaushaltes dieser Regionen unter Berücksichtigung der speziellen regionalen Schwächen schnell und einfach beurteilen.

Schwierigkeiten bereitet allerdings die bisher uneinheitliche Definition dieser Gebiete. In Hinblick auf eine diversifizierte nachhaltige Entwicklung scheint es sinnvoll, eine handhabbare Anzahl von Regionstypen festzulegen und die Gebiete z.B. europaweit zu kategorisieren.

Literatur

Agenda 21: <http://agenda21.ggi.uni-tuebingen.de>

Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des Deutschen Bundestages (ENQUETE) (1994) (Hg.): Die Industriegesellschaft gestalten. Bonn.

PETERS, U.; SAUERBORN, K.; SPEHL, H.; TISCHER, M.; WITZEL, A. (1996): Nachhaltige Regionalentwicklung – ein neues Leitbild für eine veränderte Strukturpolitik. Universität Trier.

RAT VON SACHVERSTÄNDIGEN FÜR UMWELTFRAGEN (RSU) (1996): Konzepte einer dauerhaft-umweltgerechten Nutzung ländlicher Räume. Stuttgart.

THRÄN, D. (2000): Measuring Sustainable Development of Rural Regions on the Basis of Material Flow Account. Beitrag zur Third International Conference of the European Society for Ecological Economies (ESEE) at the Vienna University of Economics & Business Administration in May 2000

Anschrift der Autorin

Daniela Thrän
Universität Potsdam
Zentrum für Umweltwissenschaften
Forschungsgruppe Ökotechnologie
Park Babelsberg 14
14482 Potsdam

**Ökologie und Naturschutz
Landschaftsplanung
Landschaftsentwicklung**

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.

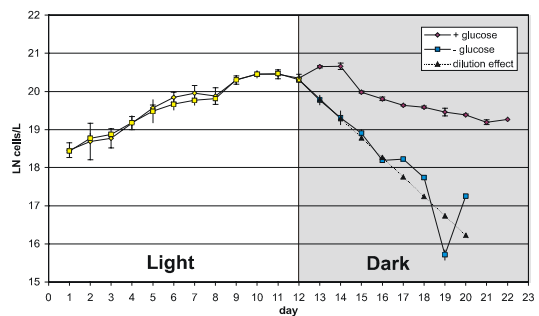


Fig. 1: Development of *Chlamydomonas* sp. cell cultures under semicontinuous conditions (40% dilution per day) in the light (day 1-12) and in the dark (day 12-22) with or without glucose addition.

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 Schafschere 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

Franka 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.

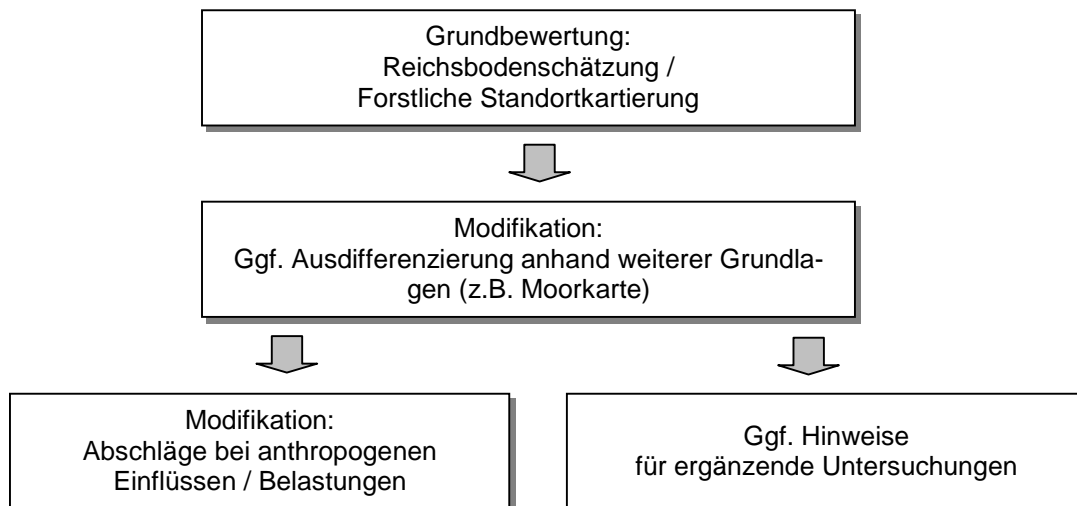


Abbildung 1: Bewertung der Bodenfunktionen – Schrittweise Integration von Daten

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;

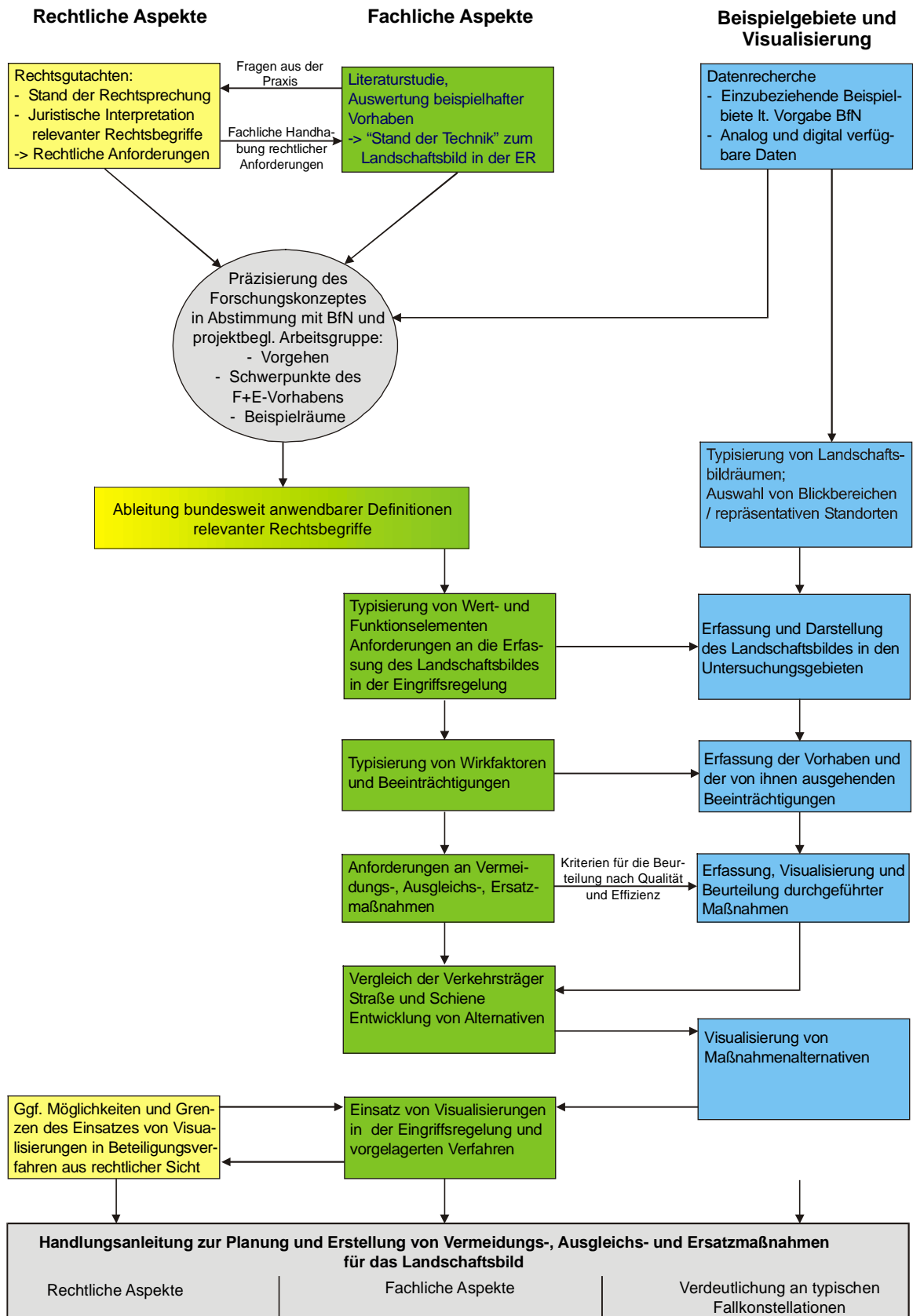
- anhand ausgewählter Fallbeispiele sowohl geplante bzw. durchgeführte wie auch alternativ zu entwickelnde Vermeidungs-, Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen, möglichst in Zeitreihen, visualisiert werden.

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 Rechtsbegriffe 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:

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

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

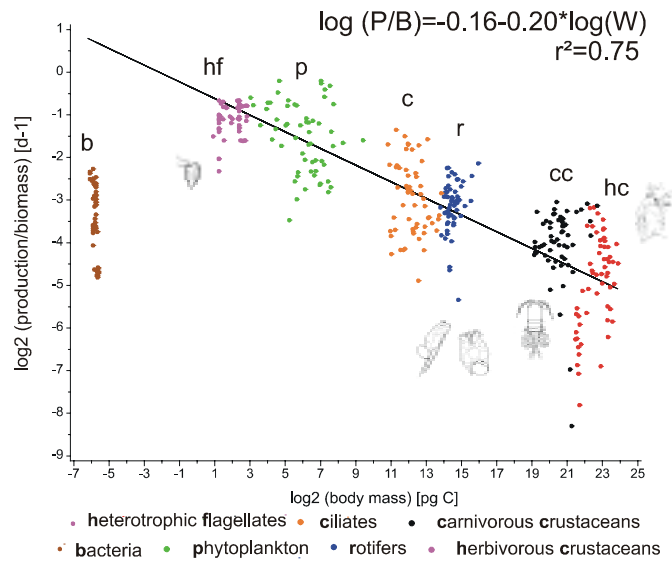


Fig. 1. Relationship between mass-balanced production to biomass (P/B) ratios of all plankton groups and their mean body masses in Lake Constance during 60 seasonal phases in 1987-1993.

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 (ruderaler Pionierfluren, Schlagfluren, Waldsäume); Zwergstrauchheiden aller Art, insbesondere die kontinentalen Heiden sowie auch lichte Wälder und Gebüsch 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): Großerbivore 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

**Schutzgüter Wasser
Boden
Luft**

Investigation of Environmental Quality and Social Structures in a Mining Area in the North West Province of South Africa

O. Blumenstein

Zusammenfassung

Im Untersuchungsraum ist die Umwelt durch die Errichtung von vier Minen und Anlagen zur Verarbeitung des Erzes verändert worden. Sie existieren in enger räumlicher Nachbarschaft zu Farmen, Bewässerungsanlagen, Siedlungen der ansässigen Bevölkerung und Squattercamps. In einigen Studien ist bereits der Zustand der Luft und des Wassers erfaßt worden.

Es sind jedoch Schlußfolgerungen über den gegenwärtigen Umweltzustand des Raumes von einer holistischen Sicht aus abzuleiten. Dazu müssen die Wechselwirkungen zwischen der Umwelt und der Tätigkeit des Menschen erfaßt werden. Die Proben von Wasser, Luft, Bodenproben und Organismen sind am gleichen Ort und zur gleichen Zeit zu entnehmen. Dadurch wird es möglich, die Belastung aller natürlichen Kompartimente, das Nahrungnetz eingeschlossen, zu ermitteln. Grundlegende Laborversuche sollen Anhaltspunkte für die Mobilität der Schadstoffe und die Rolle der Mikroorganismen in den Stoffkreisläufen geben. Diese Untersuchungen zur Umweltsituation sollen durch Analysen der sozialen und infrastrukturellen Entwicklungen, insbesondere in den Squattersiedlungen, ergänzt werden. Alle Ergebnisse der komplexen Umweltanalyse werden in Computerkarten dargestellt werden. Das Ziel besteht in der Formulierung von Maßnahmen, die eine Verringerung der ökologischen Risiken und eine stabile Entwicklung in der Zukunft garantieren. Im Rahmen des Projektes ist eine zweisprachige Wortsammlung zum interdisziplinären Gebrauch zu entwickeln. Die Ergebnisse sollen für Behörden und Menschengruppen mit unterschiedlichem Bildungsniveau verständlich gemacht werden. Ein Vergleich der Umweltnormen und Standards Südafrikas mit denen der Länder der Europäischen Union wird angestrebt.

Summary

The environment of the investigation area has been influenced by the establishment of four mines and ore processing plants. They are all very close to farms, settlements of native inhabitants, squatter camps and irrigation systems. In previous environmental studies the state of some separate compartments has already been recorded.

It is necessary to draw conclusions concerning the present environmental state of the area from a holistic point view. The different interrelations between man and environment must be defined and fixed. It is necessary to collect air, water and soil samples from the same place and at same time over a certain period. Only by following this strategy it is possible to analyse sufficiently the impact on the different compartments, including the food web. Basic tests in laboratories might indicate the mobility

of contaminants and the function of micro-organisms in the cycles of substances. All the results of this comprehensive environmental analysis should be illustrated by computer maps. The main aim is the definition of steps to minimise ecological risks and degradation and to guarantee a sustainable development in the future. Beside these scientific investigations a bilingual dictionary should be developed in the framework of this project.

The results of this investigation should be presented to people with different educational backgrounds. South African environmental norms and standards should be compared with environmental laws and regulations of countries of the European Union.

Investigation of Environmental Quality and Social Structures in a Mining Area in the North West Province of South Africa

Premises

All environmental components (water, air and soil) are more or less interrelated.

This interrelationship is not only influenced by natural processes, but to a large extent, by human activities. Within this geosystem, substances are constantly in the process of decomposition, transformation, renewal, storage and exchange. Organisms and energy play a vital part therein. The environment of the area of investigation has been greatly influenced by the establishment of several mines and ore processing plants, which produce mainly chromium and platinum. They are in very close proximity to settlements of native inhabitants, squatter camps, farms and irrigation systems. An additional strip mine is planned in this district. This mine will have a production capacity of about 1-2 million tons of ore per year and will run for about 15 years. Figure 1 illustrates the interrelationships between natural components and human influence.

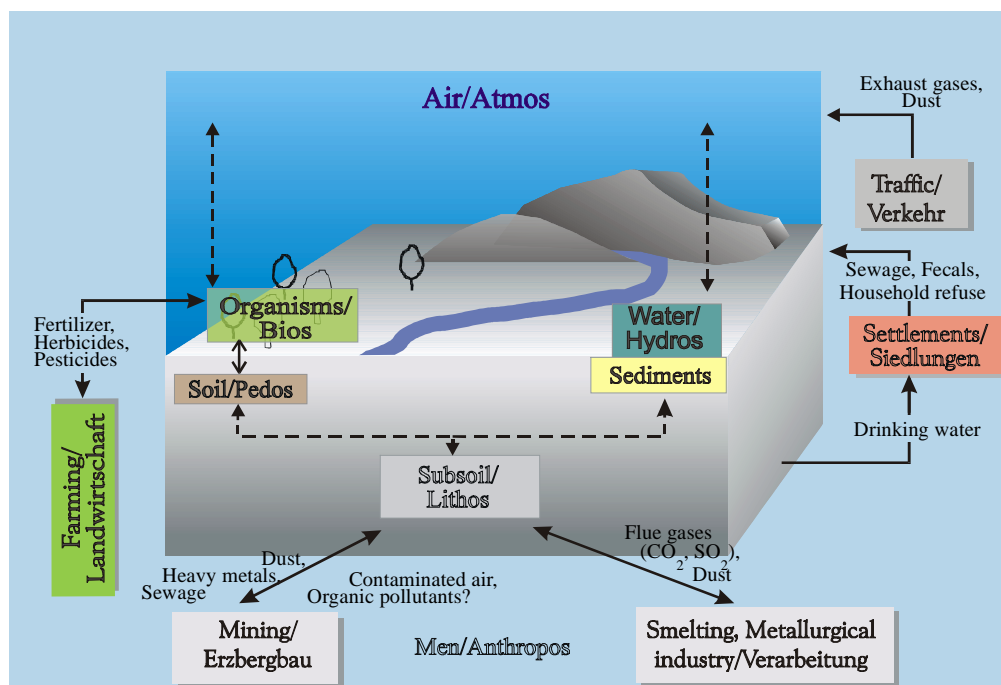


Fig. 1.: Some interrelationships between natural components and human influence of the area of investigation

Together with scientists of the University of Pretoria and in cooperation with the Tobacco and Cotton

Research Institute Rustenburg, along with other institutes and with the authorities of the North-West-Province in South Africa, the development of a specific environmental project is planned. In contrast to the previously-mentioned approach of investigating separate components independently of one another, the scientists of this project prefer to take a holistic approach. The totality of the present environmental situation must be taken into consideration in order to adequately assess the dangers resulting from contamination and pollution. The various complex interrelations between humans and the environment must be defined and fixed. For this purpose, it is necessary to simultaneously collect air, water and soil samples from the same place over a measurable period of time. Only by following this strategy, is it possible to sufficiently analyse the environmental impact of human activities on the different components, including on the food chain.

It is also necessary to draw conclusions from a comprehensive perspective. This means that intensive co-ordination is crucial for the success of this interdisciplinary and holistic approach. All research workers of this project must consider the following questions:

- What are the special aims of the investigation?
- Which hypotheses should be examined?
- How do the specialists define their contribution within the holistic context?
- What specific knowledge and pieces of information do they need to make their contribution?

Objectives

1. Extensive study of source material and collection of data concerning the degree of contamination within the investigation area. Comparison of this data with existing standards and legislation in South Africa and Europe.
2. Assessment of the impact of existing strip mines on air, water and soil quality, on the yields of cultivated plants and on social and infrastructural conditions. Demonstration of possible long-term effects of accumulating contaminants on the geosystem and on food chains.
3. Presentation of the findings based on prognosis models concerning expected changes in the dynamics of pollutants and concerning the influence of unregulated migration on land use as a result of the establishment of a new strip mine.

Tasks

1. One of the first steps is the development of baseline maps for the inventory of geology, geomorphology, climatology, hydrology, flora, fauna and land use of the area of investigation. Subsequently, it is necessary to plan the sample sites and the logistics of sampling. If there are deficits of the spatial order of patterns, it is possible to compensate for this by using remote sensing techniques and methods of surface-geophysics. An investigation into the type and content of harmful substances, as well as into their pattern and spatial extension into the study area, should follow. Only by taking these steps in the above-mentioned order will it be possible to recognize spaces of accumulation of pollutants and their sources.

The content and concentration of the parameters are the result of different factors, such as:

- space (distance to the emittant, direction, of the long-range transport of pollutants),
- time (length of sedimentation process or contact with soil particles, plant leaves and roots),
- intensity (wind force, kinetic energy of water streams) and
- geochemical mobility of the elements.

2. All the samples taken will be analysed according to the following factors: Cr, Cd, Ni, Cu, Hg, As, Pd, Pt. Selected soil samples will be investigated by using the method of sequential extraction in order to analyse the mobility of the heavy metals Cr, Ni, Cd and Pt. In this context, one should take into consideration that sequential extraction for the Platinum group metals and Hg, using digested thiocrown compounds, is an important test for a possible extraction of metals from soil and sediment particles.
3. Thermal ore treatment is known to be accompanied by the production and emission of organic pollutants. The compounds produced entail a significant risk potential, since they are persistent and tend to accumulate in soils and biological systems. In biological systems, such pollutants often show carcinogenic, mutagenic or teratogenic properties. In the area of investigation, screening is necessary for such important pollutants groups like polychlorinated dibenzodioxines / dibenzofuranes (dioxines), polychlorinated biphenyls (PCB) and polynuclear aromatic hydrocarbons (PAH). The decision to screen additional organic compounds requires a deeper knowledge of the thermal processes involved. Soil Organic Matter (SOM) is the main adsorbent for many heavy metals and organic pollutants. The adsorbent properties strongly depend on the structure and composition of SOM and on soil parameters like pH. Mineralization is another risk factor of the remobilization of pollutants. The knowledge about the relative stability of SOM is an important piece of information for the retention capacity of soils. Therefore, the structural investigation of the SOM by means of chemolysis/MS studies is recommended for a limited number of samples.
4. The microbiological research work focuses on the two areas of microbiological-hygienic and microbiological-ecological investigation. Both areas are closely tied to mining activities. The immigration of potential mine workers and their families will intensify the social problems in the region of study. Rogue settlements lacking infrastructure like running water and sewage disposal will lead to catastrophic sanitary conditions, not only for the immigrants themselves, but also for the existing local populations. For this reason, microbiological hygienic investigations of water, sludge and soil samples should be carried out, especially regarding heterotrophic bacteria, potentially pathogenic bacteria, Coliformes, Escherichia coli, Enterococci and sulphate-reducing bacteria. In this way, probable sources of contamination can be revealed and possibilities for elimination proposed.

The emission of harmful substances could have a potentially adverse impact on the health of the population, on the vitality of plants (particularly of agricultural crops), and on soil life. The microorganisms in the soil are responsible for the biogeochemical cycles. Their role is the mineralization of organically bound substances into nutrients re-assimilable for plants. Poor yearly precipitation in the area of investigation (semi-arid region) leads to relatively low microbiological activities. The introduction of heavy metals could additionally lead to a severe decrease in the cycling activities of soil life.

The microbiological-ecological investigation will be concentrated on environmentally relevant microorganisms, such as heterotrophic bacteria, fungi, cellulolytic bacteria, nitrifying bacteria, as well as on important physiological reactions.

These reactions will include the following parameters:

- soil respiration,
- activity of dehydrogenases,
- activity of catalase,

as well as specific parameters of the cycling activities like

- nitrification,
- denitrification,

- N-fixation.

The data obtained could reveal an indication of soil damage and be used for a prognosis of soil development under specific conditions.

5. Another important part of the investigation work will concentrate on organisms that are able to absorb and store heavy metals. These organisms could be impaired or damaged through the influence of heavy metal pollution. The initial focus of the investigation will be on human activity, while the investigation of plants and animals as monitoring organisms depends on their methodological suitability. They must be widespread representatives of a dominant species within the study area, and their identification must be possible during a definable period of the year. The research work must also be focused on various agricultural crops like citrus, cotton, grain, lucerne, manna, sunflowers, tobacco, as well as on the natural vegetation, which is a mixture of Sourish, Bushveld and Sour Bushvel that grows on rocky outcrops pediments or along the water-courses of shallow drainage lines.

The study of animals might lead to interesting results concerning the transfer of heavy metals into the nutritional food chain. Domestic animals (cattle, pigs, goats, chickens, ducks and crocodiles) are of special interest for this purpose. They are fed primarily with locally grown food and serve as nutrition for humans. Additionally, pigs share certain physiological similarities with humans. Chickens feed on seed possibly contaminated with heavy metals, which can accumulate and can be detected in vertebrate organ systems like the liver, as well as in bones.

It is also possible to extend the investigation to wild animals living in the area.

Birds and larger wild animals have a high mobility, making them unsuitable for these research purposes. However, invertebrate fauna species or vertebrates such as rodents, lizards and geckos should not be ignored. The latter are of special interest, as they consume insects and other invertebrates.

6. Heavy metals can influence germination and plant growth of cultured and wild plants. Investigations into the degree of pollution and its impact on plant development in the proximity of mines are very important, both for agricultural and vegetable production as well as for the protection of nature. Moreover, a high concentration of heavy metals in food and in tobacco produced on polluted fields is a permanent danger for the population. Therefore, an investigation is advisable into the impact of heavy metals on
 - different soil parameters in order to characterise the fertility and reproductiveness of soils and to analyse such factors as respiration and/or catalase activity of soil organisms in untreated and polluted soils,
 - seed stocks and germination of seeds from untreated and polluted soils,
 - germination rates of different varieties of main culture plants in the region (tobacco, wheat, sunflowers, cotton, citrus fruits, vegetables etc.),
 - stress tolerance of different varieties of these species,
 - survival rates of seedlings of different varieties of main culture plant species,
 - stress tolerance and sensibility of germinating plants against further stress factors,
 - vitality and competitive strength of juvenile culture plants,

- growth and development of juvenile culture plants pre-stressed by other stress factors such as drought, high light intensity, high temperature and
- the structure of original plant societies (changes in animal and plant species composition, biodiversity).

The results can contribute to

- the development of methods for conditioning seeds to increase their tolerance against heavy metals (e.g. by pre-treatment with phytohormones, pre-imbibitions and re-dryings),
 - the selection of culture plant varieties with high tolerance against heavy metals, especially by an inhibited or blocked absorption of these pollutants,
 - the search for plants that indicate heavy metal stress at an early stage of pollution and
 - the development of a monitoring program for environmental protection.
7. A spatial database will be established to act as a baseline from which research findings can be compared. This database will also be used to record research findings and to analyse impacts of the mining development in the study area. Data will be obtained from recognised sources and ground sampling carried out to test its accuracy. The following data and the sources thereof are already available:
- topographical maps, with infrastructure, surface hydrology and topography (Transverse Mercator Projection, captured at 1:50 000 scale) from GIMS (Geographical Information Management Systems),
 - geological and groundwater maps (Albers Equal Area Projection, captured at 1:250000 scale) from the Council for Geosciences,
 - digital Elevation Model at 200m and 400m resolution, with some areas at 50m resolution, from GIMS (Geographical Information Management Systems),
 - plant and animal biodiversity and soils from the Center for Environmental Studies, University of Pretoria,
 - ground cover from the CSIR and
 - population data from Statistics South Africa.

The database will be updated during the project and used for analysis. Since it is not possible to assess all data completely, a careful selection of the parameters is absolutely necessary. The comprehensiveness of all data sets is the most important premise. Before the start of investigations, the scientists must discuss the relevance of the parameters, the measurement units, the hard- and software compatibility, as well as the data handling, so that mistakes and corrections can be avoided from the outset.

8. Regarding the mathematical-statistical analysis of the existing database, it is necessary to clarify whether the quality and quantity of the database is sufficient for forecasting statements. If the database is deemed sufficient, the mathematical analysis should be undertaken with respect to the following goals:
- detection of correlations between natural data (climate, soil, water etc.) and anthropogenic pa-

rameters,

- explanation of input hypotheses,
- explanations of spatial and temporal developments of stress caused by pollution and
- estimation of the complexity of the geosystem's dynamics during its development.

Suitable methods and tools of timeseries-analysis and geostatistics are chosen in dependence on the properties of the available database. The development of methods is planned for

- estimating changes caused by the opening of a new mine and
- forecasting the future development for the area of investigation under different boundary conditions.

A detailed specification can only be given following a sufficient mathematical-statistical investigation of the existing database.

9. The legal framework for Environmental Impact Assessment in South Africa is a further component of the project. Initially, the research will focus on the requirements for Environmental Impact Assessment in South Africa and the effectiveness thereof. The focus is on the guidelines distributed by the Department of Environmental Affairs and Tourism for Environmental Impact Reporting and Integrated Environmental Management as well as by the Aid Memoire of the Department of Mineral and Energy Affairs (the latter contains the legislated procedure for mining developments in South Africa).

The findings will be compared to similar legislation from other countries. Specific investigations will be carried out to determine whether the procedures carried out by the mines of the study area fulfil all legal requirements in South Africa. Furthermore, the study involves comparisons with other South African mining developments as well as with other international case studies, specifically with regulations in Germany.

10. The operation and the establishment of new mines, the extension of the N4 National Road and the diversification of the other economic activities in the study area affect the living circumstances of the inhabitants. In order to provide assistance to the decision-making process of the local authorities and prognoses for future developments, the following questions should be in the center of attention of the socio-scientific research:

- What is the social background of the study area and how will it undergo a process of change?
- What is the impact of the mines on this region?

In particular, the research work must concentrated on:

- the number of people who are currently living and working in the area of investigation,
- the impact of an increasing migration on the socio surroundings,
- the quality and the quantity of migration,
- the origin, motivation and future intentions of migrant workers (and of their families)

and on

- the possibilities, opportunities, problems and willingness for interaction between local and migrant populations with regard to housing, education and health requirements.

For the following problem areas, investigations in chronological order (past and present) and prognoses of future developments are required:

- water supply and sanitation,
- dust and noise pollution,
- state of formal as well as informal residential buildings,
- types of diseases and their development,
- changes of horticultural and animal product structures and crime prevention.

Furthermore, the changes regarding the extension of the N4 National Road and local roads are to be assessed. For this, the following questions are of importance:

- What is the present quality and quantity of traffic in the study area and what are possible future developments?
- What are the impact and consequences of the road on local businesses?

For this purpose, traffic investigations and prognoses are necessary.

An evaluation of the contents and quality of information of the EMPR written for Kroondal Platinum Mine should also be undertaken. To assess the impact on the environment, an Environmental Management Program Report (EMPR) has been written by SRK Consulting: Engineers and Scientists. For the purpose of this study, it is necessary to take a closer look at this report.

The investigation of the social aspect should address the advantages and disadvantages of status as a local authority. The establishment of new mines could potentially have some legal implications for the region. At the moment, Kroondal is not yet registered as a local authority, a situation that could change in the future. In this regard, it is important to look at the following aspects:

- investigation into the process of registration as a local authority,
- specific requirements for this process and
- its impact on the residents and landowners of Kroondal.

11. In addition to the above-mentioned facts, one should take the language differences of the project partners into consideration. For a successful and efficient project, it is therefore necessary that everyone involved in the project have a working knowledge of English and German. To improve the command of language, especially of its technical use, and to develop a subtle feeling for its application, it is essential to work closely with

- German students,
- South- African students and
- German lecturers and scientists.

Each participant should linguistically profit from the project. Language difficulties should be re-

duced and overcome mainly through active language use and by compiling a glossary of words and phrases on the basis of pre-existing material.

To guarantee a relatively broad use and application of the results of the project, its conclusions should be published at different levels, for example for scientists, local inhabitants and authorities, but also for school children. Therefore, it is necessary to adapt the final form of the project¹ s results to the specific and relevant needs of the people concerned.

Anschrift des Autors

Dr. Oswald Blumenstein
Universität Potsdam
Institut für Geoökologie
Postfach 60 15 53
14415 Potsdam

A large-scale hydrological model for the semi-arid environment of north-eastern Brazil

A. Bronstert, A. Güntner

Zusammenfassung

Zur Quantifizierung der Wasserverfügbarkeit in den semi-ariden Tropen Nordostbrasilien wird ein großskaliges hydrologisches Modell entwickelt. Das Modell berücksichtigt die Prozesse Gewässerabfluß, Rückhalt in großen und kleinen Stauseen, Bodenwasserdynamik und Grundwasserneubildung in räumlich detaillierter Weise mit einem Zeitschritt von einem Tag.

Modellanwendungen für das Einzugsgebiet des Jaguaribe (72 000 km²) im brasilianischen Bundesstaat Ceará brachten bislang gute Ergebnisse. Sehr wichtige Forschungsaspekte betreffen die Thematik von typischen Maßstabsebenen und Skalenübergängen und die Berücksichtigung von Modellunsicherheiten. Dafür werden die hydrologischen Prozesse in ausgesuchten kleinen Einzugsgebieten (<200km²) detailliert betrachtet und modelliert. Das Projekt wird in Kooperation mit dem Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung bearbeitet und durchgeführt.

Summary

For quantification of water availability in the semi-arid tropics of north-eastern Brazil, a large-scale water balance model has been developed. The model accounts for river runoff, reservoir storage, soil moisture and groundwater recharge in a spatially distributed mode on a daily time step. Considering the importance of lateral water flow for spatial patterns of soil moisture, modelling units are defined as terrain patches with similar characteristics referring to lateral processes based on a toposequence approach. Heterogeneity of vertical water fluxes due to varying soil and land-use properties is taken into account as sub-scale variability by distribution functions. Model applications for the Jaguaribe basin (72 000 km²) in the Federal State of Ceará, Brazil, are presented. Scaling issues and uncertainty of large-scale results are addressed by including simulations in small representative basins (<200 km²), located within the study area. Temporal scaling behaviour is investigated by using disaggregated rainfall data with hourly resolution.

Introduction

Scarcity of water resources is a major constraint for agricultural production, life quality and development in the semi-arid tropics. Determination of natural water availability on a large spatial scale is an essential prerequisite to understand and to mitigate economic and social impacts of droughts of regional and state wide extent. Within an interdisciplinary approach, the bilateral Brazilian-German WAVES programme (Water Availability, Vulnerability of Ecosystems and Society in the Northeast of

Brazil) analyses social and natural systems in the semi-arid Northeast of Brazil, with focus on the Federal States of Piauí and Ceará (470 000 km²). A main objective of this project is the development of methods for integrated modelling at a regional scale, which will allow to identify possible pathways towards a sustainable common development of nature and society, also taking into account future climate change. Within this framework, the hydrological module is designed to quantify natural water availability, establishing at the same time the link between climate modelling / climate scenarios and the modules of water management and agro-ecosystems. First results of the integration of water availability and water management are given in Bronstert et al. (1999). The hydrological water balance model developed within WAVES is presented here.

Objectives

The main requirements made on the hydrological model can be summarised as follows:

- Quantification of natural water availability in terms of river runoff, reservoir storage, soil moisture and groundwater storage.
- Capturing the influence of climate and land-use change on the water balance.
- Spatially distributed results for a large spatial scale in the range of 10⁵ km².
- Applicable for semi-arid hydro-climatological and physiographic conditions, e.g. high temporal and spatial variability of rainfall, high rainfall intensities, intermittent river runoff, sparse vegetation cover, shrinking and crusted soils.
- Assessment of uncertainty of model results in view of the scarce data availability.
- Adequate interfaces to adjacent modules within the integrated modelling approach in terms of input/output variables and parameters and their spatial and temporal scale.

Modelling concept

As soil moisture is a controlling factor for runoff generation and soil-vegetation-atmosphere fluxes, focus during model development was laid on capturing the influence of spatially variable land-surface properties on soil moisture patterns at the regional scale. Local soil moisture is not only governed by vertical water fluxes in the soil column, but also by lateral surface and subsurface flow processes. The representation of lateral flow in existing large scale water balance models, however, is often rather crude and may refer to routing of surface runoff in the river network only. In the present approach, the principle of delineation of modelling units is removed from the classical vertical-based scheme: modelling units are defined as terrain patches with similar characteristics referring to lateral processes (landscape units in Fig. 1).

A hierarchical scheme for structuring river basins is applied (Fig. 1). It is based on the SOTER concept (Soil and Terrain Digital Database) (FAO, 1993), which subdivides the landscape according to landform, lithology and soils. This concept was extended for hydrological applications by defining topographic (upstream-downstream) relationships between its components at different levels of the hierarchy. Landscape units are represented with explicit geographic reference in the model, whereas smaller scale features (terrain components and soil/vegetation components) are given by areal fractions and distribution functions only (Fig. 1). The water balance is calculated for the rooted soil zone of each soil/vegetation component by simple conceptual approaches, including the quantification of lateral flow components and of groundwater recharge. Surface and subsurface runoff generated in one terrain component (e.g. highlands) is transferred to a terrain component with lower elevation (e.g. slopes), allowing for infiltration or return flow, respectively.

The water balance of large reservoirs (storage volume > 30 × 10⁶ m³) is calculated explicitly for each of them (interface with the water management module). The huge number of small reservoirs cannot be taken into account with geographic reference, but only by means of distributions among storage volume classes within each catchment.

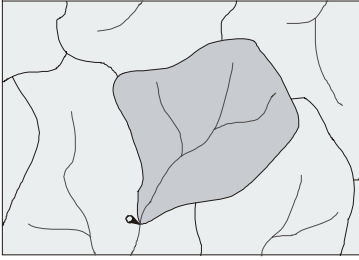
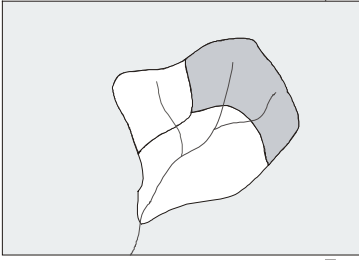
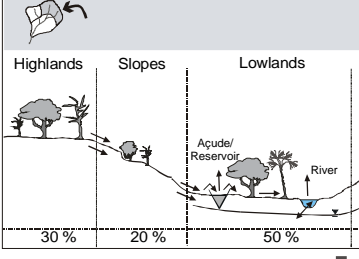
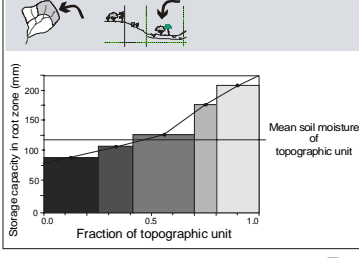
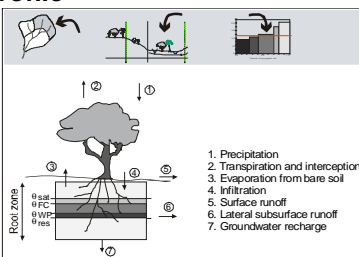
Level of hierarchy	Type and criteria of delimitation	Function
1 River basin / sub-catchment	 <ul style="list-style-type: none"> -Polygons with geographic reference -Source: terrain analysis of 30"-USGS-DEM 	<ul style="list-style-type: none"> ⊗ Runoff routing in river network between sub-catchments
2 Landscape unit	 <ul style="list-style-type: none"> Polygons with geographic reference Similarity of <ul style="list-style-type: none"> -major landform -general lithology -soil associations -toposequences 	<ul style="list-style-type: none"> ⊗ Geomorphologic patches with similar characteristics referring to lateral processes and connectivity ⊗ Upstream-downstream relationships between landscape units ⊗ Transfer of river runoff
3 Terrain component	 <ul style="list-style-type: none"> Fraction of area of landscape unit (no geographic reference) Similarity of <ul style="list-style-type: none"> -slope gradients -position within toposequence -soil associations 	<ul style="list-style-type: none"> ⊗ Transfer of surface and subsurface runoff between terrain components by upland-lowland relationships ⊗ Reinfiltration and exfiltration in component with lower topographic position
4 Soil/Vegetation component	 <ul style="list-style-type: none"> Fraction of area of terrain component (distribution function) -Soil (sub-)types -vegetation / landuse classes 	<ul style="list-style-type: none"> ⊗ Describing sub-scale variability of soil moisture within terrain components due to heterogeneity of soil and landuse characteristics ⊗ Partial-area approach
5 Profile	 <ul style="list-style-type: none"> -Several soil horizons -Lower limit by depth of root zone 	<ul style="list-style-type: none"> ⊗ Calculation of water balance in the root zone ⊗ Determination of vertical and lateral fluxes for each soil/vegetation component

Figure 1: Hierarchical approach for disaggregation of river basins into modelling units with emphasis on lateral flow processes.

Model application

The model was applied for the Rio Jaguaribe basin (72 000 km²) in the Federal State of Ceará, Brazil. The basin is predominantly located on crystalline bedrock. Surface runoff is the dominant runoff component and major source of water supply. Total storage capacity in the 4700 registered reservoirs amounts to about 7×10^9 m³ (SHR, 1992). Mean annual precipitation ranges from 500 mm in the dry interior of the basin to 1100 mm in elevated regions with up to 1000 m a.s.l. Rainfall is concentrated in a four month rainy period with high intermittency within the rainy period and large annual variability.

For parameterization of modelling units according to the hierarchical scheme presented above, geomorphologic and soil attributes of and were used. Based on air-borne radar images, terrain patches with similar surface characteristics in terms of valley density and depth were delineated. Mean slope gradients for landscape units were derived. This approach was found to be more consistent with the requirements for adequately representing lateral fluxes in the large-scale model than terrain attributes obtained from commonly available grid-based topographic information at this scale, as the USGS 30-arc seconds global Digital Elevation Model. Spatial vegetation and land-use data were obtained from the global 1-km AVHRR data set of Eros Data Center.

Considering the wide range of spatial scales between runoff generation at the hillslope and water availability at the regional scale, additional small scale simulations were performed. Detailed physiographic and rainfall data of nested representative catchments (0.7 - 200 km²) located within the study area were used. As the smallest catchment was not influenced by any water retention in reservoirs, model performance with respect to runoff generation could be directly evaluated. By comparing model results based on the detailed data sets of this focus area with the results obtained by applying the available large-scale data, model uncertainty of the large-scale model was assessed. The influence of the temporal scale on parameter values and simulation results was examined by model runs with hourly resolution. Disaggregated hourly rainfall volumes which reflected adequately major short-term rainfall characteristics of the study area were used as input.

Conclusions

Capturing spatial patterns of soil moisture is an essential requirement on water balance models due to its importance for runoff generation on the one hand, but also due to the feedback in coupled applications with e.g. climate or vegetation / crop models on the other hand. However, in view of the large heterogeneity of land surface characteristics which govern soil moisture, modelling approaches should focus on dominant mechanisms in order to be applicable at a regional scale. In the present study, process conceptualisation and delineation of modelling units reflects in particular the importance of lateral fluxes for soil moisture distributions. Heterogeneity concerning vertical processes is represented as sub-scale variability. The top-down approach applied for subdividing the study area ensures to concentrate on the key land surface properties with regard to the objective of the model application. Thus, the number of discrete modelling units can be kept low. Furthermore, this approach is appropriate with regard to the limited data availability of most large-scale applications: The use of areal fractions and distribution functions allows to incorporate spatial information of which the geographic location cannot be given explicitly. Similarly, the uncertainty of model parameter values can be taken into account.

References

BRONSTERT, A.; JAEGER, A.; GÜNTNER, A.; HAUSCHILD, M.; DÖLL, P.; KROL, M. (2000): Integrated modelling of water availability and water use in the semi-arid Northeast of Brazil. *Phys. and Chem. of the Earth*, 25(3), 27-232.

FAO (1993): Global and national soils and terrain digital databases (SOTER). Procedures Manual. World Soil Resources Reports No.74. Roma, Italy.

SRH (1992): Plano Estadual dos Recursos Hídricos. Vol.1, Diagnóstico, Secretaria dos Recursos Hídricos, Governo do Estado do Ceará, Fortaleza, Brasil.

Anschrift des Projektleiters

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

Hochwasserproblematik und der Zusammenhang mit Landnutzungs- und Klimaänderungen

A. Bronstert, D. Katzenmaier, U. Fritsch

Zusammenfassung

Aussagen darüber, in welcher Art, in welchem Ausmaß und auf welcher räumlichen und zeitlichen Maßstabsebene die Umweltänderungen (Landnutzungsänderungen, Klimaänderungen) Einfluß auf die Hochwasserentstehung und nachfolgend auf die Abflußsituation in den Flüssen bei Hochwasser nehmen sind immer noch mit großen Unsicherheiten behaftet. Daher werden in diesem Projekt Wirkungsabschätzung von Rückhalte- und Versickerungsmaßnahmen in der Fläche, von den Auswirkungen verschiedener Vegetations- und Bearbeitungsmuster in der Landwirtschaft, von Renaturierungsmaßnahmen an kleinen sowie von Ausbaumaßnahmen an den großen Flüssen auf die Hochwasserbedingungen am Rhein durchgeführt. Diese Wirkungen sollen zu den Effekten von Rückhaltemaßnahmen an den großen Flüssen (Flutpolder, Überschwemmungsgebiete), zur natürlichen Abflußbereitschaft des Gebietes (Sättigungsgrad des Bodens) und zu den Eigenschaften der hochwasserauslösenden Niederschlagsfelder in Beziehung gesetzt werden.

Summary

So far, the cause-effect relations between the factors climate, weather, extreme precipitation, properties of the land surface, the runoff potential of the catchment, and flood routing in the river are only partially understood. The objective of the project is the scientifically based assessment of the impacts of these factors. In particular the role of the conditions of the land surface (i.e. the infiltration capacity) on the magnitude of flood generation and its comparison with the storage and discharge conditions of the large rivers and their retention areas is subject of the investigations in this project.

Projektbeschreibung

Um die Auswirkung des Rückhaltevermögens der Landschaft und der Ausbaubedingungen an den großen Flußläufen auf die Hochwassersituation des Rheins quantitativ beurteilen zu können, wird eine Wirkungsabschätzung von Rückhalte- und Versickerungsmaßnahmen in der Fläche, von verschiedenen Vegetations- und Bearbeitungsmustern in der Landwirtschaft, von Renaturierungsmaßnahmen an kleinen sowie von Ausbaumaßnahmen an den großen Flüssen auf die Hochwasserbedingungen am Rhein durchgeführt. Diese Wirkungen sollen zu den Effekten von Rückhaltemaßnahmen an den großen Flüssen (Flutpolder, Überschwemmungsgebiete), zur natürlichen Abflussbereitschaft des Gebietes (Sättigungsgrad des Bodens) und zu den Eigenschaften der hochwasserauslösenden Niederschlagsfelder in Beziehung gesetzt werden.

Die Untersuchungen des Einflusses der Gebietseigenschaften (z.B. Landnutzung und -bedeckung) und der Flußbaumaßnahmen (Ausbaumaßnahmen am Rhein und seinen Nebenflüssen) auf die Hochwasserbedingungen im Rheingebiet von Maxau bis Lobith (niederländisch-deutsche Grenze) wird auf verschiedenen Maßstabsebenen durchgeführt.

1. Im Maßstabbereich der unteren Mesoskala (Gebietsfläche ca. 100 km² bis 500 km²) soll mit detaillierten hydrologischen Modellierungen und Analysen der Landnutzungsentwicklung der Einfluß der Landoberfläche bzw. -bedeckung auf die Abflußbildung während Starkniederschlagsperioden quantifiziert werden.
2. Übertragung der detaillierten Erkenntnisse der Abflußbildung auf größere (bis ca. 2000 km²) Einzugsgebiete (Nebenflußgebiete des Rheins). Hierbei soll das detaillierte Modell verallgemeinert und so regionalisiert werden, daß auf Basis verfügbarer Flächendaten (Topographie, Gewässernetz, Landnutzung, Bodenkarte) die Parametrisierung erfolgen kann.
3. Berechnung des Wellenablaufs im Rhein und seinen großen Nebenflüssen. Damit sollen die Einflüsse der Landoberfläche auf den Abfluß im Rhein integriert und zusammen mit den Wirkungen von Ausbaumaßnahmen am Rhein und seinen Nebenflüssen (incl. der Wirkung von Rückhaltemaßnahmen im Fluß) auf den Hochwasserabfluß quantifiziert werden.

Die Ergebnisse sollen fundierte Aussagen erlauben, in welchem Umfang Änderungen der Oberfläche des Einzugsgebietes (etwa bestimmte Bodenbearbeitungstechniken, Ver- und Entsiegelungsmaßnahmen, dezentrale Rückhaltemaßnahmen, Rodungen, Änderung des Vegetationszustandes oder Pflanzenwasserverbrauchs etc.) sowie Änderungen der klimatologischen Randbedingungen und flußbauliche Maßnahmen auf die Hochwasserbedingungen wirken.

Dieser Erkenntnisgewinn bildet die Voraussetzung, um die in der wissenschaftlichen und öffentlichen Diskussion genannten Zahlen möglicher Hochwasserverschärfungen durch Landnutzungsänderungen in der Fläche des Einzugsgebietes und an den Gewässern selbst ebenso wie die gezielten Maßnahmen zur Hochwasserminderungen wie z.B. dezentrale Wasserrückhaltung, Flutung von Poldern etc. besser beurteilen zu können.

Das Projekt wird durchgeführt in Kooperation mit dem Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, Universität Stuttgart, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz und RIZA, Arnheim (Niederlande) sowie der Kommission für die Hydrologie des Rheins, KHR.

Literatur

IMMENDORF, R. (1997): Hochwasser, Natur im Überfluß ? Verlag C.F. Müller, Heidelberg

BALABANIS, P.; BRONSTER, A.; CASALE, R.; SAMUELS, P. - Eds. (1999): The Impact of Climate Change on Flooding and Sustainable River Management. European Commission, DG XII, Environment and Climate Programme; Office for Official Publications of the European Communities, Luxemburg, 404 pp

BRONSTERT, A.; GHAZI, A.; HLADNY, J.; KUNDZEWICZ, Z.; MENZEL, L. - Eds. (1999): Proc. European Expert Meeting on the Oder Flood 1997. European Commission, DG XII; Office for Official Publications of the European Communities, Luxemburg, 163 pp

BRONSTERT, A. - Ed. (1996): Hochwasser in Deutschland unter Aspekten globaler Veränderungen. Bericht über das DFG-Rundgespräch am 9. Oktober 1995 in Potsdam. PIK-Report 17: 59 pp

BRONSTERT, A. (1996): River Flooding in Germany: Influenced by Climatic Change ? Physics and Chemistry of the Earth 20(5-6): 445 - 450

Internet : <http://www.PIK-Potsdam.de/mantle/lahor/lahor3zwb.pdf>

Anschrift des erstgenannten Autors

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

Vergleichende Untersuchungen zur Wasserqualität des anfallenden Regenwassers an den 14 Regenwassereinläufen der Stadt Potsdam

S. Friedrich

Zusammenfassung

Durch Schadstoffe im Regenwasser werden die Oberflächengewässer belastet. Deshalb soll das Regenwasser der Stadt Potsdam an 14 verschiedenen Einläufen (Sammelstellen) auf folgende Parameter untersucht werden:

- ausgewählte anorganische Ionen
- ausgewählte organische Verbindungen
- Summenparameter

Es sollen Aussagen über die Qualität des Regenwassers an den verschiedenen Einläufen getroffen werden, um auch eventuelle Fremdeinleitungen von Abwasser oder andere Belastungen aufzufinden.

Summary

Rainwater pollutants contaminate surface waters. Therefore rainwater samples shall be collected at fourteen different gathering points and analyzed to the following parameters:

- selected inorganic and heavy metal ions
- selected organic compounds
- summation parameters

First we want to characterize and compare the rainwater quality of the different gathering points in location and time. Indications to illegal sewage loads or other kinds of rainwater contamination shall be found furthermore.

Projektbeschreibung

Das anfallende Regenwasser gelangt über die Einläufe in die Oberflächengewässer, d.h. in die Seen und Flüsse der Stadt Potsdam. Mit diesem Wasser gelangen auch die unterschiedlichsten Schadstoffe in die Gewässer.

Die Aufgabe dieser Untersuchungen besteht darin, grundlegende Aussagen über die Zusammensetzung des anfallenden Regenwassers zu machen und besondere Belastungen aufzuzeigen. Deshalb

werden an 12 Regenwassereinlaufstellen (12 Einläufe, 2 Vergleichsproben, sogenannte Nullproben) der Stadt an 4 Regentagen der Jahre 1999 / 2000 (je einmal im Frühling, Sommer, Herbst, Winter) Proben entnommen und auf folgende Parameter untersucht:

- Farbe, Geruch, Trübung, Leitfähigkeit, Wassertemperatur, pH - Wert
- Phosphat (gesamt), Chlorid, abfiltrierbare Stoffe, CSB
- Calcium, Magnesium, Blei
- AOX, MKW, DOC
- Stickstoff (gesamt), N-NH₄, N-NO₂, N-NO₃ und organischer N nach Kjeldahl

Die ermittelten Werte der Untersuchungsparameter der 12 Regenwassereinläufe der Stadt werden dann nach unterschiedlichen Kriterien miteinander verglichen.

Auftretende Unterschiede zwischen den Konzentrationen der einzelnen chemischen Parameter werden an den verschiedenen Probenahmestellen und den verschiedenen Tagen gesondert erfaßt und mit aktuellen Grenzwerten und Vergleichswerten aus der Literatur verglichen.

Damit sollen einerseits eventuelle Fremdeinleitungen oder andere Belastungen des Regenwassers aufgezeigt werden und andererseits grundlegende Erkenntnisse über die Qualität des anfallenden Regenwassers im Raum Potsdam gesammelt werden.

Das Institut für Berufspädagogik / Berufliche Fachrichtungen Elektro- und Metalltechnik ist das durchführende und koordinierende Institut und schließt mit den Instituten für Anorganische Chemie, Physikalische Chemie und der Landesanstalt für Landwirtschaft Kooperationsverträge ab.

Anschrift der Autorin

Dr. Sabine Friedrich
Universität Potsdam
Institut für Berufspädagogik
Pf 60 15 53
14415 Potsdam
E-mail: frieds@rz.uni-potsdam.de

Bodenzerstörung im Palouse, Washington, USA

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

"Palouse farmers have not killed the golden goose but are plucking it to death" (Steiner 1990: 94)

Zusammenfassung

Die zeitliche Veränderung von Hangerosion und bearbeitungsbedingter Bodenverlagerung konnten quantifiziert und auf die Landnutzungsentwicklung im 20. Jahrhundert zurückgeführt werden. Die Forschungsarbeiten wurden in einem kleinen, lößbedeckten Einzugsgebiet im zentralen Palouse in Ost-Washington durchgeführt, dessen hügeliges Relief durch die charakteristischen "rolling hills" geprägt ist.

Detaillierte Untersuchungen der Bodenhorizonte und Kolluvien an einem Hang beweisen, daß Hangerosion und bearbeitungsbedingte Bodenverlagerung etwa seit dem Jahr 1935 in hohem Maße auftraten. In diesem Jahr wurde der Ackerbau auf die steilen Hangabschnitte und die Hügelkuppen ausgedehnt. Eine zweijährige Fruchtfolge mit einjähriger Schwarzbrache ohne jegliche Vegetationsbedeckung bildete den Ansatzpunkt für extrem hohe Wassererosionsraten. Von 1935 bis 1980 wurde durchschnittlich 198 t Bodenmaterial pro Hektar und Jahr erodiert. Die 1980 eingeführte pfluglose Bodenbearbeitung brachte in den folgenden Jahren nur eine Reduzierung der Erosionsraten um 14 %. Seitdem betragen diese durchschnittlich 171 t pro Hektar und Jahr.

Durch häufiges Pflügen besonders während der Brachejahre wurde zusätzlich Bodenmaterial hangabwärts bewegt. Auf den Kuppen wurde der Boden dadurch seit 1935 bis zu einer Tiefe von 130 cm abgetragen. Der auf bearbeitungsbedingte Bodenverlagerung auf den untersuchten Kuppen zurückzuführende Bodenverlust beträgt seitdem im Durchschnitt 84 t pro Hektar und Jahr.

Summary

The temporal changes of hillslope erosion and tillage translocation were quantified and related to land use dynamics in the 20th century. The research was undertaken in a small catchment with rolling hills which is covered by loess soils and situated in the centre of the Palouse, Eastern Washington.

Detailed investigations of soil horizons and colluvial sediments on a slope prove that hillslope erosion and tillage translocation was high since about 1935 AD. In 1935 agricultural land use was extended to the steep parts of the slopes and to the top of the hills. A two-year crop rotation with one year fallow, i.e. without any vegetation cover, enabled extremely high water erosion. From 1935 till 1980 more than 198 tons of soil were eroded in average per hectare and year. By the help of non-tillage management the soil erosion rate was reduced by 14% only in the year 1980 and later. Since then the average soil erosion rate amounts to 171 tons per hectare and year.

Frequent tillage operations namely during the years with fallow moved soil downslope. The soil on the top of the hills was removed by tillage operations to a depth of more than 130 cm since the year 1935. Since then the removal of soil due to tillage translocation on the top of a slope under investigation amounts to 84 tons per hectare and year in average.

Die Entwicklungsgeschichte

Eine im Osten des US-Bundesstaates Washington und im Westen von Idaho gelegene hügelige, fruchtbare Lößlandschaft, das Palouse, empfängt im vieljährigen Mittel lediglich von 300 mm im Westen bis 500 mm Jahresniederschlag im Osten. Im trockenen Westen und Zentralbereich des Palouse dominierte bis zum Ende des 19. Jh. Grasland, das im Osten in eine offene Waldlandschaft überging. Brände, die in den vergangenen Jahrhunderten regelmäßig von Indianern gelegt wurden, ermöglichten den Erhalt des Graslandes. Unter diesen Klima- und Nutzungsbedingungen bildeten sich an den Hängen vorwiegend Schwarzerden, die bis zum Ende des 19. Jh. im zentralen und östlichen Palouse entkalkt, verbraunt und lessiviert wurden.

Ackerbauern verdrängten in den ersten Jahren des 20. Jh. weitgehend ebenfalls europäisch stämmige Viehzüchter, die in den vorausgegangenen beiden Jahrzehnten in das Palouse eingewandert waren (Tab. 1). Trotz der geringen Niederschlagssummen konnte - zunächst hauptsächlich an den flacheren und konkaven Unterhängen - sehr erfolgreich vor allem Getreide im Trockenfeldbau erzeugt werden. Das Palouse entwickelte sich bis zur Mitte des 20. Jh. zu einem der bedeutendsten Weizenanbaugelände Nordamerikas. Trotz der schließlich erheblichen Zahl der vor eine Maschine gespannten Zugpferde verhinderten sehr steile Mittelhänge vielerorts die Beackerung der Ober- und Mittelhänge. So blieben zahlreiche steile Hangpartien und über diesen liegende Kuppen bis in die 30er Jahre des 20. Jh. von intensiver ackerbaulicher Nutzung ausgenommen. Erst der Einsatz von Raupenfahrzeugen mit tief liegendem Schwerpunkt ließ eine nahezu flächendeckende Ackernutzung ab etwa 1935 zu. Selbst Hangabschnitte mit Neigungen weit über 30% wurden unter den Pflug genommen.

Mit dem Wechsel von Zugtieren zu Zugfahrzeugen tauschten die Farmer den weit überwiegende Teil ihrer Ackergeräte aus. Nicht mehr benötigtes Gerät wurde nicht selten an den Tiefenlinien „entsorgt“ - dieses submoderne Archiv bietet uns heute eine willkommene weitere Möglichkeit der Datierung von Sedimenten, die sich seitdem auf den eisernen Relikten ablagerten.

Abschnittweise steile Hangpartien behinderten nunmehr nicht länger die Einrichtung großer, einheitlich bestellter Schläge. Standorte mit geringem Wasserhaltevermögen wurden nur jedes zweite Jahr bebaut. Wiederholtes Pflügen hielt im Brachejahr die Flächen vegetationsfrei. Auf den zur Verschlammung neigenden Bodenoberflächen reduzierte sich das Wasseraufnahmevermögen insbesondere des obersten Bodenmillimeters jedoch erheblich. Während stärkerer, meist gewittriger lokaler Niederschläge entstehender Abfluß auf der Bodenoberfläche konnte so ungehindert die steilen Hänge hinabfließen und dort viele, etliche Zentimeter bis wenige Dezimeter tiefe Rillen einschneiden. Früher wie heute fahren die Farmer wenige Tage nach einem Abfluß- und Abtragsereignis auf ihre ausgedehnten Felder um die entstandenen Rillen mit dem Pflug oder Grubber zu schleifen. Das Einreißen tiefer Rinnen wurde und wird so meist verhindert. Mit den Jahren wurden vor allem die steilen Mittelhänge durch die beschriebenen linienhaft wirksamen Prozesse der Bodenerosion tiefer gelegt und die Senken mit teilweise geschichteten Kolluvien aufgefüllt.

Das häufige Pflügen hat zu einem starken Bodenverlust besonders an den Kuppen geführt. Das Palouse Country gehört aufgrund der beschriebenen Vorgänge zu den zehn erosionsreichsten Landschaften der USA (Tab.2 und Steiner 1990).

Welches Ausmaß besaßen die Feststoffverlagerungen und unterlagen die Prozesse nutzungs- oder klimabedingten Schwankungen im 20. Jh.? Sind die Effekte von Bodenerosion und bearbeitungsbedingter Bodenverlagerung differenzierbar?

Die Feststoffbilanzen

Eine unserer zentralen Aufgaben bestand demnach in der quantitativen Rekonstruktion des Ausmaßes und der Ursachen der Bodenverlagerung in den vergangenen Jahrzehnten.

Bodenerosion erfolgte durch Abfluß auf der Bodenoberfläche während der Starkniederschläge. In den ersten Jahren des Ackerbaus trat nur mäßig starke Bodenerosion auf. Mit dem Einsatz schwerer Technik und dem Ablösen von Pferden durch Traktoren als Zugkräfte z. B. um 1935 auf der nordwestlich von Colfax gelegenen Farm von Dwight Fowler trat eine Beschleunigung der Bodenerosion als auch der bodenbearbeitungsbedingten Bodenverlagerung auf.

Für einen 180 m langen Hang mit einem sehr steilen unteren Oberhang auf dem Gelände der Farm von Dwight Fowler wurden Wassererosionsraten ermittelt, die für den Zeitraum 1935 bis 1980 im Mittel mehr als 198 Tonnen pro Hektar Erosionsbereich und Jahr und für die Zeit vom Mai 1980 bis zum August 1998 im Mittel 171 Tonnen pro Hektar Erosionsbereich und Jahr betragen (zur Berechnung s. Exkurs 1). Der Rückgang der mittleren Abtragsraten um mehr als 50 Tonnen pro Hektar und Jahr oder um 14% nach 1980 ist sehr wahrscheinlich nur auf das veränderte Management und weniger auf einen Wandel des Klimas zurückzuführen. Einerseits wurde die Zahl der Bodenbearbeitungen in den Brachejahren drastisch reduziert, andererseits die Minimalbodenbearbeitung eingeführt. Da jedoch unverändert der steile Oberhang jedes zweite Jahr schwarzbrach gehalten wird, ist der Wert von 171 Tonnen pro Hektar Erosionsbereich und Jahr seit 1980 immer noch sehr hoch - unverändert hoch.

Ist der untersuchte Hang typisch für die kuppige Lößlandschaft des Palouse oder stellt er eher ein Extrem dar? Hinsichtlich der Form und der Gefällsverhältnisse ist er grundsätzlich vergleichbar mit dem überwiegenden Teil der Hänge im zentralen und östlichen Palouse. Lediglich im Westen sind geringere Neigungen häufiger.

Für den jüngsten Zeitraum - die Jahre von der Ablagerung der Tephra des Mt. St. Helens im Mai 1980 bis zu unseren Aufnahmen im August und September 1998 - konnten Abtragungs- und Ablagerungswerte für das gesamte Einzugsgebiet, in dem sich unser Untersuchungsang befindet, rekonstruiert werden. Dieses Wassereinzugsgebiet, das wir in Ermangelung eines offiziellen Namens als „Dwight's Creek Catchment“ bezeichnen, hat eine Fläche von 275 Hektar. Insgesamt 35% oder 96 Hektar sind nach unseren Bodenuntersuchungen dem Akkumulationsbereich zuzurechnen. Wassererosion konnte sich hauptsächlich auf den übrigen 65% oder 179 Hektar vollziehen. Entlang der zusammen etwa 7500 m langen Tiefenlinien wurden mehr als 50 Aufschlüsse angelegt und dort die Mächtigkeiten der seit dem Mai 1980 abgelagerten Kolluvien bestimmt. Die mittlere Mächtigkeit der Kolluvien in den durchschnittlich 130 m breiten Akkumulationsbereichen lag bei etwa 20 cm, ihr Gesamtvolumen bei 192 000 m³ oder 326 000 Tonnen. Bezieht man dieses Bodenvolumen bzw. diese Bodenmasse auf den 179 Hektar umfassenden Erosionsbereich, ergeben sich Abtragswerte von 1073 m³ bzw. 1823 Tonnen pro Hektar. Im Mittel des 18-jährigen Zeitraums von 1980 bis 1998 wurden damit 101 Tonnen Boden pro Hektar Erosionsfläche und Jahr abgetragen und auf den Unterhängen und an den Tiefenlinien wieder abgelagert. Aufgrund des spezifischen Reliefs mit breiten, flachen, konkaven Trockentälern geringer Neigung hat nur ein sehr geringer Teil (wahrscheinlich weniger als 10%) des gesamten Bodenabtrages durch Wassererosion die größeren Vorfluter erreicht und damit das Palouse verlassen. Erste grobe Untersuchungen der Sedimente in den Auen der Flüsse belegen diese Aussage.

Bezogen auf den gesamten Untersuchungsang 1, also unter Einbeziehung des Akkumulationsbereiches, ergibt sich eine flächenbezogene Bodenerosionsrate von 86 Tonnen pro Hektar und Jahr seit 1980 (Halbierung des Abtragswertes für den Erosionsbereich von 171 t ha⁻¹ a⁻¹ durch Verdoppelung der Fläche). Eine flächenbezogene Bodenerosionsrate von 66 Tonnen pro Hektar und Jahr seit 1980 resultiert für das gesamte Einzugsgebiet von Dwight Fowler's Creek (Reduzierung des Abtragswertes für den Erosionsbereich von 101 t ha⁻¹ a⁻¹ um 35% durch Vergrößerung der Fläche um 35%). Damit bestätigen die Einzugsgebietsdaten, die in stärkerem Maße flache Hangabschnitte und einen kleineren Akkumulationsbereich beinhalten, in der Größenordnung die Werte, die für den steilen Untersuchungsang 1 ermittelt wurden.

Die einschlägige agrarwissenschaftliche Literatur schätzt die mittlere Bodenerosion im gesamten bzw. im zentralen Palouse mit Werten um $20 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ bzw. $45 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ jedoch deutlich niedriger (Tab. 2). Die erhebliche Diskrepanz zwischen diesen, vorwiegend über klassische Parzellenversuche bestimmten und den von uns über paläoökologische Methoden ermittelten Werten sollte durch weitere Untersuchungen in der Hang- und in der Einzugsgebietsskala geprüft werden.

Bodenverlagerung durch Bodenbearbeitung

Die präroduktionszeitlichen, vollständigen Bodenprofile (Schwarzerde-Parabraunerden mit Kalkanreicherung im Cc-Horizont) hatten auf den untersuchten Ober- und Mittelhängen Mächtigkeiten um 165 cm. Bis zum Ende des 19. Jh. lag in der Catena Dwight Fowler 1 unter einem 30 cm mächtigen Humushorizont ein meist etwa 35 cm Tonverarmungshorizont, ein durchschnittlich 60 cm mächtiger Tonanreicherungshorizont und ein 40 cm mächtiger C-Horizont mit Anreicherung von Kalziumkarbonat. Demnach fehlten im Untersuchungsjahr 1998 in der Catena Dwight Fowler 1 (vgl. Exkurs 2)

an der Wasserscheide	über 130 cm Boden,
bei 5 m Hanglänge	115 cm Boden,
bei 10 m Hanglänge	95 cm Boden sowie zwischen
20 m und 80 m Hanglänge	bis zu etwa 20 cm Boden.

Die mittlere bodenbearbeitungsbedingte Bodenverlagerung von 0 bis 80 m Hanglänge umfaßt durchschnittlich die oberen 33 cm des Bodens. Für einen Hangausschnitt, der eine Breite von einem Meter aufweist, sind dies 27 m^3 Boden oder (bei einem spezifischen Gewicht von $1,6 \text{ g cm}^{-3}$) 43 Tonnen, die durch Bodenbearbeitung allmählich hangabwärts bewegt wurden. Bezieht man diesen Betrag auf einen 80 m breiten und 125 m parallel zur Wasserscheide verlaufenden Hangausschnitt, ergibt sich eine mittlere kummulative bodenbearbeitungsbedingte Bodenverlagerung von 5400 Tonnen pro wasserscheidennahem Hektar. Unter der wahrscheinlichen Annahme einer etwa 64-jährigen, von 1935 bis 1998 währenden Dauer der Nutzung des Ober- und Mittelhangs, resultiert eine mittlere jährliche bodenbearbeitungsbedingte, hangabwärtige Bodenverlagerung von 84 Tonnen pro Hektar wasserscheidennahem Bereich und Jahr.

Da der Standort jedoch in den vergangenen 18 Jahren nur zusammen in 4 Jahren je einmal gepflügt wurde, reduziert sich die Zahl der Jahre mit Pflugtätigkeit auf maximal 50. Im 46-jährigen Zeitraum von 1935 bis 1980 wurde der Oberhang nur jedes zweite Jahr bebaut (d.h. 23 Jahre mit einmaligem Pflügen). Durch Pflügen wurde nach den Bodenprofilanalysen Ah-, Al- und Bv,t-Horizontmaterial, das um das Jahr 1935 noch an der Wasserscheide lag, in den seitdem vergangenen 64 Jahren maximal 80 m hangabwärts bewegt, kalkhaltiges C-Horizontmaterial - das erst seit weitaus kürzerer Zeit an der Oberfläche liegt - bis zu 20 m.

Legt man hangabwärtige Bodenverlagerungsdaten von im Mittel $0,30 \text{ cm}$ pro Pflugbearbeitung zugrunde, ergibt sich eine Summe von 267 Pflugbearbeitungen seit dem Beginn des Ackerbaus an den Ober- und Mittelhängen um das Jahr 1935. Eine Addition der bekannten Pflugbearbeitungen in Jahren mit Pflanzenbau (23 mal von 1935 bis 1980) und dem viermaligen Pflügen seit 1981 ergibt 27 Bearbeitungsgänge. Die restlichen 240 Pflugbearbeitungen verteilen sich auf die 23 Brachejahre bis 1980. In den zwischengeschalteten Brachejahren wurde gemäß der obigen Annahmen durchschnittlich zehnmal jährlich gepflügt, um die Bodenoberfläche weitgehend vegetationsfrei zu halten.

Geht man davon aus, dass eine Pflugbearbeitung Boden durchschnittlich um $0,5 \text{ m}$ hangabwärts bewegt, resultieren 160 Bodenbearbeitungen. Abzüglich der 27 Bearbeitungen in Jahren mit Pflanzenbau von 1935 bis 1980 und dem viermaligen Pflügen seit 1981, verbleiben 133 Pflugbearbeitungen und damit durchschnittlich sechsmaliges Pflügen in jedem der 23 Jahre mit Schwarzbrache.

Landschaftsbilanzen erfordern Angaben für die gesamte Fläche. Die für den schmalen, wasserscheidennahen Bereich ermittelten, hohen Werte für die bodenbearbeitungsbedingte Bodenverlagerung sind demnach auch auf den gesamten Hang zu beziehen. Der Bereich, in dem in der vieljährigen Bilanz

nicht nur Durchtransport, sondern Bodenverlust durch Bodenbearbeitung stattfand und die Bodenprofile verkürzt sind, nimmt - wie erwähnt - lediglich die oberen 80 m des 180 m langen Hanges ein. Die bearbeitungsbedingten Bodenverlagerungen für den wasserscheidennahen Bereich - 5400 Tonnen pro wasserscheidennahem Hektar Oberfläche seit 1935 oder von 84 Tonnen pro wasserscheidennahem Hektar und Jahr - sind demnach mit dem Faktor 0,44 zu multiplizieren, der den Flächenanteil mit bearbeitungsbedingtem Bodenverlust bezogen auf den Gesamthang angibt. Somit wurden bezogen auf den gesamten Hang seit 1935 zusammen 37 Tonnen pro Hektar und Jahr alleine durch Bodenbearbeitung hangabwärts verlagert.

Ohne diese Daten sind Vergleiche von verschiedenen Hängen, Betrieben und Landschaften nicht möglich. Flächenbezogene Mittel können jedoch auch irreführend wirken, da sie die gravierenden standörtlichen Unterschiede nivellieren. Insbesondere ist den Flächenmitteln nicht zu entnehmen, dass die Variabilität der Bodendecke und damit der Bodenfruchtbarkeit, des Düngerbedarfes und der Anbaumöglichkeiten durch die bodenbearbeitungsbedingte Bodenverlagerung eine erhebliche Verstärkung erfahren hat.

Tabelle 1: Daten zur Landnutzungsgeschichte des Palouse (Washington und Idaho, USA) nach Steiner (1990)

1834	werden die ersten Rinder in das Columbia Basin gebracht
1855	befinden sich etwa 200.000 Rinder im Columbia Basin
1860er	zum Ende der Dekade beginnt die Rinderhaltung im Palouse Country
um 1870	sind die Täler des Palouse Country weitgehend von Rinderzüchtern erschlossen. Ein Überangebot an Rindern führt zum Eintreffen zahlreicher Schafzüchter
1877	entdecken Farmer die Fruchtbarkeit der mächtigen Lößböden im Palouse
1880er	Zu Beginn der Dekade ist das beste Land im Palouse vergeben ("claimed")
1880er	Die Northern Pacific Railroad erreicht das Palouse Country
1872	leben in der gesamten "Palouse area" 200 Menschen
1890	leben im Whitman Country 19.109 Menschen und im Latah Country, Idaho, 9.173 Menschen
	Herkunftsgebiete der Einwanderer: Midwest und Great Plains States; Deutschland, Rußland, England, Kanada, Irland, Österreich, Schweiz, Skandinavien, China
	Deutsche und Rußlanddeutsche besiedeln das Grasland, die Skandinavier das bewaldete östliche Palouse Country
1889/90	entstehen in einer Entfernung von nur 12 Meilen zwei land-grant colleges: die University of Idaho in Moskow und das Washington State College (heute Washington State University) in Pullman
um 1919	beginnt der Anbau von Getreide zu dominieren

Hauptnutzungstypen im Palouse Country Ende der 1980er Jahre:

- 58 % Ackerland
- 28 % Weideland
- 8 % Wald
- 3 % aufgeforstetes Grünland
- 3 % sonstige Flächen

Mittlere Farmgrößen Ende der 1980er:

im Osten des Palouse	ca. 200 ha
im Zentrum und im beginnenden Westen des Palouse	ca. 465 ha

Weitere Daten zur Nutzung des Palouse Country Ende der 1980er Jahre:

- Hauptanbaufucht: soft white winter wheat
- weitere Anbaufüchte: soft white spring wheat, spring barley, dry peas, lentils

Weizenerträge:	im Jahr 1934 durchschnittlich	1.750 kg ha ⁻¹
	Ende der 1980er durchschnittlich	über 3.400 kg ha ⁻¹
	Ende der 1980er maximal	6720 kg ha ⁻¹

Tabelle 2: **Erosion im Palouse (Washington und Idaho, USA) nach Steiner (1990)**

Mittlere Bodenerosionsraten

1939 bis 1978 im Ackerland des Palouse:	20 t ha ⁻¹ a ⁻¹
im Zentrum des Palouse	45 t ha ⁻¹ a ⁻¹

Bodenabtragsschätzungen im Ackerland für das Jahr 1982

nach NRI:	26 t ha ⁻¹ a ⁻¹ in der Major Land Use Resource Area 9 (größerer Raum)
nach USDA:	45 t ha ⁻¹ a ⁻¹ im zentralen Palouse Country

Bodenaustrag über den Palouse River (Einzugsgebiet: 8100 km²):

3 Mio t a ⁻¹ auf 8.100 km ² oder
3,7 t ha ⁻¹ a ⁻¹ (Bezug: gesamtes Einzugsgebiet) oder
6,4 t ha ⁻¹ a ⁻¹ (Bezug: Ackerland)

Folgen von Bodenerosion und Sedimentation im Palouse:

- Das US Army Corps of Engineers mußte 89 % seiner Pläne, Erholungsräume am Snake River zu schaffen, aufgeben.
- Das Whitman Country zahlt jährlich \$ 0.5 Mio bis \$ 1.6 Mio zur Beseitigung von erosionsbedingten Straßenschäden.
- Die Erträge landwirtschaftlicher Produkte werden um 20% reduziert.
- Verlust des Oberbodens (topsoil) auf 10 % Fläche des Ackerlandes.

Exkurs 1 **Quantitative Rekonstruktion der Bodenerosion durch Wasser im Palouse, östliches Washington, USA**

Untersuchungshang 1 auf Dwight Fowler's Farm im östlichen Teil des zentralen Palouse:

Länge: 180 m, maximale Hangneigung: 20°, Erosionsbereich: 0 bis 80 m Hanglänge, Akkumulationsbereich: 80 bis 180 m Hanglänge; Oberhang wird nur jedes 2. Jahr bebaut, im Zwischenjahr Schwarzbrache; Unterhang mit permanentem Trockenfelddbau; meist Anbau von Getreide und Linsen

Methodik zur Bestimmung der Raten an Wassererosion:

Aufnahme der Hangform und Auswahl von Grabungsstandorten, Anlage von Bodengruben im 5-, 10- und 20-m Horizontalabstand entlang des Hanglängsprofils, Aufnahme der Boden-Sedimentfolgen, insbesondere Differenzierung der Kolluvien (M) und Aufnahme der Mächtigkeit der einzelnen Kolluvialkörper, Berechnung des Volumens der Kolluvien und Berechnung der Bodenerosionsraten wie folgt:

M ₁₉₃₅₋₁₉₉₈ :	Kolluvien, die von etwa 1935 bis zum August 1998 abgelagert wurden; Stichjahr 1935: im unteren Teil der Kolluvien fanden sich Ackergeräte (Mähbalken, Pflug etc.), die um 1935 an der Tiefenlinie entsorgt worden waren
M _{Mai1980-August1998} :	Kolluvien, die seit dem Ausbruch des Mt St. Helens im Mai 1980 abgelagert wurden (in den Kolluvien ist das Ereignis als weißliches Tephraaband sichtbar)
M _{1935-Mai1980} :	Kolluvien, die von etwa 1935 bis zum Ausbruch des Mt St. Helens im Mai 1980 abgelagert wurden

mittlere Kolluviummächtigkeiten

M ₁₉₃₅₋₁₉₉₈ :	> 71 cm (da M-Basis nicht überall erreicht wurde nur Mindestwerte)
M _{Mai1980-August1998} :	18 cm

$M_{1935\text{-}Mai1980}$:	> 52 cm
mittlere Volumina der Kolluvien im Hanglängsschnitt auf 1 m Hangbreite	
$M_{1935\text{-}1998}$:	> 63 m ³
$M_{Mai1980\text{-}August1998}$:	16 m ³
$M_{1935\text{-}Mai1980}$:	> 47 m ³
mittlere Masse der Kolluvien im Hanglängsschnitt auf 1 m Breite (spez. Gew. 1,7 g cm ⁻³)	
$M_{1935\text{-}1998}$:	> 108 t
$M_{Mai1980\text{-}August1998}$:	28 t
$M_{1935\text{-}Mai1980}$:	> 80 t

mittlere Akkumulation bezogen auf eine Einheitsfläche (ha); da die Akkumulationsfläche (90-180 m Hanglänge) hinsichtlich ihrer Ausdehnung identisch mit der Erosionsfläche ist (0-90 m Hanglänge), entsprechen die nachstehenden Akkumulationswerte auch den Erosionswerten

$M_{1935\text{-}1998}$:	> 11 984 t ha ⁻¹		
$M_{Mai1980\text{-}August1998}$:	3 077 t ha ⁻¹		
$M_{1935\text{-}Mai1980}$:	> 8 907 t ha ⁻¹		
Umrechnung in Erosionsraten			
$M_{1935\text{-}1998}$:	> 11 984 t ha ⁻¹ in 63 Jahren	oder	> 190 t ha ⁻¹ a ⁻¹
$M_{Mai1980\text{-}August1998}$:	3 077 t ha ⁻¹ in 18 Jahren	oder	171 t ha ⁻¹ a ⁻¹
$M_{1935\text{-}Mai1980}$:	> 8 907 t ha ⁻¹ in 45 Jahren	oder	> 198 t ha ⁻¹ a ⁻¹

Exkurs 2 **Quantitative Rekonstruktion der bearbeitungsbedingten Bodenverlagerung und der Transportstrecken im Palouse, Washington, USA**

Untersuchungshang 1 auf Dwight Fowler's Farm im östlichen Teil des zentralen Palouse

Methodik (erste Schritte s. Exkurs 1)

räumlich hochaufgelöste Aufnahme der Bodenprofile, Bestimmung des bodenbearbeitungsbedingten Kappungsbetrages durch kombinierte Analyse von Relief-, Substrat- und Bodeneigenschaften sowie Ermittlung der bodenbearbeitungsbedingten Transportstrecken durch Analyse von Substrat- und Bodeneigenschaften in der folgenden Weise:

Rekonstruktion der ursprünglichen Bodenmächtigkeit

30 cm Ah, 35 cm Al, 60 cm Bv,t, 40 cm Cc, Summe 165 cm, davon 125 cm entkalkt

Ausgewählte Resultate der Bodenprofilaufnahmen (Oberhang, beginnend an der Wasserscheide)

0 m Hanglänge: bearbeitungsbedingter Bodenverlust	> 130 cm
5 m Hanglänge: bearbeitungsbedingter Bodenverlust	115 cm
10 m Hanglänge: bearbeitungsbedingter Bodenverlust	95 cm
20 m Hanglänge: bearbeitungsbedingter Bodenverlust	0 cm
30 m Hanglänge: bearbeitungsbedingter Bodenverlust	7 cm
40 m Hanglänge: bearbeitungsbedingter Bodenverlust	7 cm
50 m Hanglänge: bearbeitungsbedingter Bodenverlust	18 cm
70 m Hanglänge: bearbeitungsbedingter Bodenverlust	23 cm

Hangbereich mit bearbeitungsbedingtem Bodenverlust:	0-80 m Hanglänge
mittlere Mächtigkeit des bearbeitungsbedingten Bodenverlustes:	33 cm
Querschnittsfläche mit bearbeitungsbedingtem Bodenverlust:	27 m ²
Volumen des bearbeitungsbedingten Bodenverlustes:	3375 m ³ ha ⁻¹
Masse des bearbeitungsbedingten Bodenverlustes:	5400 t ha ⁻¹
maximale bodenbearbeitungsbedingte Verlagerung von C-Material (d.h. nach pflugbedingter Verlagerung des gesamten Bodens an der Wasserscheide)	20 m nach 1935-1998
maximale bodenbearbeitungsbedingte Bodenverlagerung	80 m von 1935-1998
Annahme 1: Transportstrecke pro Pflugbearbeitung	0,3 m
Zahl der Pflugbearbeitungen	267
davon 1981-1998	4

1935-1980 (46 a)	263
davon Jahre mit Feldfrucht (1x Pflügen a ⁻¹)	23
Bearbeitungen in 23 Schwarzbrachejahren	240
d.h. pro Schwarzbrachejahr	10
Annahme 2: Transportstrecke pro Pflugbearbeitung	0,5 m
Zahl der Pflugbearbeitungen	160
davon 1981-1998	4
1935-1980 (46 a)	156
davon Jahre mit Feldfrucht (1x Pflügen a ⁻¹)	23
Bearbeitungen in 23 Schwarzbrachejahren	133
d.h. pro Schwarzbrachejahr	6

Anschriften der Autoren

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

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

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

Franka Woithe
 Wollestr. 31
 14482 Potsdam

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

Helga Bork
 c/o Prof. Dr. Hans-Rudolf Bork
 Universität Kiel
 Ökologiezentrum
 Schauenburger Str. 112
 24118 Kiel

Sibyll Schaphoff
 Potsdam-Institut für
 Klimafolgenforschung
 Telegrafenberg C4
 14473 Potsdam

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

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

Modellierung der flächenhaften Verdunstung im Gebiet der Unteren Havel

S. Itzerott, K. Kaden

Zusammenfassung

Das aktuelle nationale und internationale Klimaforschungsprogramm behandelt Tendenzen der globalen Klimaänderung und ihre regionalen und lokalen Auswirkungen. Ein Kernstück dabei ist die komplexe Erfassung des Wassertransfer. Laufende Forschungsvorhaben des Weltklimaforschungsprogramms (WCRP) wie GEWEX, BALTEX, IGBP oder das BAHC-Programm dienen dazu, Mechanismen des Energie- und Stoffaustausches innerhalb des Wassertransfer tiefgründiger zu erfassen und zu modellieren, um vorausblickend Wetter und/oder Klima besser zu beurteilen. In dem vom BMBF geförderten Projekt wurden Untersuchungen zum Wassertransfer zwischen Boden - Pflanze - Atmosphäre für ein Niederungsgebiet an der Unteren Havel durchgeführt. Die Forschungsaufgabe war Bestandteil des Verbundvorhabens "Wasserkreislauf" und ist ein Beitrag zum Weltklimaforschungsprogramm "Globales Energie- und Wasserkreislauf Experiment (GEWEX)." Es wurden für ein repräsentatives Niederungsgebiet (285km²) des mitteleuropäischen Binnentieflandes Verdunstungsabschätzungen vorgenommen.

Ausgehend von der Bedeutung der messenden Komponente für die Verifizierung von Verdunstungsmodellen, wurde ein umfangreiches in-situ Meßnetz errichtet und meteorologische, pedologische, hydrologische und biotische Parameter an 21 Meßstandorten für die Jahre 1994-96 erfaßt. Für die Verdunstungsabschätzungen kam der Modellverbund MOBOWASI unter Verwendung des PENMAN-MONTEITH Ansatz mit einem Pflanzenmodell nach STENITZER zum Einsatz. Für die Bodenwassermodellierung stand das Modell SAWAH mit dem einfachen Rijetma-Ansatz zur Verfügung. Zunächst wurde das auf Ackerkulturen ausgerichtete Pflanzenmodell den Grünlandstandorten angepaßt. Die Flächenübertragung erfolgte auf Grundlage von Basiskarten aus Kartierungen und Fernerkundungsdaten. Dazu wurden Karten zur Naturraumausstattung, Flächennutzung und Grundwasserdynamik geschaffen, durch deren Verschneidung eine Modellierung von 54 spezifischen Jahregängen (95/96) für die verschiedenen Verdunstungsgrößen erforderlich wurde. Diese konnten exemplarisch für einzelne Termine mit Hilfe der Basiskarten auf die gesamte Untersuchungsfläche übertragen werden. Die Fernerkundungsdaten wurden abschließend dazu verwendet, die generalisierten Bewirtschaftungszyklen in aktuelle Bewirtschaftungszustände zu überführen und so die tatsächliche Tagesverdunstung genauer zu bestimmen.

Summary

The World Climate Research Program mainly deals with problems of global changes of climate and its regional and local results. This is reflected in GEWEX, BALTEX, IGBP and BAHC where fluxes of material and energy have been investigated in order to know the process of transfer of water in greater details and make the weather forecast more exactly. In this connection we had investigated the transfer

of water between soil - plants - atmosphere in the lowlands of the Havel river. Estimation of evapotranspiration was done in an area of 285sq.km.

Starting with the importance of measurements to find verification of models of evapotranspiration a wide net of field measurements was created and meteorological, hydrological, biological and soil parameters were recorded for 21 measuring points in the lowlands during the years 1995-96.

The model composite MOBOWASI using the formula of PENMAN-MONTEITH and a plant model of STENITZER was applied. In order to estimate the soil water balance we used SAWAH in connection with the simple RIJETMA formula. During our investigation we concentrated on four major aspects. Firstly the available model had to be transformed from a model of field plants into a model of grasslands. Secondly we created basic maps (of types of landscape, landuse, hydrodynamics) by the use of mapping and data of remote sensing in order to manage the transfer to areas. Thirdly parameters of evapotranspiration for 54 types (after generalisation) of different landscape, landuse and hydrodynamic compositions were computed for the years 1995 and 1996. Finally we used data from Landsat-TM in order to dissolve the generalisation into the real situation of the moment the image of Landsat-TM had been taken. Thus, the real evapotranspiration of the moment could be fixed.

Arbeitsansatz

In einem breiten Modellierungsansatz wurden Verdunstungsabschätzungen für ein 285km² großes Testareal (Abb.1) vorgenommen. Basis des Ansatzes war ein Meßprogramm von Landschaftsparametern, die den Wassertransfer zwischen Boden, Pflanze und Atmosphäre abbilden. Ausgehend von gleichbleibender Bedeutung der messenden Komponente für die Verifizierung von Verdunstungsmodellen, wurde ein umfangreiches in-situ Meßnetz errichtet und meteorologische, pedologische, hydrologische und biotische Parameter an über zwanzig Niederungsstandorten in der Zeit von drei Jahren erfaßt.

Die so standortbezogen gewonnenen Daten gingen zunächst in das Modell ein und dienten gleichzeitig der Modellanpassung an Grünlandstandorte.

Dem Raum-Zeit-Ansatz folgend galt es in einem zweiten Schritt die standortbezogenen Untersuchungen auf Bezugsflächen zu übertragen. Grundlagen dafür waren auf der einen Seite Kartierungen, andererseits sollte die Relevanz von Fernerkundungsdaten für die flächenhafte Verdunstungsmodellierung untersucht werden. Um den Raumbezug herzustellen wurden Basiskartierungen zur Naturraumausstattung und Flächennutzung durchgeführt. Typische Bewirtschaftungszyklen konnten aus Fernerkundungsdaten abgeleitet werden. Zur Widerspiegelung der Grundwasserdynamik wurde aus den Grund- und Oberflächenwassermessungen eine Bezugskarte erstellt. Zur Abschätzung der Eignung von Fernerkundungsdaten für die Darstellung raumzeitlicher Verdunstungsunterschiede wurden Szenen der Systeme Landsat-TM und NOAA-AVHRR verwendet. Alle Daten sind in einem GIS gespeichert und entweder vektor (ARC/INFO)- oder rasterbasiert (ERDAS) verarbeitet.

Für die Verdunstungsabschätzungen kam der Modellverbund MOBOWASI zur Anwendung. Benutzt wurde der PENMAN-MONTEITH Ansatz und ein Pflanzenmodell nach STENITZER. Für die Bodenwassermodellierung stand das Modell SAWAH mit dem einfachen Rijetma-Ansatz zur Verfügung. Durch den Vergleich von modellierter und gemessener Bodensaugspannung bzw. den Vergleich modellierter und gemessener Pflanzenparameter (Bedeckungsgrad, Wuchshöhe, Biomasse) wurde das auf Ackerkulturen ausgerichtete Pflanzenmodell den Grünlandstandorten angepaßt.

Die Verschneidung der Basiskarten ergab nach notwendiger Generalisierung für 1114 Flächen 54 Verdunstungstypen (38 Grünland-, 10 Ackertypen, Laubwald, Mischwald, Nadelwald, Spülflächen, Siedlungen und Wasser). Für diese Typen wurden spezifische Jahresgänge (95/96) für die verschiedenen Verdunstungsgrößen modelliert und Evapotranspiration und Transpiration der Beispielstage (08.07.1995 und den 08.06.1996) auf das gesamte Untersuchungsgebiet übertragen.

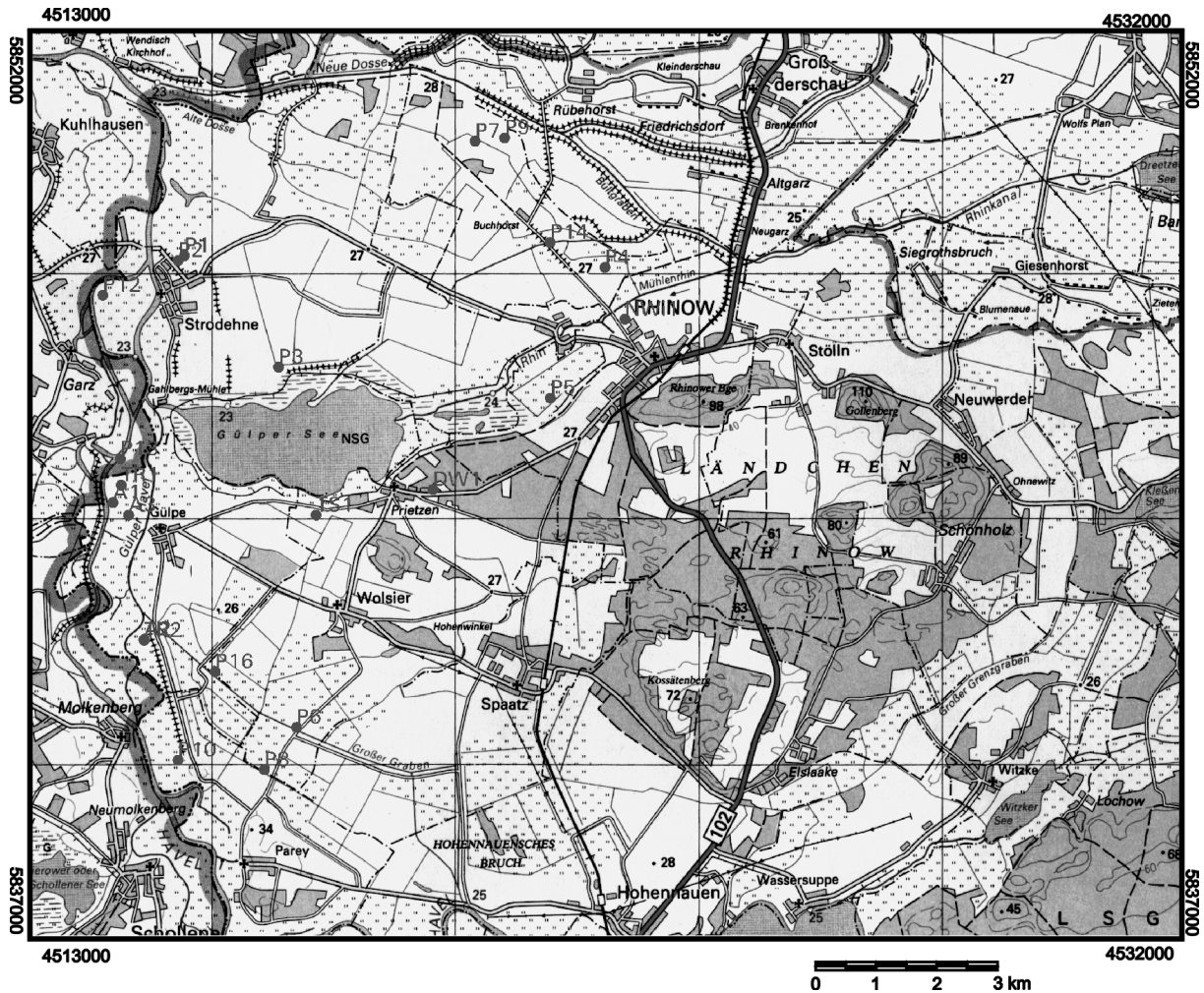


Abb. 1: Das Untersuchungsgebiet „Untere Havel“ mit Meßstandorten

Die Untersuchungen zur Widerspiegelungsqualität der Fernerkundungsdaten wurden für die Grünlandgebiete mit Landsat-TM Daten durchgeführt und zielen auf eine Möglichkeit, die generalisierten Bewirtschaftungszyklen in taggenaue Bewirtschaftungszustände zu überführen und damit die aktuelle Verdunstung in exakterem Zeitbezug zu bestimmen. Bewertungsbasis bildet dabei eine Klassifizierung im Maximum-Likelihoodansatz. Entscheidend ist der Klassifikator, der einerseits die modellierte Information (Basis der Klassenbildung) und andererseits die spektrale Information (mögliches korrelatives Verhalten) vereint. Etwa 5 bis 10% der Pixel besitzen diesen Zusammenhang nicht und werden zurückgewiesen. Die räumliche Anordnung dieser Pixel läßt den Schluß auf einen falsch angenommenen Bewirtschaftungszustand zu. Die daraus resultierenden ungenauen Verdunstungswerte lassen sich jetzt über eine Klassifizierung ohne Berücksichtigung der modellierten Verdunstungsinformation korrigieren.

Eine Übertragung des Vorgehens auf zeitlich besser (täglich) aber räumlich gröber (Pixelgröße ca. 1km²) auflösende NOAA-Daten brachte wegen des kleinräumigen Nutzungswechsels keine verwertbaren Ergebnisse.

Standortbezogene Messungen und Modellierungen

Beispielhaft für einen Meßstandort sollen nun die Ergebnisse vorgestellt werden.

Der Standort P5 ist in die auenschlufffreie vermoorte Niederung einzuordnen. Er liegt in der Niederung des Rhin, im Küdden, einem Verlandungsbereich des Gülper Sees. Innerhalb des Naturschutzgebietes gelegen, wird er im späten Sommer nur einmal im Jahr gemäht. Er unterscheidet sich von ande-

ren Standorten durch die größere Mächtigkeit des Torfkörpers (90cm), so daß der Boden als Niedermoor angesprochen werden muß. Verantwortlich sind ganzjährig hohe Grundwasserstände. Der Wasseraufstieg ist in der Regel durchgängig gewährleistet. Ein deutliches Absinken in den Talsandbereich ist nur bei extremen Tiefständen möglich. Die Gesamtdichte des Torfhorizontes liegt um $0,5\text{g/cm}^3$, in den darunter liegenden Sanden bei $1,5\text{g/cm}^3$. Die Bodensaugspannungen besitzen bis in den Frühsommer hinein niedrige Werte. Niederschläge bewirken nur geringfügige Schwankungen. Die eigentliche Austrocknung des Torfkörpers beginnt erst in der zweiten Hälfte des Juli. Ab diesem Zeitraum steigen die Bodensaugspannungen kontinuierlich und erreichen im Frühherbst die höchsten Werte. Für die Oberbodenbereiche treten in dieser Zeit niederschlagsabhängige Schwankungen auf. Bei ausreichenden Niederschlägen nimmt der Torf die Feuchtigkeit auf und speichert sie anhaltend. Bereits ab Oktober stellt sich ein oberflächennaher Grundwasserstand ein. Generell zeigt sich, daß nur während niederschlagsarmer Perioden im Zeitraum August/September die Bodenfeuchte deutlich zurückgeht. Der Pegel bei P5 befindet sich im Einzugsbereich des Rhin, der hier kurz vor seiner Einmündung in den Gülper See ist. Die damit verbundene Nivellierung der Wasserstandsschwankungen macht sich vor allem dahingehend bemerkbar, daß die Unterschiede der Pegelwerte zwischen Winter- und Sommerhalbjahr relativ gering (ca. 20cm) sind. Die Grundwasserstände sind primär abhängig vom Niederschlag. Die in Richtung Nordwest vom Ländchen Rhinow abfließenden Grundwasserströme verstärken den Wirkungsgradient von Niederschlagsereignissen. Auch der Rhinwasserstand weist Beziehungen zu den Niederschlägen auf. Dabei ist auffällig, daß nach Starkniederschlägen mit anschließendem Wasseranstieg im Rhin Regulierungsmaßnahmen einsetzen, die in der Rhinwasserführung oftmals zusätzliche Schwankungen hervorrufen und sich auch auf die angrenzenden Grundwasserbereiche übertragen.

Nach erfolgter Modellanpassung für den Standort ergibt der Vergleich der modellierten mit der gemessenen Saugspannung eine gute Übereinstimmung. Dies betrifft sowohl den Verlauf als auch die Wertebereiche (Abb.2).

Die beiden Untersuchungsjahre 1995 (631mm) und 1996 (377mm) unterscheiden sich grundlegend in ihrem Niederschlagsdargebot. Entsprechend dem feuchten Winter 1995 bewegen sich die modellierten Saugspannungswerte zunächst auf niedrigem Niveau. Im Vergleich zu den Messungen setzen die modellierten Werte etwas später ein. Sie bewegen sich dann in der Aufbauphase der Saugspannung zum Sommer 1995 (trockener Sommer) nahezu identisch. Gleiches gilt für den Abfall im Herbst. Allerdings gestaltet sich die modellierte Kurve geglätteter als die Meßkurve. In Trockenperioden im Herbst liegen die modellierten Werte geringfügig niedriger als die Meßwerte. Ähnliches gilt für das zweite Jahr. Obwohl in diesem ein beständiger Wechsel zwischen feuchten und trockenen Phasen auftritt, haben die beiden Kurvenverläufe in den Phasen des Auf- bzw. Abbaus einen gleichartigen Verlauf. Ersichtlich ist, daß in der Aufbauphase der Saugspannung (Mai bis August) die absoluten Werte für die modellierte Kurve etwas höher liegen. Im Herbst scheint sich das Verhältnis wieder umzukehren. Die modellierte Kurve besitzt einen engen Bezug zum Grundwassergang.

Ein Vergleich der modellierten und gemessenen Pflanzenkennwerte bestätigt die Modellanpassung. Für den Standort P5 erfolgt einmal jährlich eine Bewirtschaftungsmaßnahme. Damit bestehen hier vom Frühsommer bis zum Herbst vergleichsweise stabile Bedingungen. Die Fläche ist langfristig vollständig vegetationsbedeckt. Die Wuchshöhe ist längere Zeit (zwischen Gräserblüte und Mahdtermin) gleich. Lediglich die Biomasseproduktion stagniert nach der Blüte und ist mit einsetzendem Absterben nach der Reife rückläufig. Dies trifft insbesondere für das Jahr 1995 zu, wo sich dies durch die Trockenperiode im August verstärkt. Nach dem Mahdtermin im Herbst steht die vegetative Entwicklung nahezu still. Im zweiten Untersuchungsjahr verzögert sich witterungsbedingt der Wachstumsbeginn. Es werden sowohl bei der Wuchshöhe, dem Erreichen des vollständigen Bedeckungsgrades und bei der Biomasseproduktion schlechtere Werte erzielt. Außerdem ist durch die anhaltenden Feuchtigkeit im Sommer der Rückgang der Biomasseproduktion moderater. Für die Bewertung der Modellierungsergebnisse anhand der Meßwerte zeigen sich gute Übereinstimmungen. Wuchshöhe und Biomasse werden durch die Modellierung etwas höher bewertet. Die terrestrische Biomassenbestimmung in der kalten Jahreszeit ist mit dem Problem der ungenügenden Trennung von grünen und vertrockneten Anteilen behaftet. Darum liegen die Werte zu hoch.

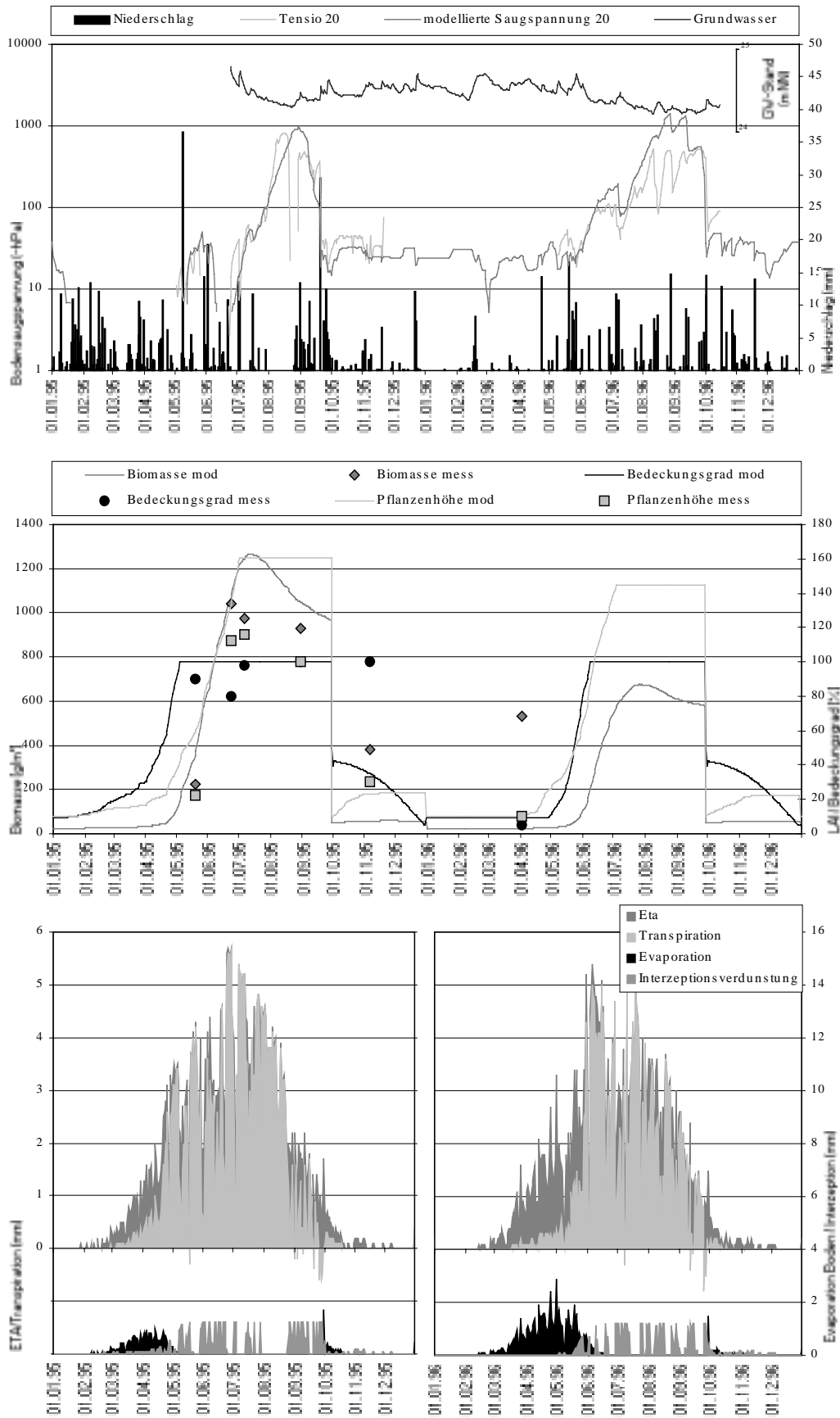


Abb. 2: Ergebnisse der Modellierung für den Standort P5

Generell konnte festgestellt werden, daß die Vergleiche zwischen den modellierten und gemessenen Pflanzenparametern an den verschiedenen Meßstandorten keineswegs Widersprüche erzeugten. Somit liegt ein der Grünlandnutzung angepaßtes Pflanzenmodell vor, welches auf alle Verdunstungstypen angewendet werden kann.

Das Verdunstungsverhalten am Standort P5 z.B. bildet den einfachen Bewirtschaftungszyklus ab. Nennenswerte Beträge werden erst ab Februar modelliert. Bis Anfang Mai steht hier das Wasser oberflächennah. In dieser Phase sind die Evaporationsanteile im Verdunstungswert ersichtlich. Mit Rückgang des Grundwasserspiegels setzt in der zweiten Aprilhälfte die Begrünung ein, was sich in einem Anstieg der Transpirationswerte niederschlägt. Von nun ab wird die Evapotranspiration durch die Transpiration und bei Niederschlag durch die Interzeption bestimmt. Auffällig ist, daß selbst die längere Trockenphase im August 1995 sich nicht in einem Rückgang der Werte bemerkbar macht. Hier geht das Modell richtigerweise von einem Grundwassereinfluß aus. Im September geht die Verdunstungsleistung wegen des geringeren Strahlungsgenusses spürbar zurück, obwohl die Niederschläge im September reichlich fielen. Es wird im Modell das Absterben der Grünlandpflanzen am Ende der Vegetationsperiode sichtbar, das bereits vor der Mahd einsetzt. Die Mahd Ende September trägt Pflegecharakter, drängt die Interzeption zurück und läßt eine kurzzeitige Evaporation zu. Sie verbessert auch das Austreiben und Wachsen der Wiesen im Folgejahr. Der kalte trockene Abschnitt zu Beginn des Jahres 1996 verzögert die Vegetationsentwicklung deutlich. Damit gehen bis Ende Mai im Vergleich zum Vorjahr höhere Evaporationsanteile in die Verdunstung ein. Ab Juni steigen die Transpirationsanteile. Sie werden durch Niederschläge unterbrochen, die Interzeption bewirken. Die kurzen Trockenphasen haben transpirationsbedingt höhere Verdunstungswerte als die in diesem Jahr sich häufenden feuchten Abschnitte des Sommers. Insgesamt sind sich beide Jahre wegen des deutlichen Grundwassereinflusses in ihrem Verdunstungsgängen ähnlich.

Die Modellierung des Verdunstungsverhaltens an diesem und den anderen Meßstandorten zeigte, daß Niederschlagsdefizite in unterschiedlichem Umfang durch Grundwasserdarangebote ausgeglichen werden. Hierin spiegelt sich die Vielfalt des Untersuchungsgebietes in Bezug auf Substrat, Bewirtschaftung und Grundwasserdynamik wider.

Flächenübertragung und Aktualisierung der Modellierungsergebnisse

Um die punkthaft gewonnenen Meß- und Modellierungswerte auf Flächen beziehen zu können, wurden die oben erwähnten Basiskarten geschaffen. Sie bilden die Grundlage für die Übertragung. Dabei werden der Naturraumtypenkarte primär die pedologischen Eigenschaften, der Flächennutzungskarte die biotischen (aktuelle Vegetation) und der Karte der Hydrodynamik die hydrologischen zugeordnet. Der naheliegendste Weg, die benötigten Eigenschaften zu verknüpfen, läge in einer Verschneidung dieser drei Basiskarten. In Voraberechnung ergibt sich aus einem einfachen Rechenexempel bei 46 Naturraumtypen, 48 Flächennutzungsarten und 55 verschiedenen Grundwassergängen eine potentielle Anzahl von 121 440 Kombinationen. Diese kann nicht bearbeitet werden und wäre für die Größe des Gebietes irrelevant. Demzufolge ist beim Übergang von den punktbezogenen zu den flächenbezogenen Aussagen ein Reduzierungs- oder Generalisierungsproblem zu lösen. Deshalb wurden Klassen für Naturraumtypen, Flächennutzung und Grundwasserdynamik gebildet.

Die Naturraumtypenkartierung wurde von der Dimensionsebene der Nanochoren auf die Ebene der Mikrochoren gehoben und ein Leitbodentyp in Form eines typischen Vertreters der Meßstandorte zugeordnet.

Für die Flächennutzung wurden die Klassen: Wasser, Siedlung, Spülfläche, Acker (für alle Ackerstandorte wurde Winterroggen angenommen, die Kultur mit dem höchsten Flächenanteil im Untersuchungsgebiet), Nadel-, Laub- und Mischwald entsprechend dem Schlüssel nach STABIS verwendet. Weiter differenziert wurden die Grünländer. Verschiedene Bewirtschaftungsformen wurden aus einer multitemporalen Fernerkundungsanalyse abgeleitet.

Schließlich wurden die 54 Polderklassen der Karte der Grundwasserdynamik durch eine hierarchische

Klassifizierung reduziert. Als Klassifizierungsgrundlage dienten die auf die Stichtage fixierten normierten Kurven der Grundwasserdynamik. Auf der siebenten Hierarchieebene wurden fünf Klassen gebildet. Diese wurden zur Primärkennzeichnung verwendet. Innerhalb dieser Klassen wurde über die mittleren sommerlichen Grundwasserflurabstände weiter differenziert.

Auf der Grundlage der so reduzierten Klassen für die Basismerkmale konnte eine Verschneidung der Karten erfolgen. Zunächst wurde eine Bereinigung der Anzahl dadurch vorgenommen, daß kleine Randflächen, die oft nur durch unsaubere Digitalisierung und/oder Kartierung entstehen, aussortiert wurden. Es blieben noch 1114 Flächen für die Gebietskennzeichnung übrig. Diese wären, als Individuum behandelt, Gegenstand der Modellierung. Im typbezogenen Ansatz kann ihre Anzahl weiter verringert werden. Das ist sinnvoll, da sich der Arbeitsaufwand reduziert. Zunächst wurde, entsprechend dem Ansatz, für alle Flächen mit den Nutzungen Laub-, Nadel- und Mischwald, Spülflächen und Siedlungen sowie Wasserflächen ein jeweils einheitlicher Gang für die Verdunstung ermittelt. Für die Berechnung der Verdunstung der Wasserflächen kam das Aerodynamische oder Dalton-Verfahren zur Anwendung für die Bestimmung der Verdunstungswerte der anderen Flächennutzungen wurde das Bagrov-Verfahren genutzt. Die verbleibenden Flächen mit den beiden Flächennutzungen Grünland und Acker wurden durch zwei getrennt angewandte Klassifizierungen mittels einer Clusterzentrenanalyse gruppiert. Die Eingangsparameter aus den Basiskartierungen wurden hinsichtlich der Verdunstungserwartungswerte gewichtet. In der Endkonsequenz blieben 38 Wiesenklassen, die sich hinsichtlich ihrer Naturraumausstattung, der Bewirtschaftungsform und der vorliegenden Grundwasserdynamik unterscheiden, als Basiseinheiten der Flächenübertragung übrig. Analog wurde mit den Ackerflächen verfahren. Allerdings wurde durch die einheitliche Kulturart mit einer vereinheitlichten Bewirtschaftungsfolge eine Beschränkung auf 10 Klassen vorgenommen. Damit wird die Testfläche aus 54 Typen aufgebaut. Diese füllen die 1114 Flächen.

Die letzte Entscheidung mußte dahingehend getroffen werden, für die Modellierung die notwendigen Ausprägungen der Parameter für die Klassen festzulegen. Hier wurden im Falle der Flächennutzung und Naturraumausstattung jeweils der Vertreter, der den größten Flächenanteil einnimmt, zur Modellierung verwendet. Für die Hydrodynamik wurde ein gewichteter Mittelwert entsprechend der Flächenanteile verwendet.

Nun lassen sich Verdunstungswerte für die 54 Klassen in ihren Zweijahresläufen bestimmen und auf das Untersuchungsgebiet übertragen. Dies wurde exemplarisch für zwei Termine durchgeführt. Im Bild vom 08.07.1995 sind die räumlichen Unterschiede für die modellierten Verdunstungsgrößen dargestellt (Abb.3-oben). So differenzieren sich mit hohen Werten die verdunstungsaktiven Flächen (unter Naturschutz stehende Feuchtgebiete, Laubwälder) von den gemähten Grünländern der Havelaue und Äckern. Nadelwälder und Wasserflächen haben ebenfalls höhere Verdunstungswerte. Weitere Differenzierungen werden sichtbar.

Dennoch bleibt ein Problem unbeachtet. Dies ergibt sich aus der durchgeführten Generalisierung der Jahreszyklen für die Bewirtschaftung (Mahd, Ernte usw.). Es wurden, um die Modellierungsvarianten zu begrenzen, typbezogene Gemeinschaftstermine verwendet. Nicht alle Grünländer werden am gleichen Tag gemäht, wie die Darstellung der modellierten Flächenverdunstung suggeriert.

Fernerkundungsdaten besitzen dagegen eine zeitpunktbezogene Aktualität. So wurden im nächsten Schritt die Beziehungen zwischen den durch Modellierungsgrößen gefüllten Flächencovern und den Fernerkundungsdaten untersucht. Die zur Verfügung stehenden Aufnahmetermine erlaubten zeitpunktbezogene Einzelterminbetrachtungen. Ein Vergleich der modellierten Flächenverdunstung mit dem entsprechenden Landsat-TM-Datensatz verdeutlicht das Zeitpunktproblem markant.

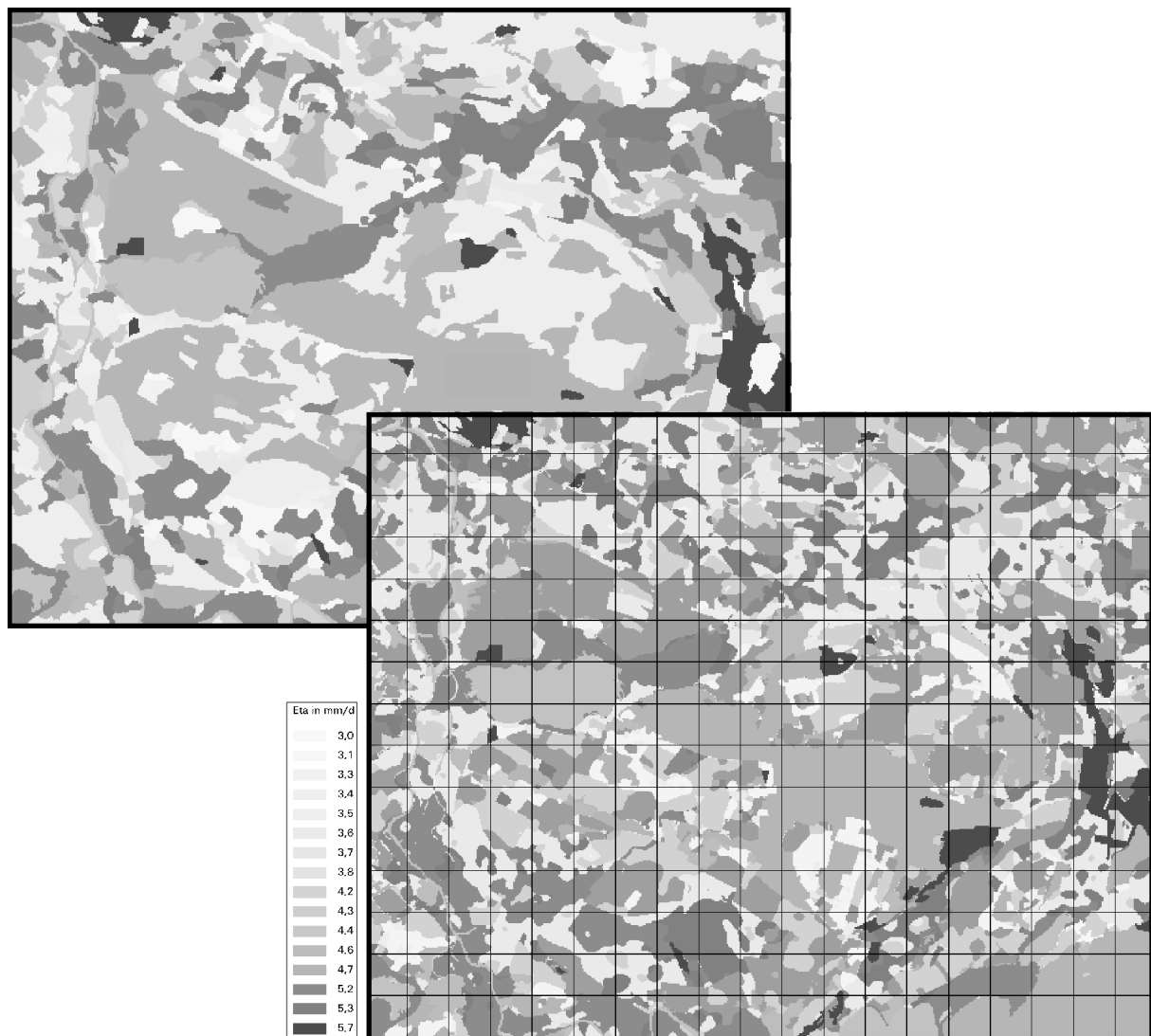


Abb.3: Räumliche Differenzierung der Evapotranspiration (mm/d) im Untersuchungsgebiet

Die Frage der Widerspiegelung der modellierten Information in den Landsat-TM Daten wurde über eine Klassifizierung der Grünländer bewertet. Die Güteabschätzung folgt der Logik, daß bei einer Klassifizierung auf der Basis sowohl der modellierten Information (verwendet wurde die auf ein vergleichbares Intervall gespreizte Evapotranspiration und der Quotient aus Transpiration und Evapotranspiration) als auch der spektralen Information der Landsat-TM Kanäle eine Sortierung nach korrelativen Zusammenhängen zwischen diesen Größen erfolgt. Solche Pixel, bei denen keine Zusammenhänge bestehen, werden durch die Klassifizierung zurückgewiesen. Primäre Bedeutung bei der Erstellung des Klassifikators besitzen dabei die modellierten Parameter. Sie zeigen die Information über die Verdunstung und zeichnen gewollt das mögliche Spektrum auf. Entsprechend der Modellierungsergebnisse unterscheiden sich die Zustände durch die Höhe der Evapotranspirationswerte und unterschiedliche Transpirationsanteile. Hinsichtlich der spektralen Merkmale besitzen die Kanäle 4 und 5 gute Differenzierungsmöglichkeiten. Rückweisungen halten sich in Grenzen und ordnen sich lokal. Daraus kann generell auf einen Zusammenhang zwischen Verdunstungsparametern und Spektralmerkmalen geschlußfolgert werden. Die Rückweisungsklasse markiert genau diejenigen Flächen, für die das oben beschriebene Zeitpunktproblem existiert. So wurden z.B. am 08.07.1995 einige Wiesen als gerade gemäht (Mahdtermin 03.07) modelliert, die in Wirklichkeit in der Spanne vom Monatsanfang bis mindestens zur Monatsmitte gemäht werden. Hierdurch ergeben sich zwingend Unterschiede. Die Flächen, die davon betroffen sind, besitzen in den beiden Ausprägungen eine extreme Diskrepanz (Modellierung: gemäht \leftrightarrow Spektralsignatur: dichte grüne Vegetation) und verfälschen das

wahre tägliche Verdunstungsbild. Dies kann durch den zuvor aufgezeigten Weg korrigiert werden und damit Fernerkundungsdaten für die Aktualisierung der Flächenverdunstung herangezogen werden. Es wird eine Karte der modellierten Evapotranspiration einer der aktualisierten Evapotranspiration gegenübergestellt (Abb.3-unten). Veränderte Verdunstungswerte machen sich durch die kleinflächigere Gliederung der Grünländer bemerkbar. Besonders auffällig ist dies im Nordosten des Untersuchungsgebietes.

Die Aufgabe, Verdunstung für Niederungsgebiete des mitteleuropäischen Binnentieflandes in verbesserter Flächen- und Zeitauflösung zu erfassen, konnte durch die Verwendung eines breiten Methodenspektrums erreicht werden. Ein Verdunstungsmodell, das naturräumliche, bewirtschaftungstypische und hydrodynamische Besonderheiten berücksichtigt, wurde Niederungsstandorten angepaßt, eine Methode der Flächenübertragung entwickelt und durch den Einsatz von Fernerkundungsdaten mit einer hohen zeitlichen Auflösung unterlegt. Damit steht für die Klimamodellierung eine differenzierte, die natürlichen Verhältnisse gut widerspiegelnde flächenhafte Abbildung der Verdunstung zur Verfügung.

Anschrift der Autoren

Dr. Sibylle Itzerott
Dr. Klaus Kaden
Universität Potsdam
Institut für Geoökologie
Postfach 60 15 53
14415 Potsdam

Das remobilisierbare Nährstoffpotential in Augewässersedimenten einer Tieflandflußaue

R. Knösche

Zusammenfassung

Mitteleuropäische Tieflandflußauen sind heute in der Regel durch einen hohen Eutrophierungsgrad gekennzeichnet. Dadurch entstehen Extremstandorte, in denen die Biodiversität bereits erheblich eingeschränkt ist. Die Bedeutung erhöhter Nährstoffeinträge aus diffusen und Punktquellen für die Eutrophierung der Flüsse ist bereits vielfach dokumentiert. Darüberhinaus ist in den Flußsystemen die Hydrodynamik durch die vielfältigen Flußregulierungen erheblich vermindert worden. Die eutrophierende Wirkung der verminderten Durchflußraten ist ebenfalls gut bekannt. Die Herabsetzung der Fließgeschwindigkeiten in stauregulierten Tieflandflüssen hat zu einer verstärkten Akkumulation organischer Sedimente in den Augewässern geführt. Diese Sedimente speichern beträchtliche Nährstoffmengen, die teilweise remobilisiert werden können und so eine interne Düngung des Flußsystems ermöglichen. Es ist bisher noch unbekannt, wie die veränderte Hydrodynamik die Eigenschaften der oberflächlichen Sedimente hinsichtlich der Nährstoffremobilisierbarkeit beeinflusst. Die ersten Untersuchungsergebnisse an Sedimenten der Augewässer der unteren Havel haben gezeigt, dass dauerhaft verminderte Strömung und Turbulenz den prozentualen Anteil leicht mit dem Wasserkörper austauschbarer Nährstoffe im Sediment stark erhöht. Das ist auch unabhängig davon, ob die Sedimente vorrangig autochthon oder allochthon gebildet wurden und welchen Gesamtnährstoffgehalt sie aufweisen. Es gibt sogar erste Hinweise, dass periodisches oder gelegentliches Trockenfallen einzelner Augewässer, was für eine natürliche Flußaue typisch ist, ebenfalls die Nährstoffremobilisierbarkeit einschränkt. Die Fortführung dieser Untersuchungen hat zum Ziel, die tieferen Ursachen erhöhter Nährstoffremobilisierbarkeit bei verminderter Wasserströmung und -turbulenz und die Wirkung des Trockenfallens der Sedimente auf deren Eigenschaften aufzudecken.

Summary

Nowadays Central-European lowland floodplains are often characterized by a high degree of eutrophication. This leads to extreme habitats in which the biodiversity is considerably reduced. The role of increased nutrient input from diffuse and point sources for the eutrophication of rivers has often been documented. Moreover the hydrodynamic regime in river systems is considerably modified by a large number of river regulations. The eutrophying effect of a reduced water discharge is also well known. The reduction of the current velocities in weir-regulated lowland rivers resulted in an increased accumulation of organic sediments in backwaters. These sediments store enormous quantities of nutrients which may partially be remobilized and thus enable an internal fertilizing of the floodplain waters. However, it is still unknown how the altered hydrodynamic regime influences the properties of the surface sediments with regard to the remobilization potential of nutrients. First results of investigations

concerning sediments of floodplain waters of the lower river Havel have shown that the permanent reduced water current and turbulence increases the percentage of easy exchangeable nutrients in the sediments. This process is independent of the total nutrient content and of the autochthonous or allochthonous origin of the sediments. There are even first hints that a periodic or occasional drought of individual floodplain waters being typical for natural floodplains reduces the potential of nutrient remobilization, too. The aim of the continuation of these investigations is the elucidation of the deeper causes of the increased potential of nutrient remobilization at reduced water current and turbulence and an understanding of the effect of sediment drought on its properties in regard to nutrient remobilization.

Anschrift des Autors

Dr. Rüdiger Knösche
Universität Potsdam
Institut für Biochemie und Biologie
Maulbeerallee 2
14469 Potsdam
E-mail: knoesche.pdm.eiche@t-online.de

**Umweltanalytik
Umweltmeßtechnik
Informationssysteme**

Zur Visualisierung von Umweltdaten in Umweltinformationssystemen: ein Modul digitaler Basiskarten für das brandenburgische Landesumweltinformationssystem LUIS-BB

H. Asche

Zusammenfassung

Der Beitrag zeigt am Beispiel des brandenburgischen Landesumweltinformationssystems Möglichkeiten und Potential der Visualisierung digitaler Umweltdaten in Umweltinformationssystemen. Durch Bereitstellung eines Moduls digitaler Basiskarten wird die adäquate kartographische Wiedergabe sowie die visuelle Analyse und Kommunikation punkt-, linien- und flächenhafter Umweltdaten signifikant verbessert. Dies gilt insbesondere für die gleichermaßen intuitive und effiziente Erschließung und Nutzung komplexer UIS. Beim gegenwärtigen Entwicklungsstand besitzen die netzbasierten digitalen Basiskarten einige kartographische Modellierungsdefizite, die im wesentlichen aus der Präsentation der ungeneralisierten Geobasisdaten rühren. Sie haben gegenüber der klassischen Papierkarte allerdings den entscheidenden Vorzug der Datenbankintegration, wodurch die Präsentationskarten aus UIS eine wesentlich größere Nutzungstiefe gewinnen.

Summary

During the last decade GIS-based environmental information systems have developed into powerful instruments of documentation, monitoring and analysis of digital environmental data. Unlike maps, a large number of system however lack effective cartographic visualisation of geocoded environmental information limiting successful visual communication, intuitive cognition and efficient exploration of the spatial patterns underlying these data. Combined with competent cartographic data visualisation and presentation options the development of a set of digital base maps for the graphic display and visual analysis of environmental data can help to overcome these shortcomings thus significantly enhancing the application potential of environmental information systems. The design and visualisation of a net-based topographic base map module generated for the environmental information system (LUIS-BB) of the German federal state of Brandenburg is dealt with in this paper facilitating effective visualisation and analysis of geocoded environmental data.

Projektbeschreibung

Visualisierung raumbezogener Umweltdaten

Als spezifische Ausprägung von Geoinformationssystemen (GIS) haben sich regionale Umweltinformationssysteme (UIS) wie das brandenburgische Landesumweltinformationssystem (LUIS-BB) im vergangenen Jahrzehnt in Deutschland als leistungsfähige digitale Instrumente der raumbezogenen Dokumentation, Information und Planung der Umwelt und ihrer Teilsysteme etabliert. UIS sind damit an die Seite analoger Karten getreten, die – sei es als topographische Basis, sei es als thematische Darstellung – in allen raumbezogenen Umweltdisziplinen einen traditionell hohen Stellenwert als Präsentations-, Arbeits- und Forschungsmittel besitzen. Der besondere Stellenwert von Karten für die Analyse raumbezogener Umweltdaten resultiert aus der häufig unbewusst genutzten Tatsache, dass sie als einziges Speichermedium räumliche Daten mittels graphischer Symbole nicht nur in ihren Lage- und thematischen Merkmalen, sondern auch in ihrer räumlichen Anordnung, ihren topologisch-chorographischen Beziehungen dokumentieren. Wegen dieser besonderen Eigenschaft werden Karten im Übrigen auch als analoge Geoinformationssysteme bezeichnet (Wood 1994).

Im Gegensatz zur klassischen Karte verfügen UIS häufig nicht über geeignete Visualisierungsmöglichkeiten raumbezogener Umweltdaten. Hierdurch wird ihre breite Anwendung in raumbezogenen Umweltfragen erschwert (Monmonier/ Johnson 1991). Denn die visuelle Auswertung und Kommunikation räumlicher Sachverhalte durch die Kartengraphik ermöglicht Auswertungen und Erkenntnisse über räumliche Zusammenhänge, die mit grafikfreien Analyseverfahren nicht erreicht werden können. Im Hinblick auf die wirksame verwaltungsinterne wie öffentliche Nutzung von Umweltinformationen kommt daher einem einfachen, effizienten Zugang zu den gespeicherten Umweltdaten besondere Bedeutung zu. Klassisch-analoge topographische und thematische Karten ermöglichen einen solchen Zugang, denn als graphisch abstrahierte Modelle der Umwelt nutzen Karten den „optischen Kanal“ zur komprimierten Vermittlung raumbezogener Informationen. Wie wegweisende Untersuchungen zur Informationsverarbeitung von Massendaten zeigen (McCormick et al. 1987), stellt diese als „Visualisierung“ bezeichnete graphische Informationspräsentation ein entscheidendes Mittel für das Verstehen komplexer Datenzusammenhänge dar. Folglich besitzt die auf dem Stand der Informationstechnik basierende kartographische Modellierung raumbezogener Umweltdaten eine Schlüsselstellung für die intuitive und wirksame Extraktion und Auswertung von Umweltinformationen.

Modellierung der Elementartopographie

Wie bei anderen UIS fehlte bislang auch im LUIS-BB die Möglichkeit der raumbezogenen Analyse und Präsentation unter Einbeziehung kartographischer Analyse- und Visualisierungstechniken. Das brandenburgische UIS wird seit Beginn der neunziger Jahre mit dem Ziel aufgebaut, die Daten aller in Brandenburg verteilten Umweltinformationen zu vernetzen und der Verwaltung wie der Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Bislang war die kartographische Präsentation von Umweltdaten auf kleinmaßstäbige Flächenkartogramme mit der Gemeinde als kleinste darstellbarer Raumeinheit begrenzt.

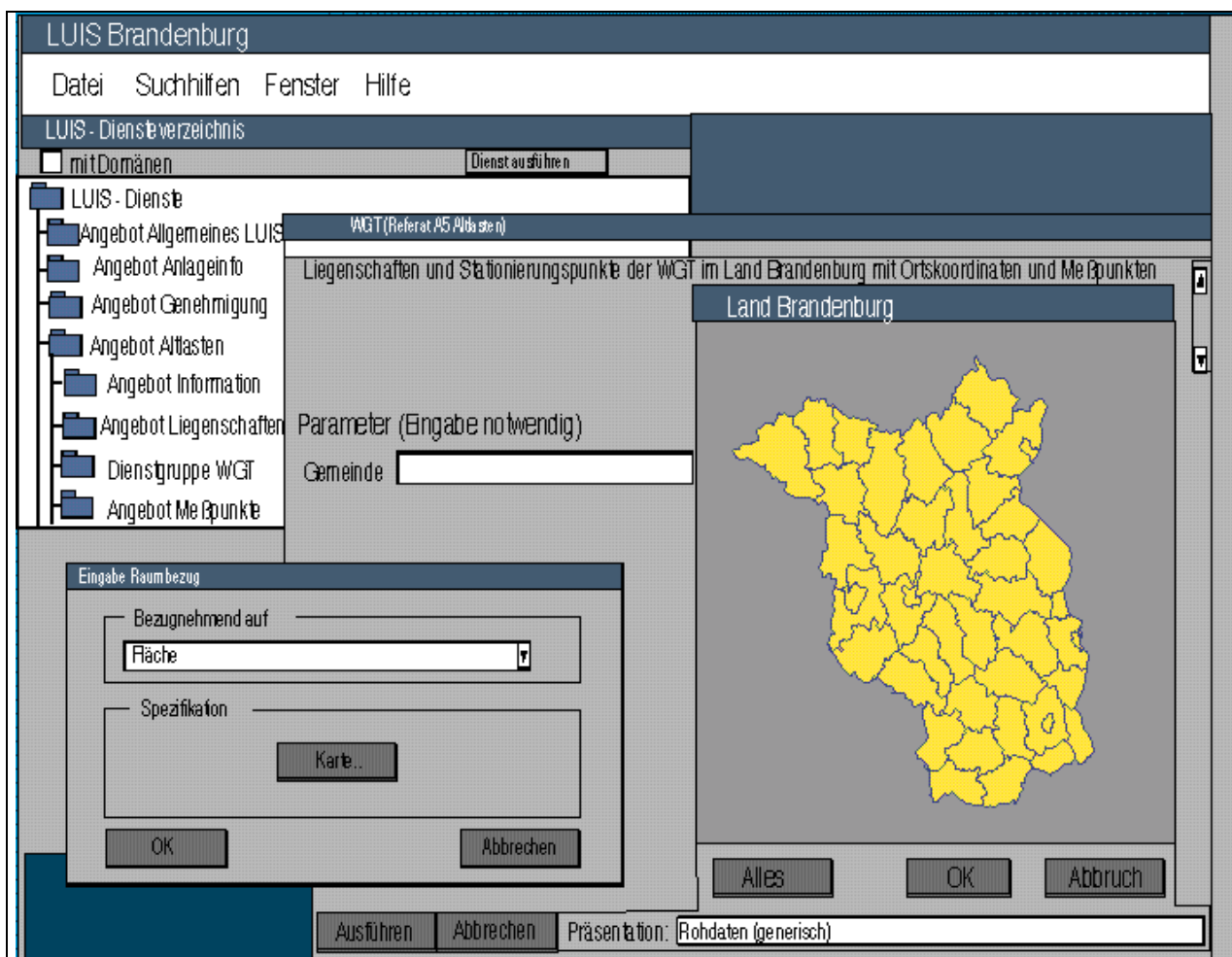


Abb. 1 Dienstangebot LUIS-BB

Positionsbezogene Umweltdaten, z.B. Altlasten oder Immissionsmessungen, wurden inadäquat als Flächeninformation wiedergegeben. Durch Verknüpfung der Konzepte raumbezogener Visualisierung und raumbezogener Informationsverarbeitung auf Grundlage der Geoinformationstechnologie kann das Analyse- und Nutzungspotential von Umweltinformationssystemen signifikant verbessert werden (Asche/Herrmann 1994). Hierzu wurde in einer Forschungs Kooperation mit dem Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt, Naturschutz und Raumordnung (MLUR) ein Angebot digitaler Basiskarten (DBK) als allgemeine Grundlage für raumbezogene Dienste entwickelt, das die adäquate und wirksame kartographische Präsentation thematischer Fachdaten in LUIS-BB ermöglicht (Hansen 1998, Hansen/Asche/Schöning 2000). Die komplette Modellierung der DBK erfolgte mit der GIS-Software ArcView 3.0 (ESRI), die als vorgeschriebenes Standardwerkzeug der Landesverwaltung auch für LUIS-BB verwendet wird.

Entsprechend den Bedürfnissen der potentiellen LUIS-BB-Nutzer waren bei der Erstellung des Basiskartenmoduls z.T. limitierende Rahmenbedingungen zu berücksichtigen. Sie betreffen u.a. die ausschließliche Nutzung digitaler ATKIS-Geobasisdaten (Das Amtliche topographisch-kartographische Informationssystem (ATKIS) der deutschen Landesvermessung wird seit 1989 in verschiedenen Realisierungsstufen bundesweit aufgebaut, um einen amtlichen, einheitlich strukturierten digitalen Bestand geotopographischer Basisinformationen (Geobasisdaten) für Verwaltung und Öffentlichkeit vorzuhalten, der langfristig an die Stelle der analogen topographischen Karte treten wird.) der Landesvermessung, um den Raumbezug fachthematischer Umweltdaten herzustellen, die Kartenanzeige in den Hauptmaßstäben 1: 300.000

(Übersicht) und 1: 25.000 (Detail), die den Maßstäben der am häufigsten genutzten analogen Karten entsprechen, oder die echtzeitnahe online-Nutzung der Basiskartendaten. Wichtigste Elemente der auf dieser Grundlage entwickelten Modulkonzeption sind die Selektion basiskartenspezifischer Objektarten aus den genutzten Geobasisdaten, die optisch zurücktretende Visualisierung der Elementartopographie sowie die blattschnittfreie und stufenlose Präsentation der Basiskartendaten als Bildschirmkarte oder Papierausgabe.

Um eine stufenlose Nutzung der Basiskartendaten vom Übersichts- bis Detailmaßstab sicherzustellen, ist es aufgrund des ungelösten Problems der automatischen Generalisierung raumbezogener Daten und deren maßstabsabhängiger Visualisierung gegenwärtig (noch) erforderlich, statt eines sogenannten maßstabslosen Datenbestandes eines Raumausschnitts verschiedene Datenbestände unterschiedlicher Bearbeitungsmaßstäbe redundant vorzuhalten. Deshalb wurden für die Erstellung der Basiskartenmodelle ein vektorisierter Rasterdatenbestand 1: 300.000 (VTK300, Übersichtstopographie) und die digitalen Landschaftsmodelle (DLM) der Geobasisdatenbank ATKIS in den Maßstäben 1: 200.000 (DLM 200, Verwaltungsgrenzen) und 1: 25.000 (DLM 25/2, Detailtopographie) verwendet.

Die Heterogenität der Ausgangsdaten erfordert die Bildung zweier Teilmodelle als alphanumerische Datengrundlage des Basiskartenmoduls. Sie entstehen nach dem Import der digitalen Ausgangsdaten durch Selektion von Objektbereichen aus den Ausgangsdaten und Neustrukturierung je eines grafikfreien Objektmodells für die Übersichts- und Detailtopographie. Entsprechend der Funktion der DBK, die Lokalisierung fachthematischer Umweltdaten für den gesamten Geschäftsbereich des MLUR zu ermöglichen, wird nicht der komplette Inhalt der DLM übernommen. Ausreichend ist vielmehr eine unterschiedlich vereinfachte Elementartopographie, deren Visualisierung als Hintergrundinformation gegenüber der thematischen Information optisch zurücktritt. Die Verknüpfung der Detail- und Übersichtstopographie wird dadurch realisiert, dass beide Objektmodelle in ein gemeinsames ArcView-Projekt importiert werden. Anschließend werden alle Kartendaten im Gauss-Krüger-System georeferenziert. Über diese einheitliche Raumbezugsbasis sind beide Visualisierungsmaßstäbe so verknüpft, dass die Detail-BDK in die Übersichts-DBK eingehängt ist. Der Wechsel zwischen beiden Teilmodellen erfolgt automatisch.

Um vielfältige Nutzungen des Basiskartenmoduls zu unterstützen, sind die Objektdaten nach dem Layerprinzip angeordnet. Die wichtigsten Ebenen umfassen: Verwaltungsstruktur mit Grenzen und Ortslagen; Infrastruktur mit Verkehrsnetz; Vegetation mit Wald; bewirtschaftete Landflächen, Sumpf; Siedlungsflächen mit Wohn- und Industrieflächen sowie Gewässernetz mit Seeflächen. Die Layerstruktur ermöglicht, die Basiskartendaten entsprechend den applikationsspezifischen Anforderungen durch Kombination der Ebenen individuell zu visualisieren. Auf diese Weise ist eine schnelle räumliche Übersicht und breite Anwendbarkeit der Digitalen Basiskarte für die Dienste des LUIS-BB gewährleistet.

Präsentation der digitalen Basiskarten

Die Visualisierung der Geobasisdaten erfolgt als Präsentationsgraphik aus dem DOM des Basiskartenmoduls. Als Bearbeitungsmaßstäbe der DBK wurden die Maßstäbe 1:300.000 für die Übersichts- und 1: 25.000 für die Detailtopographie gewählt. Sie entsprechen den Bearbeitungsmaßstäben der grafikfreien Teilobjektmodelle Übersicht und Basis. Entsprechend ihrer Funktion als Hintergrundkarte wird für die graphische Modellierung der DBK eine zurückhaltende Signaturierung und Farbgestaltung gewählt. Hierbei wird berücksichtigt, dass der Struktur des LUIS entsprechend die gesamten Kartendaten nach Aufruf des Dienstes über Datennetze transportiert werden und in naher Echtzeit angezeigt werden müssen. Wie die Kartendaten des DOM sind auch die Kartenmodelle der DBK blattschnittfrei modelliert.

Die einer kartenähnlichen Darstellung entsprechende graphische Präsentation der DBK wurde für die Übersichts-DBK landesweit (Abb. 2), für die Detail-DBK exemplarisch für eine Kachel (Werder) im Blattschnitt der analogen topographischen Karte realisiert (Abb. 3). Dabei entspricht die Kartengraphik beider Basiskartentypen dem gegenwärtigen Forschungs- und Entwicklungsstand der Visualisierung

geotopographischer Informationen. Innerhalb dieses Modellierungsrahmens basiert die graphische Gestaltung der digitalen Basiskarten auf einem zurückhaltenden, fast monochromen Farbeinsatz, um dem Nutzer auch optisch den Charakter der Hintergrundkarte zu vermitteln. Damit unterstreicht die Farbgestaltung der DBK den Aufforderungscharakter des Kartendienstes, auf der angebotenen Basistopographie thematische Fachdaten anzuzeigen und auszuwerten.

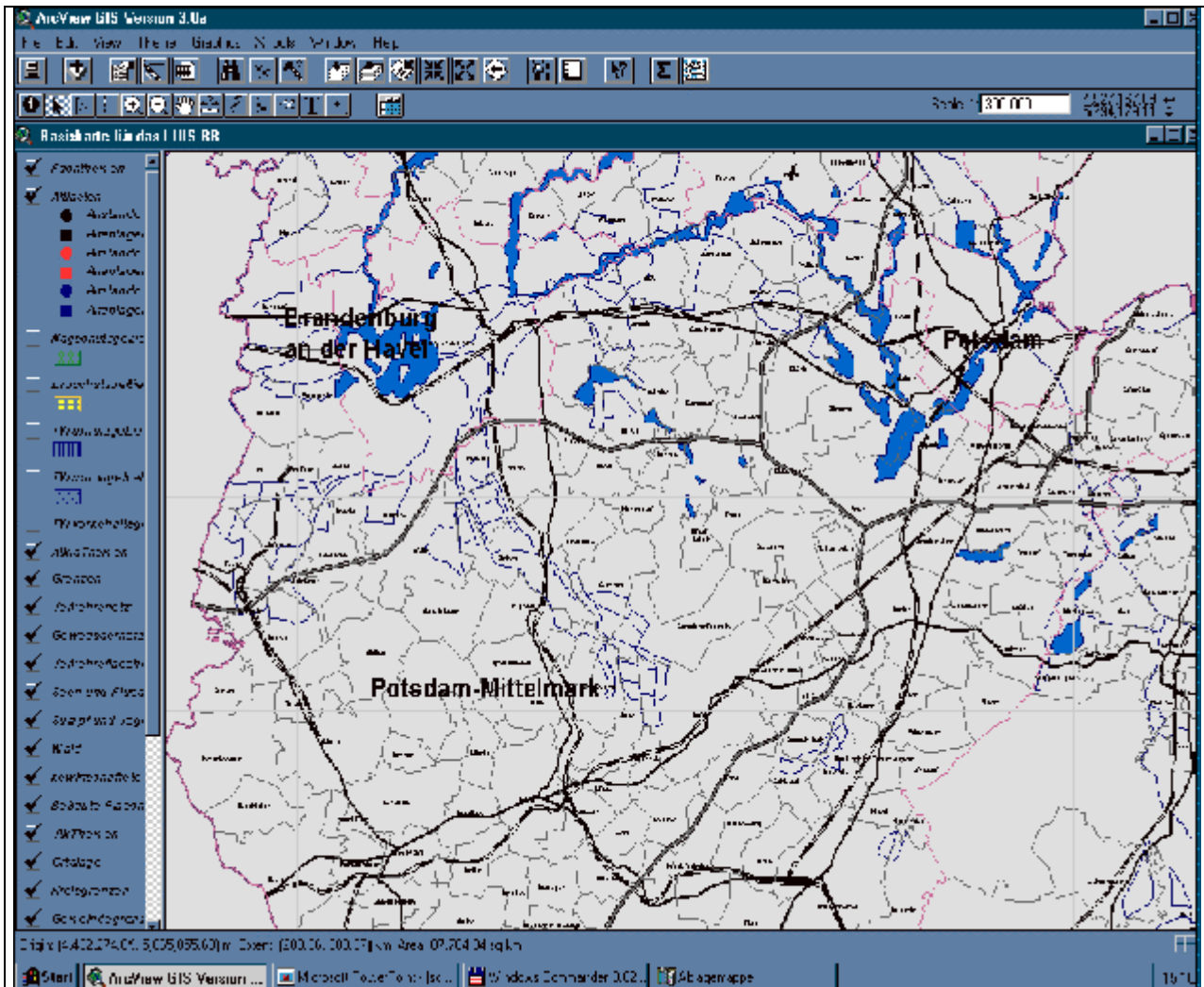


Abb. 2 DBK-Übersicht (Ausschnitt)

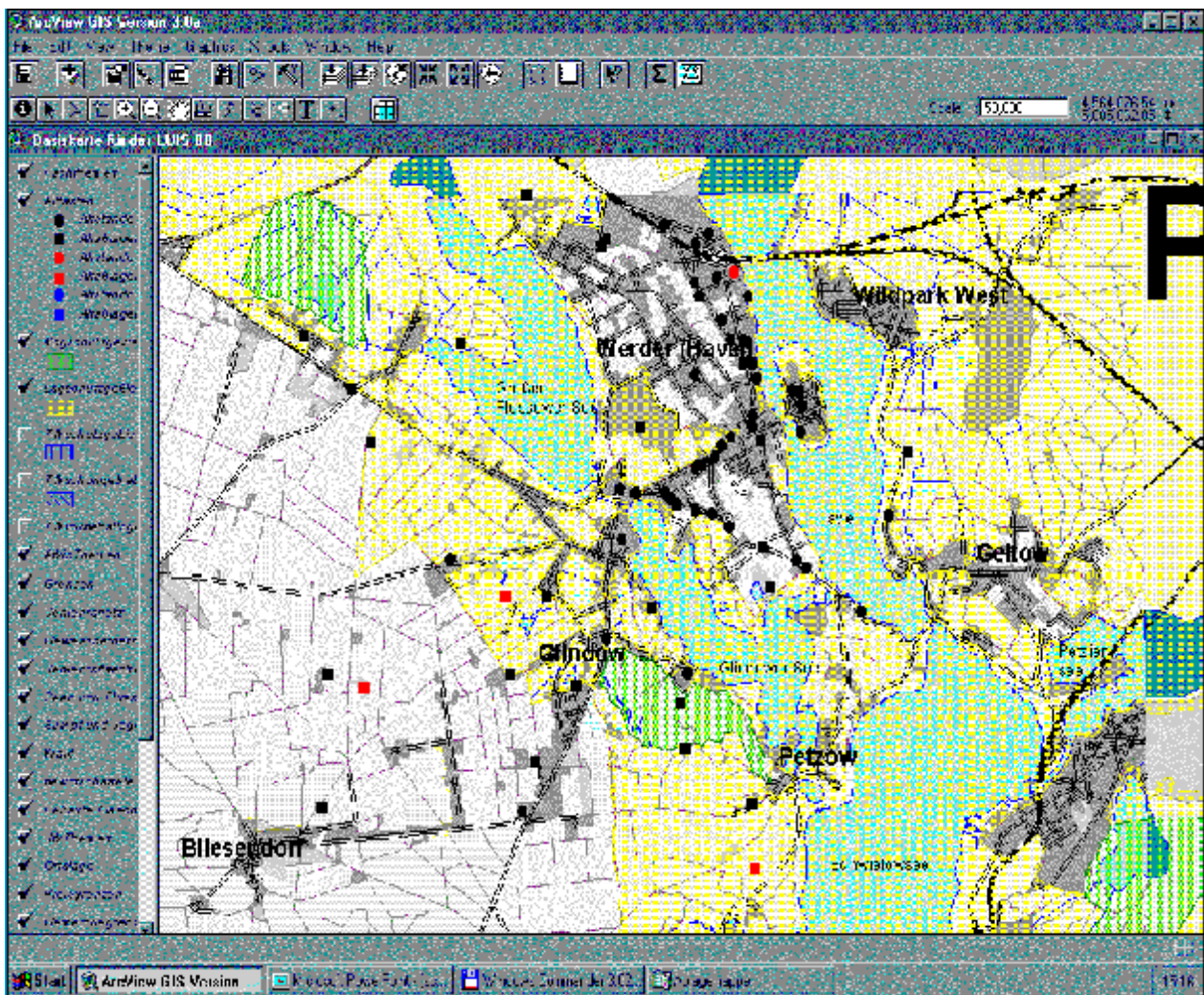


Abb. 3 DBK-Detail mit Fachthematik (Ausschnitt)

Um die volle Funktionalität der Digitalen Basiskarten in allen Anzeigemaßstäben sicherzustellen, wird die Inhaltsdichte mit größer werdendem Raumausschnitt durch automatisches Ausblenden einzelner Kartenelemente der Basiskarte dem jeweils gewählten Anzeigemaßstab angepaßt. Dabei orientiert sich die angebotene Folge der Zwischenmaßstäbe 1: 1 Mill., 1: 750.000, 1: 500.000, 1: 300.000, 1: 100.000, 1:75.000, 1: 5.000 überwiegend an den Maßstäben vergleichbarer analoger Kartenwerke. Unbeschadet der Zwischenmaßstäbe kann der Nutzer jeden Anzeigemaßstab zwischen 1: 5.000 und 1: 2 Mill. wählen. Entsprechend dem Maßstabfenster, in dem der gewählte Anzeigemaßstab liegt, wird dann der zugewiesene Basiskarteninhalt dargestellt. Die maßstabsgesteuerte Ein- und Ausblendung von Kartenelementen stellt eine pragmatische Näherungslösung der automatischen Generalisierung raumbezogener Daten und deren maßstabsabhängiger Visualisierung dar. Damit bleibt bei jeder Bildschirmanzeige der funktionale Charakter der Basiskarte gewahrt. Auf diese Weise wird auch der kartographisch ungeschulte Nutzer bei der effizienten Nutzung des Basiskartendienstes unterstützt. Über die Kartenlegende besteht zusätzlich die Möglichkeit, einzelne Inhaltselemente selbst ein- oder auszublenden.

Schlussbemerkungen

Das Modul digitaler Basiskarten für das LUIS-BB wurde als lauffähiger Prototyp für eine intranetbasierte, interaktive Nutzungsumgebung realisiert (Entsprechend der Zielstellung, netzbasierte Kartenmodelle für das LUIS-BB zu entwickeln, wurde das Basiskartenmodul in einer Intranetumgebung mit verteilten Umweltdatenservern implementiert. Weil das LUIS-BB gegenwärtig (noch) kein Hochgeschwindigkeitsnetz nutzen kann, wurde von einer zentralen Datenhaltung der DBK während des Probetriebs abgesehen. Stattdessen wurden die Daten an verschiedenen LAN-Knoten redundant vorgehalten. Mit dem Einsatz von Hochgeschwindigkeitsnetzen ist aber eine zentrale Vorhaltung des Kartendienstes realisierbar.

Bei informellen Nutzungstests durch potentielle Anwender haben sich die programmierten Funktionalitäten als nutzungsadäquat, leistungsfähig und stabil erwiesen. Im Zuge der Öffnung des LUIS-BB für die Internetnutzung ist vorgesehen, auch den Basiskartendienst der öffentlichen Nutzung zugänglich zu machen. Hierzu haben erfolgreiche Versuche, z.B. unter Nutzung des ESRI-Programmwerkzeugs ArcExplorer (ESRI), stattgefunden.

Literatur

ASCHE, H.; HERRMANN, C. (1994): Designing interactive maps for planning and education. In: MacEachren, A. M., Taylor, D. R. F., (Hrsg.): Visualization in modern cartography. Modern Cartography, 2: 215 - 242. Oxford.

HANSEN, D. (1998): Modellierung Digitaler Basiskarten für das Landesumweltinformationssystem Brandenburg. Unveröff. Dipl.-Arb. Univ. Potsdam, Potsdam.

HANSEN, D.; ASCHE, H.; SCHÖNING, C. (2000): Modellierung und Implementierung digitaler Basiskarten im Umweltinformationssystem des Landes Brandenburg. In: Kartogr. Nachr. (im Druck).

MONMONIER, M.S.; JOHNSON, B. B. (1991): Using qualitative data gathering techniques to improve the design of environmental maps. In: Rybaczuk, K., Blakemore, M. (Hrsg.), Mapping the Nations. Proc. 15th Intern. Cartogr. Conference, Bournemouth, 1: 364 - 373.

MCCORMICK, B. H.; DEFANTI T. A.; BROWN, M. D. (Hrsg., 1987): Visualization in scientific computing. Computer graphics 21, 6.

WOOD, M. (1994): The traditional map as a visualization technique. In: Hearnshaw, H. M., Unwin, D. J. (Hrsg.), Visualization in geographical information systems: 9 - 17. Chicester-New York.

Anschrift des Autors

Prof. Dr. Hartmut Asche
Universität Potsdam
Institut für Geographie, Abteilung Geoinformatik
Postfach 60 15 53
D-14415 Potsdam

Evaluation of Multi-spectral Lidar Measurements of the Tropo- and Stratosphere via Modern Mathematical Methods for Inverse Ill-posed Problems to Determine the Aerosol Size Distribution

EARLINET - A European Aerosol Research Lidar Network to Establish an Aerosol Climatology

C. Böckmann

Zusammenfassung

Die Meßdatenerfassung und Berechnung optischer Daten ist einerseits eine wichtige Aufgabe, andererseits ist die Inversion mikrophysikalischer Parameter bedeutend. Deshalb entstand ein Programmpaket zur Lösung schlecht gestellter inverser Probleme, d.h. zur Lösung von Fredholmschen Integralgleichungssystemen 1. Art mit zusätzlicher unbekannter Kernfunktion. Es ist modular aufgebaut. Implementiert wurde das speziell neu entwickelte hybride Verfahren mit variabler Projektion und variabler B-Spline-Ordnung vom Kollokationstyp. Fredholmsche Gleichungen 1. Art sind aus mathematischer Sicht schlecht gestellte Operatoren, die mit normalen Quadraturverfahren nicht lösbar sind. Dazu bedarf es spezieller Regularisierungstechniken, die an den speziellen Operator angepaßt werden müssen sowie von der Anzahl der Meßdaten und dem Meßfehlerniveau abhängen.

Für den Lidaroperator erwies sich das hybride Verfahren mit variabler Projektion vom Kollokationstyp als das tragfähigste Verfahren. Zahlreiche Testrechnungen für unterschiedliche Meßsituationen, d.h. unterschiedliche Lidar-Geräte-Typen der einzelnen am Deutschen Lidar-Netz und am Schließungsexperiment in Lindenberg 1998, LACE 98, beteiligten Arbeitsgruppen, (unterschiedliche Anzahl und Werte der Meßwellenlängen) zeigen die ausgezeichneten Rekonstruktionseigenschaften. Sogar für 4 Wellenlängen, d.h. 355, 532 und 1064 nm bezüglich des Rückstreukoeffizienten und 532 nm bezüglich des Extinktionskoeffizienten ist das Verfahren einsetzbar. Eine Analyse des Verfahrens zeigt, daß Meßfehler bis zu 20% gut toleriert werden.

Die Modularität dieses Programmes wird es später gestatten, es auch für andere Partikelzähler-Geräte, die mathematisch durch Fredholmsche Integralgleichungen 1. Art modelliert werden, einzusetzen. Erste Meßdaten vom 9.8.98 und 11.8.98 aus der „golden period“ der LACE 98 – Kampagne in Lindenberg wurden erfolgreich analysiert und invertiert. Außerdem zeigen die Ergebnisse, daß eine Eingrenzung des zusätzlich unbekanntes Brechungsindexes möglich ist.

Das Deutsche Lidar-Netz (erstgenanntes Projekt) konnte anfang des Jahres 2000 auf Europa-Ebene in ein EU-Projekt EARLINET (zweitgenanntes Projekt) münden.

Summary

On the one hand the development and improvement of instruments for environmental monitoring and the provision of measurement data is an important task. On the other hand a second important task is the inversion of microphysical parameters of the aerosols from the optical data. Therefore, a software package was developed which consists of regularization methods to solve ill-posed inverse problems, i.e. to solve a system of Fredholm integral equations of the first kind with additionally unknown kernel function. All parts are modular. We propose the specially newly developed hybrid method with variable projection and variable B-spline order, a collocation type method.

From mathematical point of view Fredholm equations of the first kind are ill-posed operators and with simple integration methods are not solvable. Therefore, one needs special regularization techniques which we had to fit to the special operator, to the number of measurements and to the measurement error level. The best suitable method for the lidar operator is the hybrid method with variable projection. A lot of test computations for different measurement situations, i.e. different lidar devices of the groups which take part in the German lidar network and in the closure experiment in Lindenberg 1998, LACE 98, (different numbers and values of the measurement wavelengths) show the excellent reconstruction properties. In fact, the method is able to reconstruct in the case of only 4 wavelengths, i.e. 355, 532 and 1064 nm with respect to the backscatter coefficient and 532 nm with respect to the extinction coefficient. The method is usable up to 20% noisy data. Because of the separated parts of the software package it is later possible to use it also for other particle counter devices. We adapted the hybrid method to the measurement technique situation. First real-life measurements of the 9. and 11. August 1998 of the golden period of LACE 98 – campaign in Lindenberg were successfully analysed and inverted. Since for lidar measurements the refractive index of the observed aerosol is an unknown parameter, too, one needs nonlinear methods. Moreover, the results show that it is possible to enclose the additionally unknown refractive index domain.

The German lidar network (first-mentioned project) could pour in an EU-project EARLINET (second-mentioned project) at the beginning of the year 2000 on European level.

Introduction

Aerosols affect life on earth several ways. They play an important role in the climate system; the effect of aerosols on the global climate system is one of the major uncertainties of present climate predictions. They play a major role in atmospheric chemistry and hence affect the concentrations of other potentially harmful budget, in particular in the UV-B part of the spectrum. Moreover, one reason for the ozone depletion is the chlorine (Cl) in CFCs in the stratosphere. On the other side, polar stratospheric clouds (PSCs) a type of aerosol particles are believed to play an active role in precursor stages of ozone depletion in the winter-cold stratosphere by catalyzing heterogeneous chemical reactions on their surface and by redistributing HNO_3 through sedimentation (see Turco et al. 1989 and Turco 1985). Such particles can be produced by volcanic eruptions in the stratosphere or by environmental pollution of the air above industrial areas. At ground level, they can be harmful, even toxic, to man, animals, and plants. Because of these adverse effects that aerosols can have on human life, it is necessary to achieve an advanced understanding of the processes that generate, redistribute, and remove aerosols in the atmosphere. A quantitative dataset describing the aerosol vertical, horizontal, and temporal distribution, including its variability on a continental scale, is necessary. Such a dataset could be used to validate and improve models that predict the future state of the atmosphere and its dependence on different scenarios describing economic development, including those actions taken to preserve the quality of the environment. No suitable data set for this purpose presently exists. Moreover, from this optical data it is necessary to determine the microphysical parameters of the particles, e.g. knowledge of the particle size distribution is necessary to model processes involving ozone chemistry (see McCormick et al. 1995). The size distribution of these cloud particles is an important parameter for quantifying those mechanisms, because it relates the total surface to the total mass. This distribution can be determined either by in-situ measurements with optical particle counters or by remote sensing

with lidar (LIDAR = Light Detection and Ranging or Light-Radar). equipment (see Böckmann 1999, 2000 and Müller et al.1999).



Fig. 1: Lidar device of the Ludwig-Maximilians-Universität München, see Wiegner 2000, for environmental monitoring by remote sensing

The mathematical model for a lidar measurement consists of a system of two Fredholm integral equations of the first kind for the backscatter and extinction coefficients β^{Aer} and α^{Aer}

$$\beta^{Aer}(\lambda, z) = \int_{r_0}^{r_1} K_{\pi}(\lambda, r; m) n(r, z) dr = \int_{r_0}^{r_1} \pi r^2 Q_{\pi}(\lambda, r; m) n(r, z) dr, \quad (1)$$

$$\alpha^{Aer}(\lambda, z) = \int_{r_0}^{r_1} K_{ext}(\lambda, r; m) n(r, z) dr = \int_{r_0}^{r_1} \pi r^2 Q_{ext}(\lambda, r; m) n(r, z) dr, \quad (2)$$

where r is the particle radius, m the refractive index, r_0 and r_1 represent suitable lower and upper limits of realistic radii, λ is the wavelength, λ_0 the smallest and λ_1 the largest wavelength, z is the height, n the aerosol size distribution we are looking for, K_{π} the backscatter and K_{ext} the extinction kernel. The kernel function reflects shape, size, and material composition of particles. We assume Mie particles. The following formulas hold for extinction and backscatter efficiencies (see Bohren et al. 1983)

$$Q_{\pi} = \frac{1}{k^2 r^2} \left| \sum_{n=1}^{\infty} (2n+1)(-1)^n (a_n - b_n) \right|^2, \quad Q_{ext} = \frac{2}{k^2 r^2} \sum_{n=1}^{\infty} (2n+1) \text{Re}(a_n + b_n), \quad (3)$$

where k is the wave number defined by $k = 2\pi/\lambda$ and a_n and b_n are the coefficients which we get from the boundary conditions for the tangential components of the waves. The determination of the aerosol size distribution function $n(r)$ from a small number of backscatter and extinction measurements is a nonlinear inverse ill-posed problem.

Ill-posed Problem and Regularization

The equations (1) and (2) are ill-posed on all three counts (existence, uniqueness, and stability), where stability means a solution that changes only slightly with a slight change in the problem (see Groetsch 1993). We consider an operator of the form $Tx = y$ where $T: H_1 \rightarrow H_2$ is a compact, linear (but not necessarily self-adjoint) operator from a Hilbert space H_1 into a Hilbert space H_2 . For a bounded linear operator T a solution only exists if and only if $y \in R(T)$, the range of T . Since T is linear, $R(T)$ is a subspace of H_2 , however, it generally does not exhaust H_2 . We may enlarge the class of functions y for which a type of generalized solution exists to a dense subspace of function in H_2 . This accomplished by introducing the idea of a least squares solution. A function $x \in H_1$ is called a least squares solution if

$$\|Tx - y\| \neq \inf\{\|Tu - y\| : u \in H_1\}. \quad (4)$$

The set of all least squares solutions is closed and convex. Therefore, there is a unique least squares solution of smallest norm which we call generalized solution. The mapping T^H that associates with a given $y \in D(T^H) = R(T) + R(T)^\perp$ the unique least squares solution having smallest norm, $T^H y$, is called the Moore-Penrose generalized inverse of T . In our scheme T^H is then the mechanism which provides a unique solution for any $y \in D(T^H)$. In this sense, T^H settles the issues of existence and uniqueness for generalized solutions. The generalized Pseudoinverse operator $T^H : D(T^H) \rightarrow H_1$ is a closed densely defined linear operator which is bounded if and only if $R(T)$ is closed. Since both lidar integral operators are compact, each of them can have closed range if and only if one has a finite dimensional subspace of H_2 . This is not the case just under the given lidar integral kernels. Therefore, $R(T)$ is not closed so T^H is unbounded, i.e. T^H is discontinuous. Very small changes in the right hand side $y(\lambda)$ can be accounted for by large changes in the solution $x(r)$. That the instability is fundamental, and not just a consequence of some special form of the kernels, follows from the Riemann-Lebesgue lemma. If we wish to obtain a well-posed problem we need a so called regularization. In general regularizations are families of operators

$$T_\gamma : H_2 \rightarrow H_1 \quad \text{with} \quad \lim_{\gamma \rightarrow 0} T_\gamma y = T^+ y \quad \text{for all} \quad y \in D(T^+) , \quad (5)$$

i.e. the convergence is pointwise on $D(T^H)$ (see Louis 1989). The parameter γ is the so called regularization parameter. In the case of noisy data y^δ with $\|y^\delta - y\| \leq \delta$ we determine as solution $x_\gamma^\delta = T_\gamma y^\delta$. However, the total error consists of two parts, i.e. two summands,

$$x_\gamma^\delta - x = T_\gamma(y^\delta - y) + (T_\gamma - T^+)y . \quad (6)$$

The first part is the data error and the second part the approximation error or regularization error. If $\gamma \rightarrow 0$ the approximation error tends to zero while the data error tends to infinity. Therefore, the total error can never be zero and we are in a dilemma. We have to look for an "optimal" regularization parameter γ which minimizes the total error.

Projection methods as regularization

Now our aim is to approximate $T^H y$ in the sense of (5). We know that, ignoring the trivial case in which the kernel $K(\cdot, \cdot)$ is degenerated, the generalized solution $T^H y$ depends discontinuously on y , but we would like to make our approximation continuously depending on y . There are a lot of regularization methods, we refer to Engl et al. 1996. But if one would like to solve a real practical problem the results of regularization for infinite dimensional spaces are unsuitable. Hence we need a discretization (see Engl 1997). On the one hand it is possible to combine any regularization method with any projection method. On the other hand one observes that pure projection methods into finite dimensional spaces act as regularization where the regularization parameter is n . In addition, there is a regularization influence by the basis function choice, too. Let $X_1 \subseteq X_2 \subseteq \dots \subseteq H_1$ be finite dimensional subspaces of H_1 with $\text{closure}(U_{n=1}^\infty X_n) = H_1$, i.e. dense in H_1 , and $T_n := T|_{X_n}$ is the restriction of T to a subspace X_n of H_1 . A natural way to generate a finite dimensional approximation is to find the minimal least squares solution of the equation $T_n x = y$. As an approximation to $T^H y$ one could use the unique least squares solution, i.e. $T_n^H y$ or $T_n^H y^\delta$, respectively where $\|y^\delta - y\| \leq \delta$ represents the noise level of the data. The approximate solution $x_n \in X_n$ minimizes $\|T_n^H y^\delta - y\|^2$ over X_n . Since X_n is finite dimensional, $R(T_n)$ is closed, i.e. T_n^H is continuous. This problem is well-posed. For more details we refer to Engl 1997 and Groetsch 1993.

Hybrid method with variable projection via B-Splines

From the theoretical studies of the lidar operators we get the knowledge how to develop the regularization method. Because of computer time consuming we decided to use a Collocation method which is a special case of the Galerkin method. We propose now a hybrid regularization technique, a combination of a variable dimension projection method with truncated singular value decomposition. To turn into a finite dimensional problem we might simply try to solve the problem over a finite dimensional subspace of H_1 . For example, if X_n is an n -dimensional subspace of H_1 spanned by the linearly independent functions $\{\phi_1, \dots, \phi_n\}$ then the function $x_{n,\gamma}^\delta \in X_n$ minimizes $\|T x^\delta - y\|$ over X_n with a truncation level γ . The solution $x_{n,\gamma}^\delta$ can be represent as $x_{n,\gamma}^\delta = \sum_{i=1}^n d_i \phi_i$ where the unknown coefficients $d_i, i=1, \dots, n$, are the generalized solution of the linear equation system

$$\sum_{i=1}^n \int_{r_0}^{r_1} K(r, \lambda_j) \phi_i(r) dr \quad d_i = y(\lambda_j), \quad j = 1, \dots, N + M, \quad (7)$$

which may be underdeterminate or overdeterminate, respectively. The points $\lambda_j, j=1, \dots, N+M$, are so-called collocation points, in general they are the measurement points. We solve (7) by using truncated singular value decomposition with level γ . We might call this type of discretization a "finite element" discretization because the computed numbers d_i are coefficients of certain basis functions $\{\phi_i\}$ which often will be taken as B-spline functions on some grid. A spline of degree $k-1$ (order k) is a function $s \in C^{k-2}[r_0, r_1]$ which in every interval $[r_i, r_{i+1}]$, ($i=0, \dots, l$), consists of a polynomial s with degree $\leq k-1$. The spline space of degree $k-1$ we denote by $S_{k,\Delta}$. Obviously the dimension is $\dim(S_{k,\Delta}) = k+l =: n$, where $l+2$ is the number of different nodes. An advantageous basis we get with the recursion ($\chi[\tau_i, \tau_{i+1}]$ denotes the characteristic function)

$$N_{i1}(r) := \chi[\tau_i, \tau_{i+1}](r) = \begin{cases} 1 & : r \in [\tau_i, \tau_{i+1}) \\ 0 & : \text{otherwise} \end{cases}, \quad (8)$$

$$N_{ik}(r) := \frac{r - \tau_i}{\tau_{i+k-1} - \tau_i} N_{i,k-1}(r) + \frac{\tau_{i+k} - r}{\tau_{i+k} - \tau_{i+1}} N_{i+1,k-1}(r), \quad (9)$$

where $\tau_1 \leq \dots \leq \tau_n$ are the extended nodes, $N_{ik}(r)$ are the B-splines of order $k, k=1, \dots, n; i=1, \dots, n-k$. The support $N_{ik} \subset [\tau_i, \dots, \tau_{i+k}]$ is a local one, $N_{ik}(r) \geq 0$ for all $r \in \mathbb{R}$, $N_{ik}(r)$ is a piecewise polynomial of degree $\leq k-1$ with respect to the intervall $[\tau_j, \tau_{j+1}]$; furthermore $N_{ik}, i=1, \dots, n$ are local linear independent. Moreover, $B = \{N_k, \dots, N_n\}$ is a well-conditioned basis of $S_{k,\Delta}$ (see Deuffhard 1991). Now our regularized solution has the description

$$x_{n,\gamma}^\delta(r) = \sum_{i=1}^{n-k+1} d_i N_{ik}(r) \quad (10)$$

thus we have three regularization parameters k, n and γ . For more details see Böckmann 2000.

Numerical results

From numerical point of view, it is reasonable to formulate equations (1) and (2) into a more specific form

$$y(\lambda_j) = \int_{r_0}^{r_1} \tilde{K}^v(r, \lambda_j; m) v(r) dr \quad (11)$$

with

$$\tilde{K}^v(r, \lambda_j; m) := \begin{cases} K_\pi^v(r, \lambda_j; m) & : \lambda_j \in \lambda^\pi \\ K_{ext}^v(r, \lambda_j; m) & : \lambda_j \in \lambda^{ext} \end{cases}, \quad (12)$$

where $y(\lambda_j)$ are the optical data (whether it is backscatter β or extinction α) depending on λ_j where $\lambda^\pi = \{355, 400, 532, 700, 800, 1064 \text{ [nm]}\}$, i.e. $N=6$ while $\lambda^{\text{ext}} = \{355, 532 \text{ [nm]}\}$ (two Raman channels), i.e. $M=2$. The $v(r)$ term is the volume concentration distribution obtaining from $n(r)$ with multiplying by $4\pi r^3/3$ and

$$K_{\pi/\text{ext}}^v(r, \lambda; m) = \frac{3}{4r} Q_{\pi/\text{ext}}(r, \lambda; m) \quad , \quad (13)$$

we refer to the equations (1) and (2).

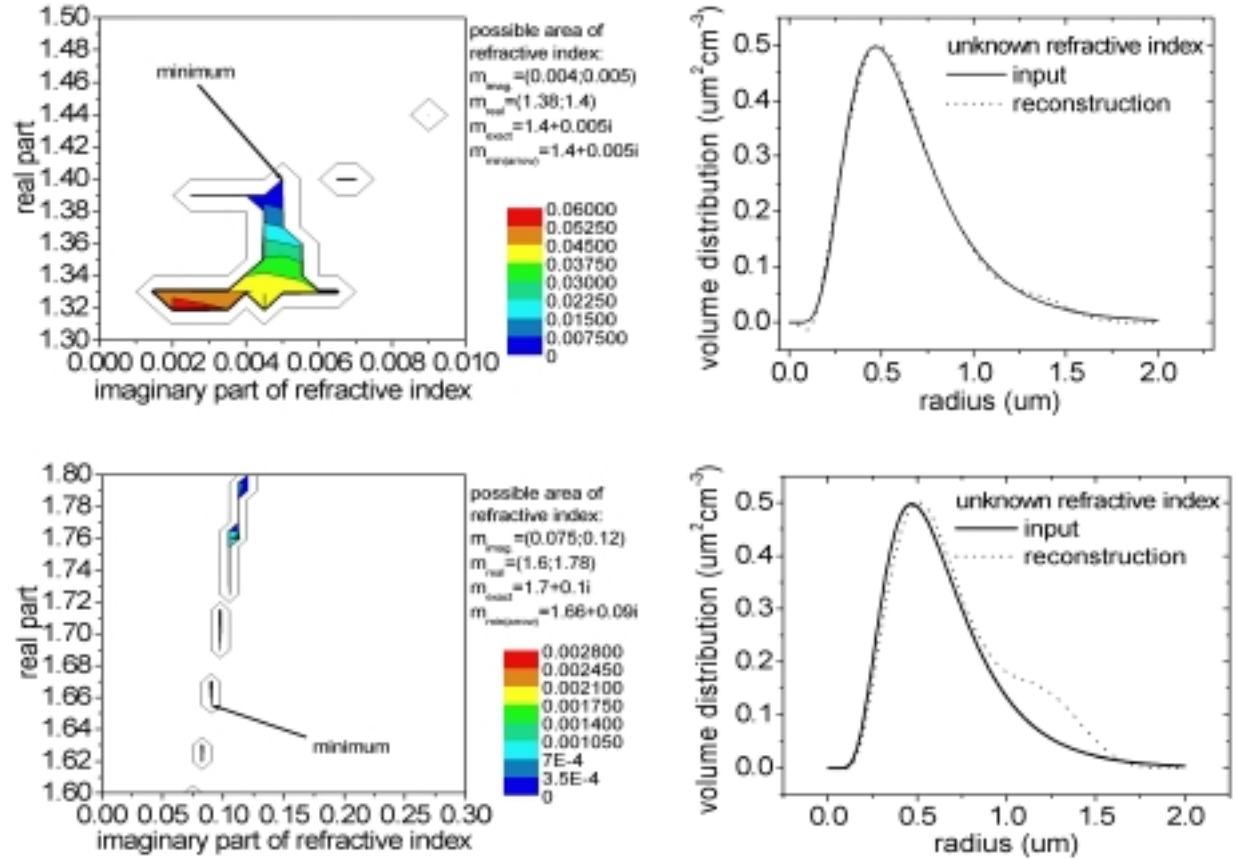


Fig. 2: Inversion results with unknown refractive index with weak absorption (on the top left) and (on the top right) as well as with strong absorption (on the bottom left) and (on the bottom right).

The reconstruction results of the inversion by using synthetically optical data were compared with the input distribution and the input refractive index. Logarithmic-normal distributions are used to describe the particle size distribution spectrum

$$n(r) = \frac{1}{r} \frac{1}{\sqrt{2\pi} \ln \sigma} \exp\left(-0.5 \frac{(\ln r - \ln r_{\text{mod}})^2}{\ln^2 \sigma}\right). \quad (14)$$

The particle parameters are the mode radius $r_{\text{mod}} = 300 \text{ nm}$ and the mode width $\sigma = 1.6$. Moreover, for the inversion we use the refractive index $m_1 = 1.4 + 0.005i$ (see Fig. 2 top) or $m_2 = 1.7 + 0.1i$ (see Fig. 2 bottom) and the lower and upper integration limits $r_0 = 1 \text{ nm}$ and $r_1 = 2000 \text{ nm}$, respectively.

Beside the volume distribution, the complex refractive index is the second unknown quantity in the inversion. This problem is a highly nonlinear one and in general, no explicit information on the refractive index is available. Although we know that the refractive index depends on the wavelength as well

as on the particle size, we assume the index to be constant. By using a refractive index grid we try to enclose the area of possible refractive indices and actually with that technique one obtains a much promising result, see Fig. 2 left. The resulting area is the black one with respect to an assumed noise level. The point with an arrow is with respect to a special norm choice, here simple Euklidean norm, the best one in that sense. But we have to remark that in the case of noisy data the point with the arrow must not be the best one. All points of the black area must be considered as a possible solution. Note that the white area can be definitely excluded as a solution area since no positive size distribution exists with respect to a suitable non-negative level. Otherwise one observes the same effect as with known refractive index, specifically if the imaginary part of the complex refractive index becomes larger then the problem gets more ill-posed, see Fig. 2 on the bottom right. Because the imaginary part is large, i.e. 0.1i, the black area obtains a shape so that on the one hand the imaginary part can be estimated, but on the other hand the real part cannot be limited with this method. This is an ongoing work in the second-mentioned project.

EARLINET

EARLINET will establish a quantitative comprehensive statistical database of the horizontal, vertical, and temporal distribution of aerosols on a continental scale. The goal is to provide aerosol data with unbiased sampling, for important selected processes, and air-mass history, together with comprehensive analyses of these data.

The objectives will be reached by implementing a network of 21 stations distributed over most of Europe, using advanced quantitative laser remote sensing to directly measure the vertical distribution of aerosols, supported by a suite of more conventional observations. Special care will be taken to assure data quality, including intercomparisons at instrument and evaluation levels. Moreover, an improvement of the ill-posed inversion to determine the microphysical parameters will be carried out. A major part of the measurements will be performed according to a fixed schedule to provide an unbiased statistically significant data set. Additional measurements will be performed to specifically address important processes that are localised either in space or time. Back-trajectories derived from operational weather prediction models will be used to characterise the history of the observed air parcels, accounting explicitly for the vertical distribution.

EARLINET will make a major contribution to the quantification of anthropogenic and biogenic emissions and concentrations of aerosol, quantification of their budgets, radiative properties and prediction of future trends. It will also further the understanding of physical and chemical processes related to these species, their long range transport and disposition, and the interaction of aerosols with clouds. The project will also make an important contribution to the improved model treatment of physical and biospheric processes, in particular clouds and aerosols.

The data to be collected will be used to improve the quality of a number of satellite retrieval systems that are affected by the presence of aerosols, and will provide the necessary basis for future satellite missions that employ laser remote sensing.

EARLINET will provide information about transboundary transport of aerosols that can also be used as a tracer for other substances in the planning of pollution abatement strategies.

Co-operation within the network will lead to a very efficient transfer of know-how in two important areas: advanced remote sensing using high-tech instruments, and the application of these techniques to address complex environmental problems. It will be a very effective training area for young scientist, both from well-developed and less-developed countries, providing equal opportunities to use the common data, see project coordinator Bösenberg et al. 2000.

Acknowledgments

The first project has been supported by the Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF) under grant 07AF310/2 and the second project by the European Commission under EVR1-CT-1999-40003.

References

- BÖCKMANN, C. (submitted 2000): Hybrid regularization method for the ill-posed inversion of multi-wavelength lidar data to retrieve aerosol size distribution, *Appl. Opt.*
- BÖCKMANN, C.; WAUER, J. (to appear 2000): Algorithms for the Inversion of Light Scattering Data from Uniform and Non-Uniform Particles, *J. Aerosol Science*
- BÖCKMANN, C.; SARKÖZI, J. (1999): The Ill-posed Inversion of Multiwavelength Lidar Data by a Hybrid Method of Variable Projection, *SPIE-Publication*, 3816, 282 - 293
- BÖSENBERG J. et al. (2000): EARLINET – A European Aerosol Research Lidar Network to Establish an Aerosol Climatology, <http://lidarb.dkrz.de/earlinet/abstractfinal.pdf>
- BOHREN, G. F.; HUFFMAN, D. R. (1983): *Absorption and Scattering of Light by Small Particles*, John Wiley and Sons, New York
- DEUFLHARD, P.; HOHMANN, A. (1991): *Numerische Mathematik*, de Gruyter, Berlin - New York
- ENGL, H. W.; HANKE, M.; NEUBAUER, A. (1996): *Regularisation of Inverse Problems*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston and London
- ENGL, H. W. (1997): *Integralgleichungen*, Springer, Wien - New York
- GROETSCH, C. W. (1993): *Inverse Problems in the Mathematical Sciences*, Vieweg und Sohn, Braunschweig - Wiesbaden
- HANSEN, P. C. (1998): *Rank-Deficient and Discrete Ill-posed Problems*, SIAM, Philadelphia
- HOFMANN, B. (1999): *Mathematik inverser Probleme*, B.G. Teubner, Stuttgart - Leipzig
- LOUIS, A. K. (1989): *Inverse und schlecht gestellte Probleme*, B.G. Teubner, Stuttgart
- MC CORMICK, M. P.; THOMASON, L. W. (1995): Atmospheric effects of the Mt. Pinatubo eruption, *Nature*, 373, 399 - 404
- MÜLLER, D.; WANDINGER, U.; ANSMANN, A. (1999): Microphysical particle parameters from extinction and backscatter lidar data by inversion with regularization: Theory } , *Appl. Opt.*, 38, 2346 - 2357
- TURCO, R. (1985): *The photochemistry of atmospheres; Earth, the other planets and comets* } , Academic Press, Orlando
- TURCO, R.; TOON, O. B. (1989): Heterogeneous Physicochemistry of the Polar ozone hole, *J. Geophys. Res.*, 94, 16493 - 16510
- WIEGNER, M. (2000): *Persönliche Mitteilungen*

Author

Dr. Christine Böckmann
Universität Potsdam
Institut für Mathematik
Am Neuen Palais 10
144 15 Potsdam
Germany

Klimaeinfluß auf die Zerstörung von Baudenkmalern durch lösliche Salze am Beispiel des Grottenaals im Neuen Palais, Potsdam

S. Laue

Zusammenfassung

Der Grottenaal im Neuen Palais (1763-1769) ist mit Mineralen, Gesteinen, Fossilien und Conchylien reich ausgestattet und sollte - entsprechend der Mode zur Zeit des Barocks - eine Grotte darstellen. Zahlreiche Schäden durch Salzverwitterung insbesondere in Fensternähe führen zum Zerfall einzelner Ausstattungsstücke, teilweise sind ganze Wände betroffen.

Eine Schadensanalyse mit möglichst zerstörungsfreien Untersuchungsmethoden sollte die ablaufenden Schadensprozesse ermitteln. Es wurden Salzausblühungen entnommen und analysiert. Das Klima im Grottenaal wurde mit einem digitalen Thermohygrographen gemessen. Referenzflächen sind angelegt worden, an denen Neukristallisationen in Abhängigkeit zum Raumklima beobachtet worden sind.

Nach einem Untersuchungszeitraum von einem Jahr war es möglich, die Ursache für die Schadensprozesse zu nennen. Temperatur und Luftfeuchteschwankungen führen zu erhöhter Salzkristallisation der Natriumsulfat-Salze Thenardit und Mirabilit, die für die Schäden im Grottenaal verantwortlich sind. Als Konservierungsschritte können die Verhinderung von weiterem Feuchteintrag und Entsalzungsmaßnahmen mittels Kompressen dienen.

Summary

The „Grottenaal“ of the „New Palace“, constructed between 1763-1769, is a highly decorated hall with different natural specimens like minerals, rocks, fossils and shells - thus, the hall looks like a grotto.

Today, extreme damage to various decorative pieces is apparent and stems from salt crystallization especially near the windows. The aim of this investigation is to determine the weathering processes with non-destructive methods.

Salt efflorescences were taken from the surface of the building materials and investigated. The climate of the „Grottenaal“ was measured by a digital thermo-hygrograph. The occurrence of salt efflorescences was observed in defined areas, where newly crystallized salts were periodically removed to predict under which climate situation salts are crystallizing in the hall. The moisture content of two walls was investigated using infrared cameras.

After one year of monitoring the climate and the behaviour of the salts, it was possible to predict under which conditions salts will efflorescence. Decay in the "Grottenaal" has been caused mainly by the

transformation of the salts mirabilite to thenardite and vice versa, which depends on the temperature and relative humidity in the hall.

Because of the high moisture content and concentration of salts and concrete in the walls, it will be very difficult to minimise damage processes. But they can be reduced, if it is possible to prevent the influx of water and remove the source of the salt ions. The salt content of the walls will be reduced by compresses.

Einleitung

Die Erhaltung von historischer Bausubstanz stellt Kunstwissenschaftler, Restauratoren, Architekten, Bauingenieure und Naturwissenschaftler nach wie vor große Probleme. Bei Restaurierungsprojekten werden heute in der Regel immer Naturwissenschaftler beteiligt, die Voruntersuchungen durchführen, Maßnahmen begleiten und das Ergebnis in einer Qualitätskontrolle überprüfen (Snethlage 1997).

Die Verwitterung historischer Bausubstanz hat viele Einflußfaktoren, wie z.B. Eintrag von Luftschadstoffen, komplex zusammengesetzte Baumaterialien, angereicherte Salzminerale, erhöhten Feuchtigkeitseintrag oder Klimaschwankungen. Aus diesem Grund wird heute vor einer Restaurierungsmaßnahme in einem Innenraum eines historischen Gebäudes generell eine Schadensanalyse erstellt, die eine Schadensdokumentation, das Herausfinden der Schadensprozesse und in der Regel auch Klimamessungen beinhaltet.

Salzsprengung ist einer der häufigsten und stärksten Schadensprozesse an Baudenkmalern. Es existieren ca. 50 verschiedene Mauerwerkssalze, die unterschiedlich auf wechselnde Klimabedingungen reagieren (Arnold et al. 1990).

Um für ein unter Salzverwitterung leidendes Gebäude Konservierungskonzepte vorzuschlagen, ist es erforderlich, die vorherrschenden Salzsysteme und die klimatischen Verhältnisse zu kennen.

Der Grottenaal im Neuen Palais ist ein solcher Raum, in dem sichtbare Salzschäden insbesondere im Fensterbereich auftreten, deren Ursache und Entwicklung nicht bekannt sind.

Ziel des Projektes ist es, eine Schadensanalyse für den Grottenaal zu erstellen, um anschließend geeignete Konservierungs- bzw. Restaurierungsmaßnahmen zur Verhinderung des weiteren Zerfalls vorzuschlagen.

Grottenaal im Neuen Palais

Das Neue Palais und damit auch der Grottenaal ist unter König Friedrich II. 1763-69 von den Architekten Manger, Büring und Gonthard gebaut worden. Der Grottenaal befindet sich im Erdgeschoß im östlichen Teil des Neuen Palais im Anschluß zum Park Sanssouci.

Die Verkleidung der einzelnen Wände und Säulen ist in jeweils sechs ca. 30 cm breite Streifen unterteilt: weiß-grauer (Großkuzendorfer) Marmor einerseits, Grottierung andererseits.

Drei dieser sechs Streifen sind mit einer einzigartigen Sammlung von verschiedensten Mineralen, Gesteinen und Fossilien unterschiedlichster Herkunft ausgestattet, die im Laufe des Zeitraums von ca. 1765 bis Anfang des 20. Jahrhunderts entstanden ist. Die Ausstattungsstücke wurden von den Preußischen Herrschern gesammelt, bestellt oder sie sind ihnen geschenkt worden, anschließend sind sie dann in die drei Streifen mit Gips als Bettungsmörtel eingebaut worden.

Die anderen drei - im Wechsel mit den Sammlungsstücken - weniger reich ausgestatteten Streifen sind entweder mit Quarzkristallen oder mit glasbestreuten Tropfsteinimitationen aus Stuckgips verkleidet. Die Streifen werden seitlich durch rechteckige Muschel-Schneckenornamente und -rosetten begrenzt.

An einigen Stellen im Grottensaal werden die Streifen durch Muschel- und Schnecken-Grottenornamente sowie glasbestreuten Tropfsteinimitationen aus Stuckgips unterbrochen. Diese Muschel- und Schnecken-Grottenornamente bestehen aus unterschiedlichsten Muscheln-, Schnecken-, Cephalopodenarten, glasbestreuten Blattimitationen aus Eisenblech, Imitationen von Korallen (z.B. aus rotgefärbten Buschzweigen), getrockneten und ausgestopften Tieren (z.B. Fischen und Eidechsen) und dunklen, meist blauen Glasschlackenbruchstücken, die bei der Verhüttung von Eisen anfallen.

Schadenssituation und Untersuchungsmethoden

Es ist eine Schadensdokumentation angefertigt worden, um die derzeitige Schadenssituation im Grottensaal zu erfassen.

Generell nimmt die Schadensintensität nach Westen hin, in Richtung Schloßmitte, ab. Die stärksten Schäden sind in den Fensterbereichen zum Park hin zu verzeichnen.

Die Schadensdokumentation hat gezeigt, daß Salzkristallisationen eine große Rolle bei den Verwitterungsprozessen im Grottensaal spielen. Salzminerale kristallisieren in unmittelbarer Nähe und auf den Wandoberflächen: Zerstörungen der Baumaterialien sind die Folge.

Die Untersuchung der Salzausblühungen verschafft Kenntnis über das schädigende Salzsystem. Begleitende Klimamessungen ermöglichen es, das Risiko weiterer Schädigungen in der Zukunft abzuschätzen. Sind die ablaufenden Schadensprozesse im Grottensaal bekannt, können aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse Vorschläge für geeignete Restaurierungs- bzw. Konservierungsmaßnahmen unterbreitet werden.

Ein digitaler Thermohygrograph zeichnete die Lufttemperatur und die relative Luftfeuchte vom Oktober 1997 bis Juli 1999 auf.

Zur Bestimmung der Salze wurden ca. 30 Ausblühungsproben entnommen. Im Labor wurden die Salze mittels Mikroskopie und Mikrochemie (nach Bläuer Böhm 1994) sowie mit Hilfe eines Röntgendiffraktometers identifiziert.

Es wurden 5 Referenzflächen im Grottensaal angelegt, an denen das Kristallisationsverhalten der Salze in Bezug auf das Raumklima beobachtet wurde. Nach der jeweiligen Begutachtung wurden die Referenzflächen mit einem Pinsel gereinigt, so daß nur das Kristallisationsverhalten bis zum nächsten Untersuchungstag festgehalten wurde.

Salze und Raumklima

In allen Salzproben konnte Natriumsulfat festgestellt werden, das in den zwei verschiedenen Phasen Thenardit [Na_2SO_4] und Mirabilit [$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$] ausblühen kann.

Die Quellen der Na^+ -Salzionen sind alkalische Baumaterialien, die zu verschiedenen Zeiten zur Stabilisierung in die Bausubstanz eingebracht worden sind. Diese Baustoffe enthalten Alkalien (u.a. Na^+), die zu Alkalikarbonaten reagieren. Diese gehen bei geeigneten Feuchtebedingungen mit anderen autochthonen Salzen, z.B. mit den SO_4^{2-} -Ionen des Grotterungsmörtels Gips, Reaktionen ein und wandeln sich in leichtlöslichere Salze - wie z.B. in Natriumsulfate - um.

Verschiedene Untersuchungen (Künzel et al. 1991 oder Laue 1997) haben erwiesen, daß das wechselnde Raumklima eine Rolle bei Zerstörungsprozessen spielen kann, z.B. kann ein Wechsel der relativen Luftfeuchte ein Sichauflösen bzw. die Kristallisation von Salzen hervorrufen.

Das Innenklima des Grottensaals für das Jahr 1998 ist in Fig.1 dargestellt und spiegelt ein gedämpftes Außenklima wider. Die Temperatur pendelt zwischen 5°C und 22°C , die relativen Luftfeuchten variieren überwiegend zwischen 45% und 77%, nur während längerer Trockenperioden sank die relative Luftfeuchte auf Werte um ca. 40%.

Im Frühjahr 1998 und 1999 konnten Kondensationsereignisse beobachtet werden: relative warme Luft dringt in den noch kühlen Grottsaal ein, an kalten Oberflächen kommt es zur Kondensation von Wasserdampf.

Klimamessungen und die Beobachtung der Referenzflächen haben ergeben, daß während des gesamten Untersuchungszeitraums, also das ganze Jahr über, im Grottsaal Salzkristallisationen stattfinden. Dafür sind folgende Gründe ausschlaggebend: Im Oberflächenbereich der Wände verdunstet Wasser aus den mit Ionen angereicherten Mauerwerkslösungen, es handelt sich dabei um aufgestiegene Feuchte und an den Außenwänden zusätzlich dazu um eingedrungenes Oberflächenwasser. Beim Verdunsten konzentriert sich die Salzlösung auf, und es kommt zur Kristallisation von Mirabilit.

Mirabilit [$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$] ist aber bei den gegebenen Luftfeuchteverhältnissen nicht stabil, sondern wandelt sich bei trockener Luft in Thenardit [Na_2SO_4] um. Bei wieder ansteigender Luftfeuchte rekristallisiert Mirabilit, das geht mit einer Volumenvergrößerung um das 4-fache einher. Das System Wasser - Natriumsulfat ist ausführlich bei Steiger et al. (1998) erklärt.

Jedesmal, wenn die kritische relative Luftfeuchtigkeit, die zur Kristallisation der jeweilig anderen Phase führt, über- oder unterschritten wird, kommt es zu Ausdehnungs- bzw. Schrumpfungprozessen, die der eigentliche Motor für die Zerstörung im Grottsaal sind (Laue et al. 1999).

Raumklima Grottsaal 1998, Tagesmittelwerte

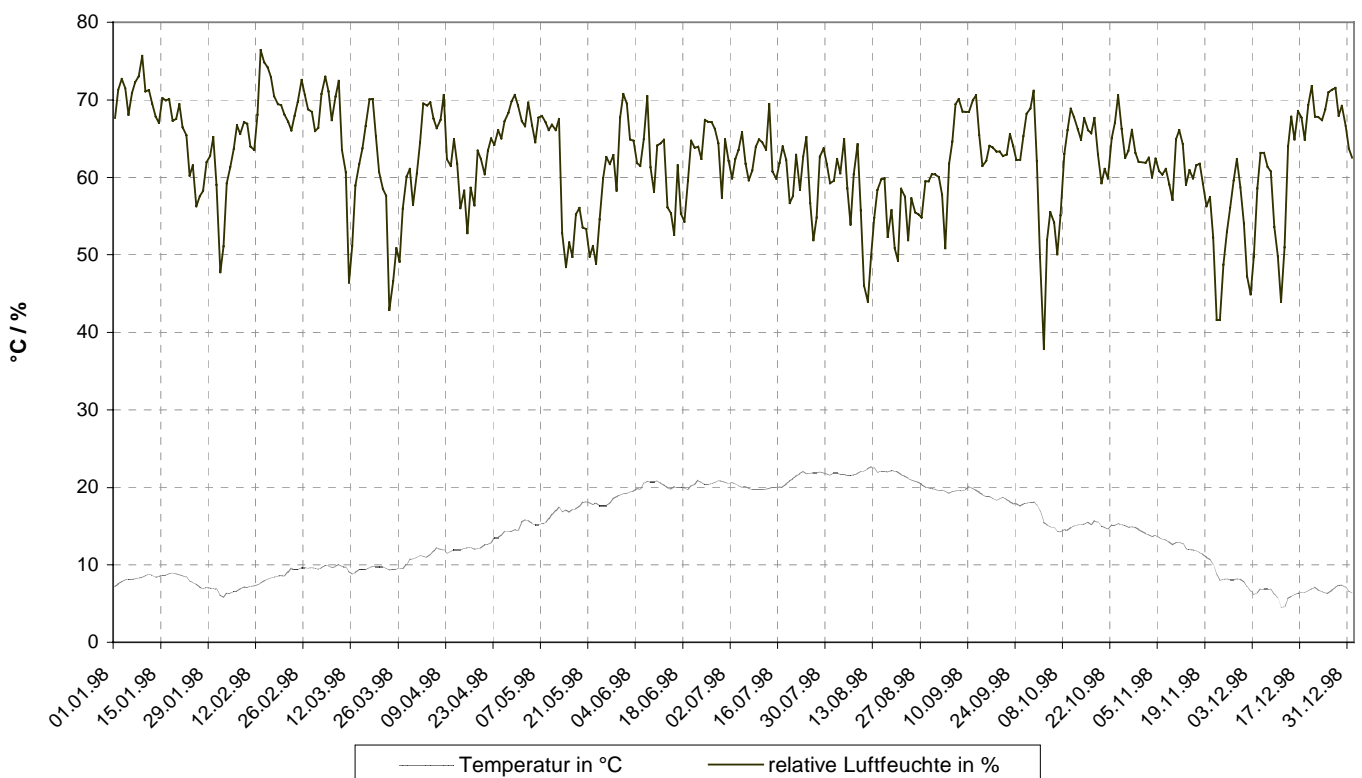


Abb. 1: Raumklima im Grottsaal 1998, Tagesmittelwerte der Temperatur und relativen Luftfeuchte

Schadensentwicklung

Die Kristallisation von Salzen ist die Hauptursache für die zur Zeit im Grottenaal stattfindenden Schäden.

Folgender Ablauf der Schadensprozesse konnte ermittelt werden: Es existiert ein Feuchteeintrag ins Mauerwerk, durch Grundfeuchte und Oberflächenwasser (Spritzwasser). Beim Verdunsten der Mauerwerkslösung konzentriert sich die Salzlösung auf, und es kommt - bei den gegebenen Temperaturbereichen - zur Kristallisation von Mirabilit. Bei trockenen Klimaverhältnissen – zwischen ca. 60% und 75% relativer Luftfeuchte, je nachdem welche Temperatur vorherrscht – findet eine Dehydratisierung von Mirabilit [$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$] zu Thenardit [Na_2SO_4] statt. Mirabilit ist bei diesen Feuchteverhältnissen nicht mehr stabil, es verliert sein Kristallwasser, und es kristallisiert Thenardit (siehe Fig.2). Beim erneuten Anstieg der relativen Luftfeuchte findet die Hydratation von Thenardit zu Mirabilit (Einbau von Wasser in das Kristallgitter) statt.

Dieser Effekt, Hydratation und Dehydratation, führt zum stetigen Umkristallisieren der Salze, was jeweils mit einer Volumenzunahme bzw. -abnahme einhergeht, woraus wiederum die beschriebenen Schäden resultieren.

Für die Schadensphänomene sind also einerseits die Kristallisation von neuen Salzen durch Verdunstung der eindringenden Feuchte und andererseits die Umwandlungen der Natriumsulfate von der dehydratisierten in die hydratisierte Form (und umgekehrt) verantwortlich.

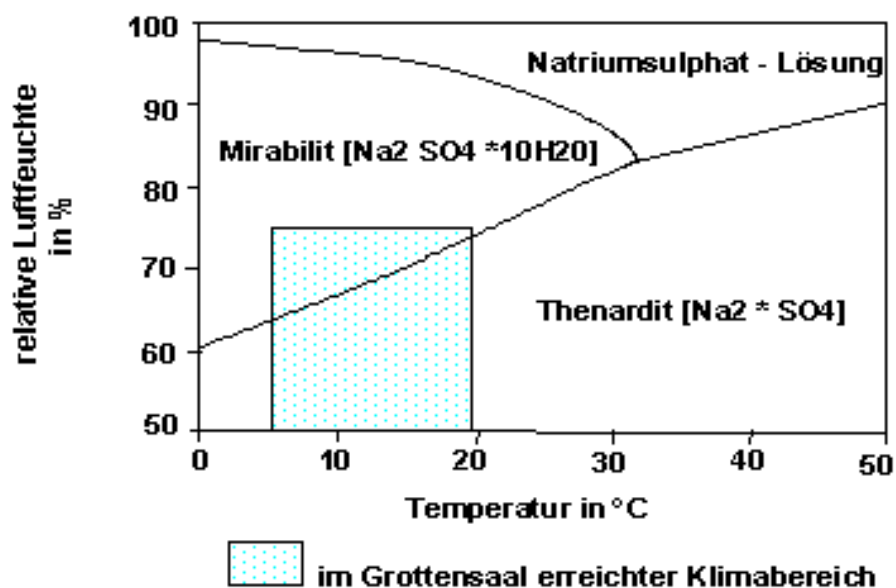


Abb. 2: System Thenardit/Mirabilit/ H_2O in Abhängigkeit von Temperatur und relativer Luftfeuchte (vereinfacht nach Steiger et al. 1998), die erreichten Klimawerte im Grottenaal sind eingetragen

Konservierungsvorschläge

Will man die beschriebenen Schadensprozesse aufhalten, müßten idealerweise der Feuchtenachschub verhindert sowie die Salzquellen entfernt werden.

Die dazu erforderlichen umfangreichen Eingriffe in die historische Bausubstanz sind allerdings aus der Sicht der Denkmalpflege nicht vertretbar.

Aber es ist möglich, an den Stellen, wo zur Zeit eine massive Zerstörung der Baumaterialien durch Salzkristallisation stattfindet, die Salzbelastung in den oberflächennahen Schichten durch den Einsatz von Kompressen zu verringern und damit den Zerstörungsprozess, der durch das wechselnde Raumklima hervorgerufen wird, aufzuhalten. Der Einsatz von mehrmaligem Auftrag (3- bis 4-mal) von feuchten z.B. Cellulose-Kompressen würde zur Verminderung der Salzkristallisation in den Oberflächenschichten führen und damit die Zerstörung verlangsamen.

Solange der Feuchtigkeitseintrag durch Grundfeuchte und durch Oberflächenwasser (Spritzwasser des Niederschlags und bei starkem Regen vom Dach herunterfallendes Wasser) von der Gartenseite her nicht gestoppt wird, muß mit aufsteigender Feuchte in den Wandbereichen zum Garten hin gerechnet werden.

Literatur

ARNOLD, A.; ZEHNDER, K. (1990): Salt weathering on monuments.- Advanced workshop on anal. methodologies for the investigation of damaged stones, Pavia, Italy, 14.-21.September.

BLÄUER BÖHM, C. (1994): Salzuntersuchungen an Baudenkmalern.- Kunsttechnologie und Konservierung, 8, 85 - 103.

KÜNZEL, H.; HOLZ, D. (1991): Bauphysikalische Untersuchungen in unbeheizten und beheizten Gebäuden alter Bauart.- IBP-Bericht FB-32/1991, IRB-Verlag, 88 S.

LAUE, S. (1997): Einfluß des Porenraums und des Raumklimas auf die Verwitterung von Steinen durch lösliche Salze.- Dissertation, Universität Mainz, Tectum Verlag Marburg, Edition Wissenschaft, Reihe Geowissenschaften, 28, 209 S.

LAUE, S.; LORENZ, E. (1999): The „Grottensaal“ of the „New Palace“ in Potsdam, Germany - Non destructive investigations for a conservation concept.- In: Proceedings of 6th International Conference on "Non-destructive testing and microanalysis for the Diagnostics and Conservation of the Cultural and Environmental Heritage", Rom, May 17th - 20th, 843 - 859.

SNETHLAGE, R. (1997): Leitfaden Steinkonservierung: Planung von Untersuchungen und Maßnahmen zur Erhaltung von Denkmälern aus Naturstein.- Fraunhofer-IRB-Verlag, 215 S.

STEIGER, M.; DANNECKER, W. (1998): Die Bedingungen für die Kristallisation verschiedener Salzhydrate am Beispiel Thenardit/Mirabilit.- In: Jahresband „Steinzerfall-Steinkonservierung“, Band 6, 1994 - 1996.

Anschrift des Autors

Dr. Steffen Laue
Universität Potsdam
Institut für Geowissenschaften
Postfach 601553
14415 Potsdam
Tel.: 0331/9775409
Fax: 0331/9775060
Email: laue@geo.uni-potsdam.de

In-situ Analytik von organischen Bodenkontaminationen mit Laser-induzierter Fluoreszenz

H.-G. Löhmannsröben, M. Lemke, L. Schober, R. Schultze

Zusammenfassung

Die Laser-induzierte Fluoreszenz Spektroskopie (LIF-Spektroskopie), ein *in-situ* Meßverfahren für die Bestimmung von Mineralöl und polycyclischen aromatischen Verbindungen in Böden, wird weiter validiert. Hierzu werden standardisierte Referenzböden (sog. Eurosoils) mit verschiedenen Kontaminanten (Mineralöle, Bioöle, polycyclische aromatische Verbindungen) dotiert und LIF-spektroskopisch untersucht. Ein Ringversuch unter Einsatz von Standardverfahren wird im Projektverlauf vorbereitet.

Summary

The validation of *in-situ* laser-induced fluorescence (LIF) spectroscopy for the detection of petroleum hydrocarbons and polycyclic aromatic compounds (PAC), proceeds. Standardized reference soils (the so-called Eurosoils) are doped with different contaminants (petroleum hydrocarbons, vegetable oils, polycyclic aromatic compounds) and analysed using LIF spectroscopy. A round robin test comprising standard methods is prepared in the course of the project.

Projektbeschreibung

Zielsetzung

Die LIF-Spektroskopie für die Untersuchung von Ölkontaminationen und polycyclischen aromatischen Verbindungen in Böden steht kurz vor der Marktreife. Ein praxistaugliches, transportables Demonstrationspektrometer wurde zusammen mit dem Umweltmeßtechnikhersteller Optimare (Wilhelmshaven) bereits fertiggestellt (Projektförderung: Deutsche Bundestiftung Umwelt, Osnabrück) und auf zahlreichen Messen und Ausstellungen präsentiert. Innovative vor-Ort Meßtechnik wie die LIF-Spektroskopie kann jedoch am Markt nur Erfolg haben, wenn eine Validierung des Verfahrens erfolgt ist. Hierzu ist der Vergleich der Resultate mit denen von Standardverfahren notwendig. Für die neue Methode müssen Einsatzbereiche unter Nennung dafür spezifizierter Nachweisgrenzen definiert werden. Ringversuche sind zu konzeptionieren und durchzuführen.

Methoden

Die Arbeitsgruppe von Prof. Löhmannsröben beschäftigt sich sowohl grundlegend als auch anwendungsbezogen mit Photochemie und Laserspektroskopie, wobei die Umweltmeßtechnik ein traditio-

nelles Tätigkeitsfeld der Arbeitsgruppe darstellt. Im Bereich Umweltanalytik wird die Entwicklung der Laser-induzierten Fluoreszenz (LIF) Spektroskopie anwendungsbezogen vorangetrieben. Die LIF-Spektroskopie ist ein innovatives Schnellmeßverfahren, welches für in-situ Messungen von Mineralöl und polycyclischen aromatischen Verbindungen in Böden und Wässern geeignet ist. Die Methode nutzt flexible Lichtwellenleitertechnik und kommt ohne Probenahme und Lösungsmiteleinsetz aus. LIF-Spektroskopie basiert auf der Fluoreszenzfähigkeit vieler Mineral- und Bioöle.

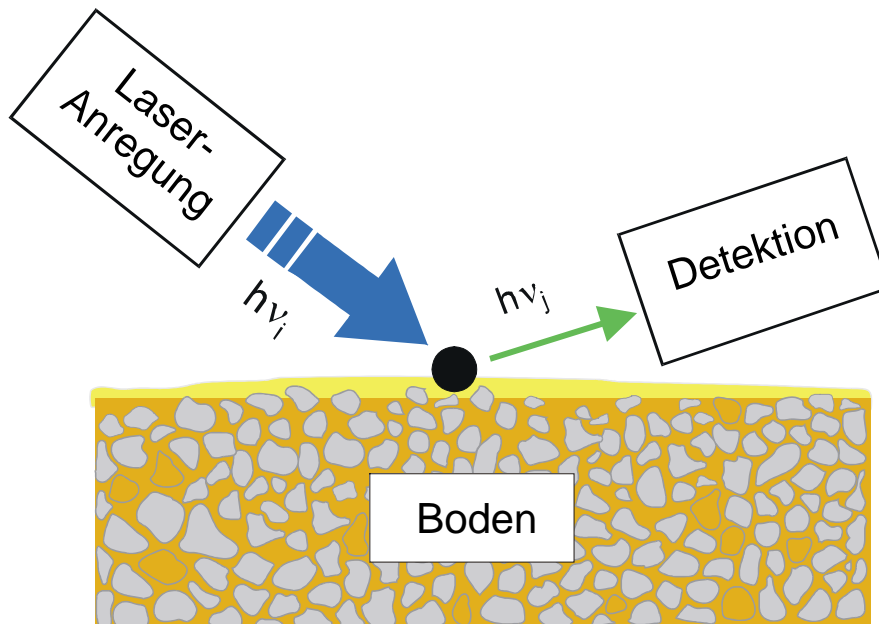


Abb. 1 Funktionsprinzip LIF-Spektroskopie

Typische Nachweisgrenzen der Methode für Mineralölkohlenwasserstoffe (Summe) in Böden liegen unter 200 mg / kg und damit deutlich unter gesetzlichen Richtwerten, wie sie beispielsweise die sog. Holland-Liste nennt (Interventionswert 5000 mg/kg).

Ergebnisse und Diskussion

Abb. 2 zeigt LIF-Spektren einer Feldmeßkampagne, aufgenommen in der mikrobiologischen Bodensanierungsanlage Bilfinger & Berger in Roth (Mittelfranken). Deutlich ist das ausgeprägte Fluoreszenzsignal des kontaminierten Bodens im Vergleich zum Recyclingmaterial der Bauschutt aufbereitung zu erkennen.

LIF-Untersuchung von Realproben

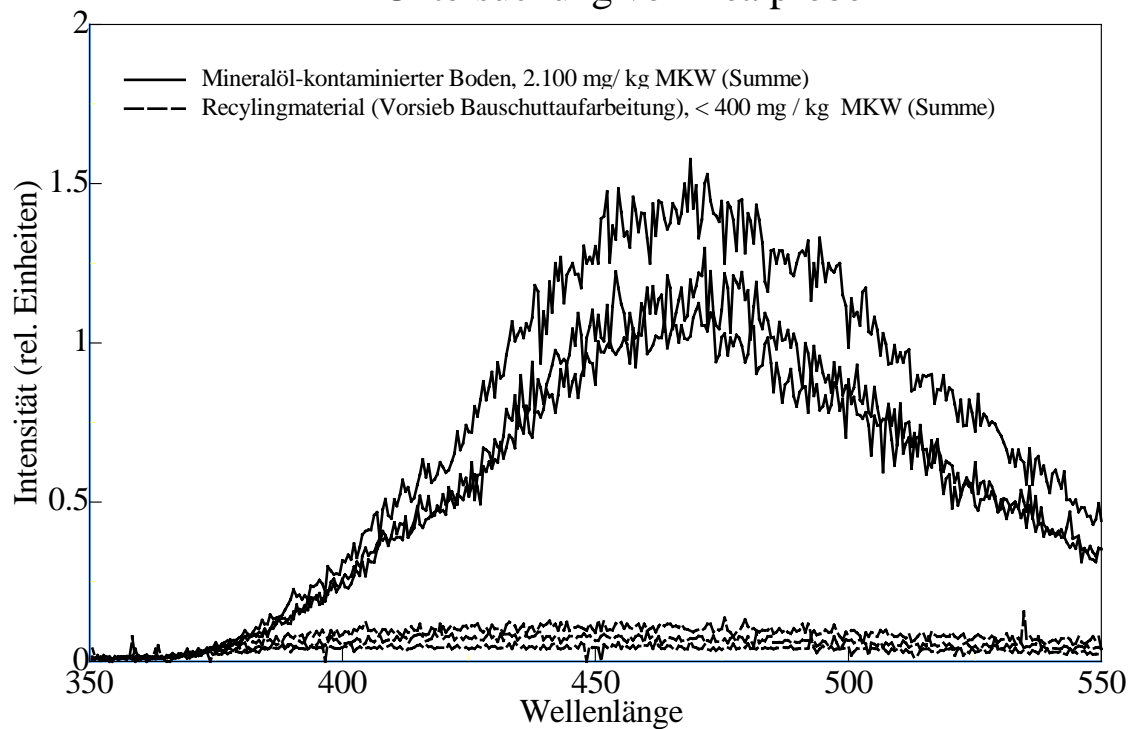


Abb. 2 LIF-Spektrum von Mineralöl-kontaminiertem Boden

Im hier beschriebenen Projekt werden nun weitere repräsentative real-kontaminierte Bodenproben (Realproben) und geeignete Referenzmaterialien (Referenzproben) ausgewählt und charakterisiert. Anhand dieser Proben werden LIF-Kalibrierverfahren entwickelt und optimiert. Bereits bestehende Bibliotheken von MKW- und PAC-LIF-Spektren werden erweitert und optimiert. Zur Vereinheitlichung der Kalibrierverfahren (Berücksichtigung der optischen Bodeneigenschaften) kommt neben der LIF-Spektroskopie auch die diffuse Reflexionsspektroskopie zum Einsatz.

Die im Projekt untersuchten Proben sind sowohl vom Bodentyp her als auch von der Art der Kontamination typisch für europäische Schadensfälle. Die Proben orientieren sich an den Eigenschaftsmustern der sogenannten „Eurosoils“ (fünf repräsentative Böden aus Sizilien, Wales, Schleswig-Holstein, der Normandie und des Peloponnes). Die Kontaminanten umfassen Diesel, Ottokraftstoff, Rohöle und Teeröle. Der Einfluß der Bodenfeuchte wird systematisch untersucht. Die Charakterisierung der Proben beinhaltet insbesondere die Untersuchung der fundamentalen photophysikalischen Eigenschaften von Bodenmatrix, Kontamination sowie der Art und Weise ihrer gegenseitigen Beeinflussung. Vorzugsweise kommen zertifizierte Referenzmaterialien (ZRM) zum Einsatz.

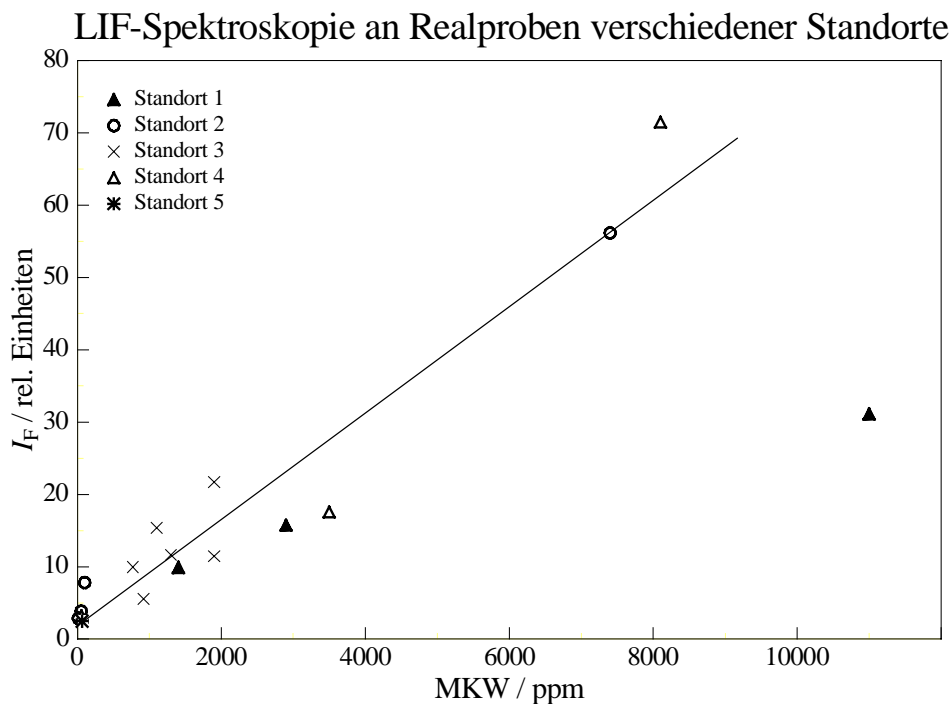


Abb. 3 Validierung der LIF-Spektroskopie mittels Realproben und Referenzanalytik

Das Projekt soll insbesondere zeigen, inwieweit die LIF-Spektroskopie (im Gegensatz zur Analyse gemäß DIN 38409 H18) den toxischen Aromatenanteil im Vergleich zum Aliphatenanteil risikobezogen nachweisen kann. Hierzu kommt vergleichend nicht nur Referenzanalyse nach DIN 38409 H18 (Extraktion mit Freon und nachfolgende infrarotspektroskopische Quantifizierung) zum Einsatz. Insbesondere soll durch ausführliche gaschromatografische Analyse (GC-FID, GC-MS) der Gehalt verschiedener Aromaten- und Aliphatenfraktionen in den Realproben charakterisiert werden, um risikobezogene Daten für die Kalibrierung bereitzustellen.

Literatur

LÖHMANNSRÖBEN, H.-G.; ROCH, T. (2000): „*In-situ* laser-induced fluorescence (LIF) analysis of petroleum product-contaminated soil samples”, J. Environ. Monit., Vol. 2, 17 - 22

ILLENSEER, C.; LÖHMANNSRÖBEN, H.-G.; ROCH, T.; ZIMMERMANN, U. (1999) „Combination of Laser-Induced Fluorescence (LIF) Spectroscopy and Laser-Based Ion Mobility (LIMS) Spectroscopy for the Detection of PAC and Petroleum Products in Soils“, J. Environ. Monit., zur Publikation eingereicht

LÖHMANNSRÖBEN, H.-G.; SCHÖBER, L. (1999): „Combination of Laser-Induced Fluorescence and Diffuse-Reflectance Spectroscopy for the *In-Situ* Analysis of Diesel-Fuel Contaminated Soils“, Applied Optics, Vol. 38, 1404 - 1410

KUMKE, M. U.; LÖHMANNSRÖBEN, H.-G.; ROCH, T. (1995): „Fluorescence Spectroscopy of Polynuclear Aromatic Compounds in Environmental Monitoring“, Journal of Fluorescence, Vol. 5, No. 2, 139 - 153

LÖHMANNSRÖBEN, H.-G.; ROCH, T. (1996): "Laserfluoreszenzspektroskopie als extraktionsfreies Nachweisverfahren für PAK und Mineralöle in Bodenproben", Analytiker-Taschenbuch 15, 217 - 253, Springer, Heidelberg

Anschrift der Autoren

Prof. Dr. Hans-Gerd Löhmannsröben
Dr. Matthias Lemke
Lars Schober
Rainer Schultze
Universität Potsdam
Institut für Physikalische und Theoretische Chemie
Professur für Physikalische Chemie
Karl-Liebknecht-Str. 24 - 25
14469 Potsdam

Entwicklung eines optischen Meßsystems zur in-situ Bestimmung von Fluoreszenztracern, Sauerstoff und pH-Wert in Gewässern (FLUTRAS: Fluorescence Tracer Detection System)

H.-G. Löhmannsröben, T. Hengstermann, M. Lemke, L. Schober, R. Schultze

Zusammenfassung

Im Projekt FLUTRAS wird ein praxistauglicher integrierter Multi-Parameter Sensor of der Basis optischer Meßtechnik (sog. Optroden) zur Bestimmung von Umweltschadstoffen, Sauerstoff und pH-Wert in Wässern entwickelt. Das Gerät wird darüberhinaus für hydrogeologische Untersuchungen mit Fluoreszenztracern geeignet sein.

Summary

The project „FLUTRAS“ will produce a practically orientated, integrated multi-parameter sensor based on optical measuring technology (so-called optrodes). The sensor will serve for the detection of environmental pollutants, oxygen und pH in waters. FLUTRAS will also be suitable for hydrogeological investigations using fluorescence tracers.

Projektbeschreibung

Ziel des Projekts FLUTRAS ist ein praxistauglicher integrierter Multi-Parameter Sensor of der Basis optischer Meßtechnik (sog. Optroden) zur Bestimmung von Umweltschadstoffen, Sauerstoff, pH-Wert sowie Fluoreszenzmarkern in Wässern. Aufgabe der AG Löhmannsröben sind photophysikalische und photochemische Grundlagenuntersuchungen insbesondere zu Kalibrierung und Querempfindlichkeit des Sensors.

Zum Nachweis von fluoreszierenden organischen Verbindungen (FOC, fluorescent organic compounds) wie Mineralölen, und den persistenten, toxikologisch besonders relevanten polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen wird FLUTRAS mit Laser-induzierter Fluoreszenzspektroskopie arbeiten. Insbesondere unter Einsatz zeitaufgelöster Fluoreszenzmeßtechnik können Ölsorten voneinander unterschieden werden und es gelingt die Diskriminierung von Hintergrundsignalen, verursacht durch in allen realen Wasserproben vorhandenen Huminstofffraktionen.

Die Bestimmung des im Wasser gelösten Sauerstoffs ist ebenfalls mittels Fluoreszenzmeßtechnik (z.B. Phasenfluorimetrie) möglich. In Gegenwart von Sauerstoff beobachtet man Fluoreszenzlöschung, d.h. einen Rückgang der Intensität des Fluoreszenzlichts, der über Kalibrierfunktionen zum Sauerstoffgehalt in Bezug gesetzt werden. Die Bestimmung des pH-Werts von Wasserproben erfolgt ebenfalls fluoreszenzspektroskopisch. Bei Fluoreszenzfarbstoffen, die polare, protische Gruppen enthalten (Carboxylate, Hydroxylgruppen...), ist die Fluoreszenzfähigkeit pH-abhängig und kann ebenfalls über Kalibrierverfahren zur pH-Bestimmung verwendet werden.

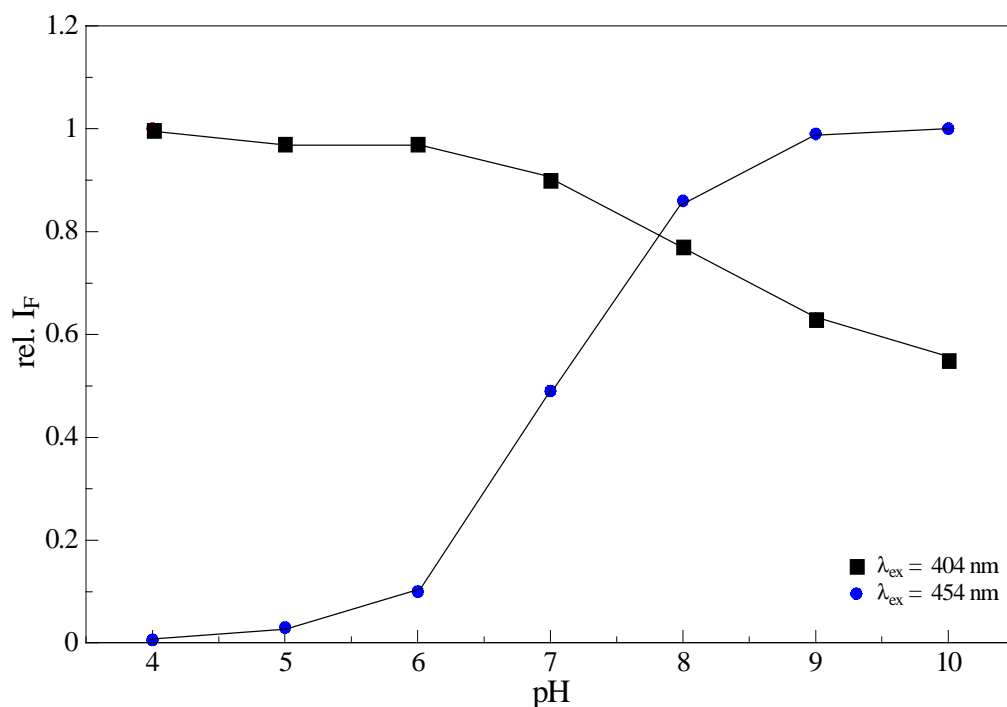


Abb. 1 Optische Bestimmung des pH-Werts

Literatur

KUMKE, M. U.; LÖHMANNSRÖBEN, H.-G.; ROCH, T. (1995): „Fluorescence Spectroscopy of Polynuclear Aromatic Compounds in Environmental Monitoring“, *Journal of Fluorescence*, Vol. 5, No. 2, 139 - 153

LÖHMANNSRÖBEN, H.-G.; KUMKE, M. U.; MEYER, T.; ROCH, T.; ZIMMERMANN, U. (1995): "Laser-Induced Fluorescence Spectroscopy of Polynuclear Aromatic Compounds and Model Oils in Humic Acid- and Soil-Containing Compartments" *Field Screening Methods for Hazardous Wastes and Toxic Chemicals*, Proc. AWMA, Vol. VIP-47, 825 - 836 (1995). 2172

KRETSCHMANN, S.; LÖHMANNSRÖBEN, H.-G.; MEYER, T. (1996): "Aqueous Ozonation of 3,9-Perylenedicarboxylic Acid (PDA) in the Presence of Humic Substances and Soil Investigated with LIF-Spectroscopy" *Polycyclic Aromatic Compounds* 9, 357 - 363

SHIRSHOVA, L. T.; KHOMUTOVA, T. E.; LÖHMANNSRÖBEN, H.-G.; SKRIVANEK, T.; RICHTER, J.: "The Response of Humic Substances to Soil Percolation" *Proc. 7th Nordic Symposium on Humic Substances in Soil and Water*, D. O. Andersen, G. Becher (Eds.), Agder College 1999, 77 – 79, ISBN 82-7117-384-7 (extended abstract)

ILLENSEER, C.; LÖHMANNSRÖBEN, H.-G.; SKRIVANEK, T.; ZIMMERMANN, U. (1999): "Laser spectroscopy of humic substances" in: *Understanding Humic Substances. Advanced Methods, Properties and Applications*, E. H. Ghabbour, G. Davies (Eds.), Royal Society of Chemistry, 129 – 145

ZIMMERMANN, U.; SKRIVANEK, T.; LÖHMANNSRÖBEN, H.-G. (1999): „Fluorescence quenching of polycyclic aromatic compounds by humic substances: 1. Methodology for the determination of sorption coefficients“ *J. Environ. Monit.*, 1, 525 – 532

Anschrift der Autoren

Prof. Dr. Hans-Gerd Löhmannsröben
Theo Hengstermann
Dr. Matthias Lemke
Lars Schober
Rainer Schultze
Universität Potsdam
Institut für Physikalische und Theoretische Chemie
Professur für Physikalische Chemie
Karl-Liebknecht-Str. 24 - 25
14469 Potsdam

Untersuchung von organischer Bodensubstanz und Bodengasen mit laser-spektroskopischer in-situ Meßtechnik

H.-G. Löhmannsröben, F. Schael, O. Reich, M. Lemke, L. Schober

Zusammenfassung

Im Projekt werden natürliche organische Bodenbestandteile (Humus) charakterisiert und in Hinblick auf ihre Rolle bei der CO₂-Bilanz untersucht. Die Untersuchungen werden in einem Modellsystem (Bodenkammer) mittels eines *in-situ* Lasermeßsystems (Humus/Bodengas-Monitor) durchgeführt. Das Verbundprojekt soll Hinweise liefern, welche Regulationsmechanismen Böden in Hinblick auf die anthropogen bedingte Erhöhung der atmosphärischen CO₂-Konzentration aufweisen.

Summary

In the course of the project natural organic soil constituents (humics) are characterized. The investigations focusses on the role of humic substances in the formation and deposition of carbon dioxide (CO₂ balance). Research is conducted with the help of a soil containing model system and an *in-situ* laser-based monitoring system for humic substances and soil gases.

Projektbeschreibung

Die organische Bodensubstanz und der CO₂-Austausch zwischen Boden und Atmosphäre sind von großer Bedeutung für den lokalen und den globalen Kohlenstoffhaushalt. Die natürlichen organischen Bodenbestandteile (Humus) spielen bei der CO₂-Bilanz eine wichtige Rolle, so daß die Mechanismen der Humus-Stabilisierung und damit verbundene Regulationsmechanismen relevant sind insbesondere in Hinblick auf die anthropogen bedingte erhöhte atmosphärische Kohlendioxidkonzentration und die Reaktion der Böden auf diese Veränderungen. Im Verbundprojekt wird die Humus-Fraktion in Böden charakterisiert und quantitativ bestimmt. Bodengaskonzentrationen und -flüsse werden empfindlich und in Hinblick auf mikrobiologische Aktivitäten möglichst isotopenselektiv analysiert. Des weiteren werden zusätzlich Parameter wie Wassergehalt, Temperatur, pH-Wert der Böden ermittelt.

Im Vorhaben werden seitens der AG Löhmannsröben vorrangig drei Ziele verfolgt. Erstens wird eine Bodenkammer zur Untersuchung von Böden aufgebaut und in Betrieb genommen. Die Kammer wird zweitens mit einem laserspektroskopischen Meßsystem versehen (Humus/Bodengas-Monitor), wobei *in-situ* Meßtechniken (u.a. Laser-induzierte Fluoreszenz (LIF) Spektroskopie, Diodenlaserspektroskopie für Absorptions- und Remissionsmessungen) zum Einsatz kommen, um das Verhalten der Böden störungsfrei untersuchen zu können.

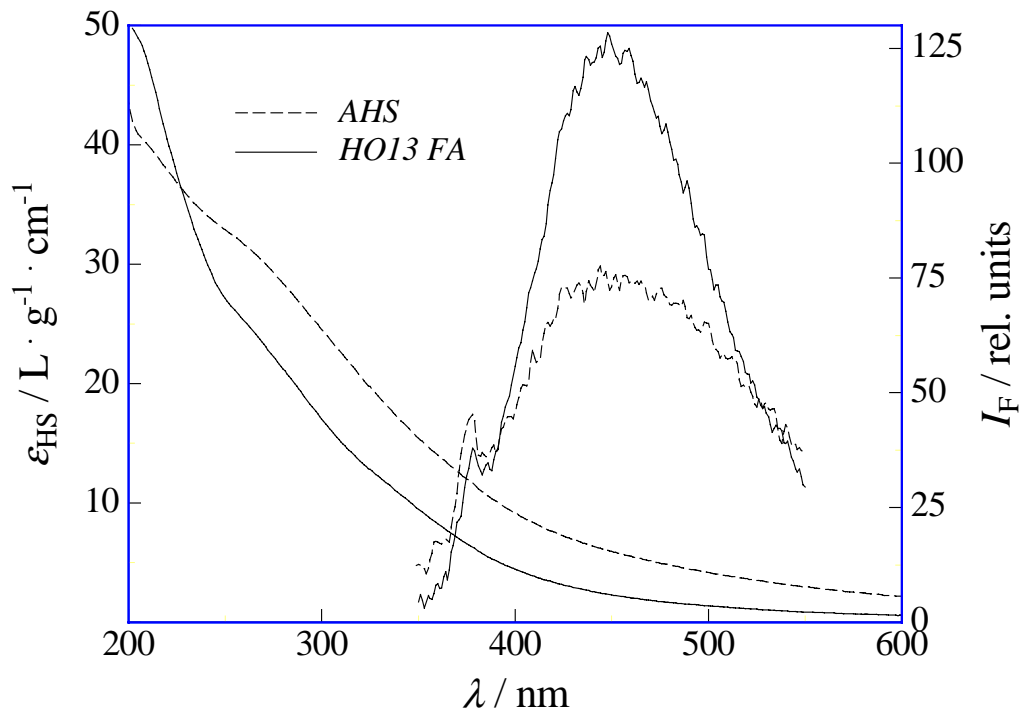


Abb. 1 Absorptions- und fluoreszenzspektroskopische Charakterisierung von Huminstoffen

Schließlich werden drittens im Rahmen interdisziplinärer Kooperationen Bodenproben untersucht, die z.B. aus Freilandexperimenten mit erhöhten atmosphärischen CO₂-Konzentrationen stammen (Projekt FACE, free carbon dioxide enrichment)

Literatur

ILLENSEER, C.; LÖHMANNSRÖBEN, H.-G.; SKRIVANEK, T.; ZIMMERMANN, U. (1999): "Laser spectroscopy of humic substances" in: Understanding Humic Substances. Advanced Methods, Properties and Applications, E. H. Ghabbour, G. Davies (Eds.), Royal Society of Chemistry, 129 – 145

ZIMMERMANN, U.; SKRIVANEK, T.; LÖHMANNSRÖBEN, H.-G. (1999): „Fluorescence quenching of polycyclic aromatic compounds by humic substances: 1. Methodology for the determination of sorption coefficients“ J. Environ. Monit., 1, 525 – 532

SCHAEEL, F.; REICH, O.; LÖHMANNSRÖBEN, H.-G. (1999): "Near infrared diode laser spectroscopy of organic compounds in turbid aqueous solution" J. Near Infrared Spectrosc., submitted for publication

Anschrift der Autoren

Prof. Dr. Hans-Gerd Löhmannsröben
 Dr. Frank Schael
 Oliver Reich
 Dr. Matthias Lemke
 Lars Schober
 Universität Potsdam
 Institut für Physikalische und Theoretische Chemie
 Professur für Physikalische Chemie
 Karl-Liebknecht-Str. 24 - 25
 14469 Potsdam

Automatisierung der Leckageerkennung an Deponieoberflächenabdichtungen

E. Lück, M. Eisenreich, U. Spangenberg, M. Schütte

Zusammenfassung

Zur Kontrolle von Deponieoberflächenabdichtungen mit eingebauter Kunststoffolie werden zum Teil Überwachungssysteme eingesetzt, die auf gleichstromgeoelektrischen Methoden beruhen. Die um Größenordnung unterschiedlichen Leitfähigkeiten der Kunststoffbahnen gegenüber den Erd- und Müllschichten führen dazu, daß Leckagen innerhalb des Kunststoffes erkannt und geortet werden können. Allerdings ist die elektrische Leitfähigkeit von Böden keine Materialkonstante, sondern variiert in Abhängigkeit von den Witterungsbedingungen. Zeitlich variable Bodenfeuchte und Variationen in der Bodentemperatur führen zu Änderungen in der elektrischen Leitfähigkeit und damit zu zeitlich veränderlichen Abbildern entsprechender Leckagen.

In dem an der Universität Potsdam gemeinsam mit der Firma PROGEO Monitoring begonnenen Forschungsvorhaben sollen diese Zusammenhänge detailliert untersucht werden.

Auf einer bereits abgedeckten Deponie (Deponie Kleinmachnow bei Potsdam) sind elektrische Widerstandsmessungen, Wassergehaltsbestimmungen und Temperaturmessungen vorgesehen, die die Korrelationen zwischen den elektrischen und hydrologischen Größen liefern. Mit Hilfe entsprechender Software werden Szenarien erstellt, die für verschiedene Deponieaufbauten das Abbild der Leckagen modellieren.

Das Projekt wird finanziert durch die Stiftung Industrieforschung.

Summary

Waste deposits which are sealed at the surface can be controlled by geophysical methods. Especially geoelectrical measurements are often used. The great differences in the electrical conductivities between plastics and soil are useful to detect and locate a leakage within the synthetics. Nevertheless the electrical conductivity of soil is not constant but depends on water content and Temperature. The temporal variation of soil Moisture and Temperature leads to different images of a leakage.

The University of Potsdam started together with PROGEO Monitoring GmbH a project to investigate these correlation in detail. At a covered deposit (Kleinmachnow near Potsdam) electrical measurements are planed. Additional hydrological investigations and measurements of soil Temperature should be carried out. With help of special software we want to model several situations concerning the image of different leakage.

This project is supported by the Stiftung Industrieforschung.

Projektbeschreibung

Nach groben Schätzungen des Bundesumweltamtes gibt es in Deutschland momentan ca. 80.000 alte Deponieflächen, von denen schätzungsweise 10% zu sanieren sind. Es wird davon ausgegangen, daß zusätzlich ca. 80.000 Altlastenflächen existieren. Genauere Zahlen existieren im Moment nicht.

Altlasten werden häufig durch Abdeckungs- bzw. Abdichtungssysteme gesichert. TA Abfall (TA - Technische Anleitung) und TA Siedlungsabfall fordern eine äußerst teure Kombinationsabdichtung, bestehend aus mineralischen Schichten und Kunststoffdichtungsbahnen. Die TA räumen allerdings auch die Möglichkeit einer gleichwertigen Abdichtung ein. Eine Vielzahl von Systemen (einfache Bodenabdeckungen, Oberflächenversiegelung, mehrschichtige Abdecksysteme mit einer Dichtung, Mehrschichtsysteme mit Verbunddichtungsbahnen) sind auf dem Markt (Melchior, 1995). Abb. 1 zeigt schematisch den Schnitt durch Deponieoberflächenabdichtungssysteme.

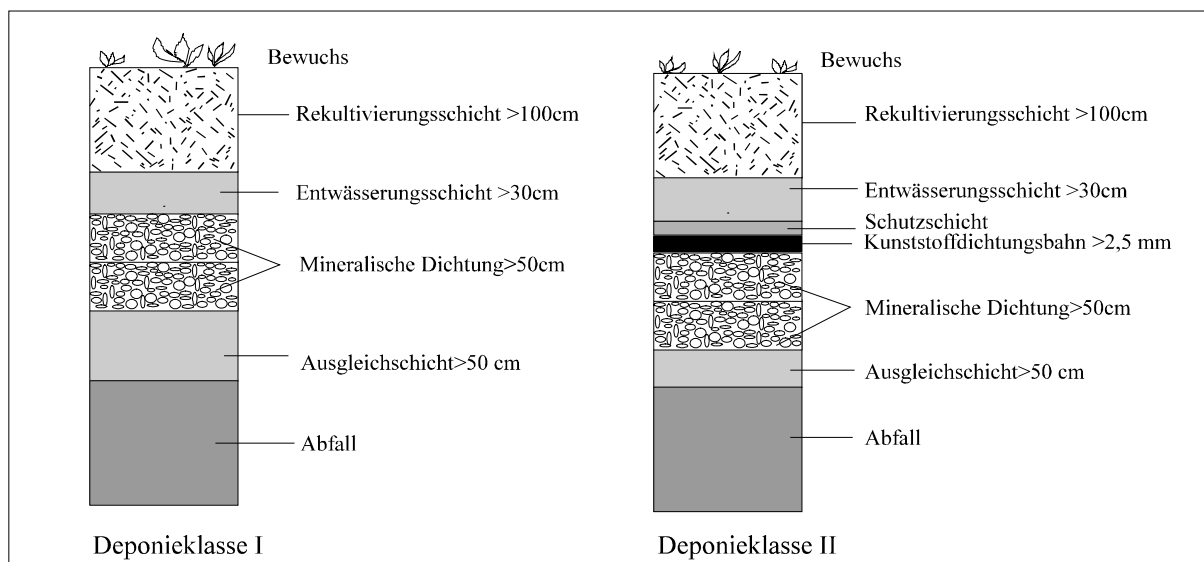


Abb. 1 Deponieoberflächenabdichtungssysteme (umgezeichnet nach TA Siedlungsabfall)

Deponien bedürfen der Nachsorge. Gefordert werden regelmäßige Kontrollen der Funktionalität der Oberflächenabdichtungssysteme. Die TA Abfall fordert: "Das Deponieoberflächenabdichtungssystem ist so auszuführen, daß Undichtigkeiten für die Dauer der Nachsorgephase lokalisiert und repariert werden können". Als Deponieüberwachungssysteme sind unmittelbare und mittelbare Überwachungen denkbar. Die flächige Verlegung von entsprechenden Kontrollsensoren ist einer Überwachung mit punktuell angelegten Pegeln oder zusätzlich eingebrachte Drainschichten vorzuziehen, da eine sofortige Erkennung der Leckagen möglich ist und die Ortung der Fehlstellen schnell und in Abhängigkeit von der Dichte der Sensoren punktgenau erfolgen kann. Zur Überwachung von Deponieabdichtungen sind in den letzten Jahren mehrere Systeme entwickelt worden bzw. noch in der Entwicklung, die alle gemeinsam die Änderung physikalischer Parameter auswerten. Die von PROGEO (H. Hahn und A. Rödel, 1995), ORPHEUS (Kuchenbrod, 1997) und SENSOR (Nosko, 1998) entwickelten Systeme basieren auf der Änderung der elektrischen Widerstände. Andere Verfahren werten die Dielektrizitätszahlen bzw. die Ausbreitungsgeschwindigkeiten elektromagnetischer Wellen (Brandelik, 1998) oder die Temperaturänderungen (Hurtig, 1994) aus.

Abb. 2 zeigt schematisch den Aufbau des von PROGEO entwickelten Leckageerkennungssystems, welches auf gleichstromgeoelektrischen Messungen beruht. Es werden unterhalb und oberhalb der

Kunststoffdichtungsbahn spezielle Elektrodenarrays verlegt. Eine Steuerelektronik erlaubt es, verschiedene Elektroden miteinander zu kombinieren und die jeweiligen Widerstandsmessungen durchzuführen. Die Leckortung erfolgt, indem jede einzelne obere Elektrode mit jeder einzelnen unteren Elektrode verknüpft wird und die Widerstandswerte ermittelt werden.

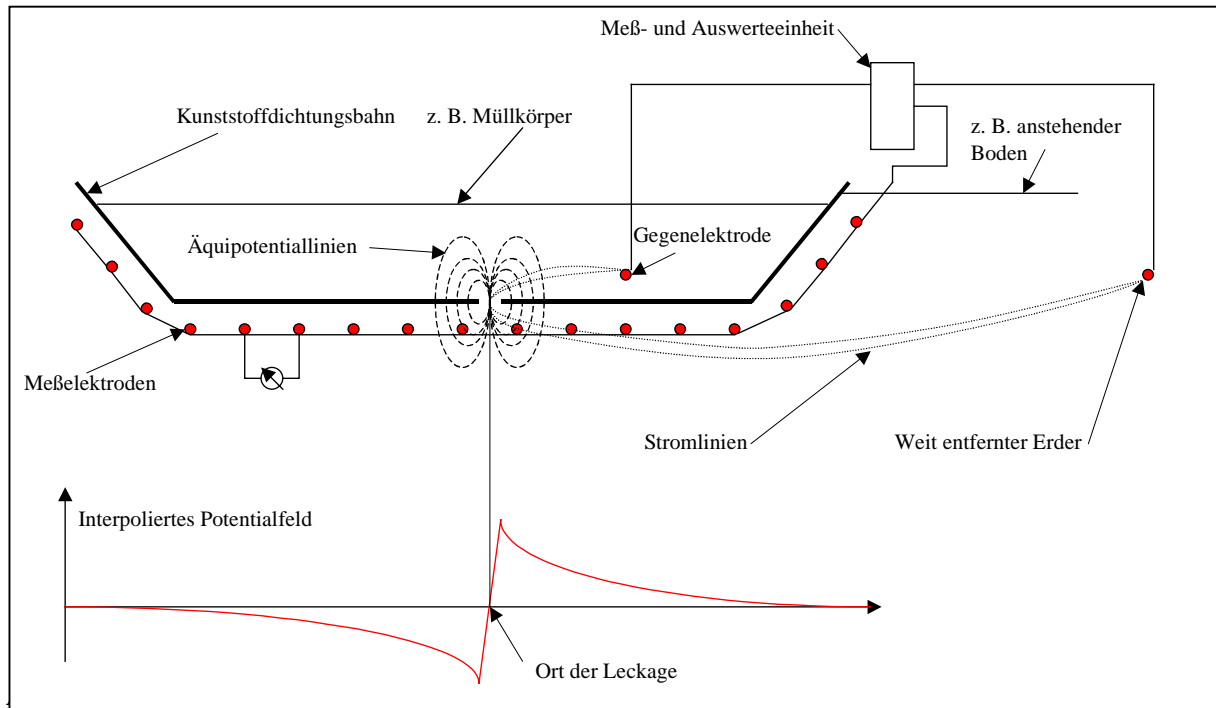


Abb. 2 Schematischer Aufbau eines Leckageerkennungssystems (umgezeichnet nach GEOLOGGER SYSTEMS, 1999)

Mit hoher Zuverlässigkeit können Leckagen durch Auswertung der aufgezeichneten Zeitreihen qualitativ erkannt werden. Es ist aber noch weitgehend unklar, welche Korrelationen quantitativ zwischen Leckageanzeige und Art und Ausmaß der Leckage bestehen. Beschädigungen der Abdichtung können nur dann erkannt werden, wenn aufgrund von Durchfeuchtungen signifikante Änderungen der physikalischen Parameter auftreten. Beschädigungen an der Kunststoffdichtungsbahn lassen sich somit nur bei ausreichender Feuchte an der Schadstelle erkennen. Die Feuchteverhältnisse sind von einer Reihe von Randbedingungen abhängig. Faktoren wie Mächtigkeit und Zusammensetzung der Rekultivierungsschicht, Geometrie der abgedeckten Altlast, Wasserhaushalt der Oberflächenabdichtung, Vegetation und Klima beeinflussen die gemessenen Größen, die zur Leckagedetektion ausgewertet werden. Die Kenntnisse vom Wasserhaushalt und Korrelation zwischen diesem und den elektrischen Kenngrößen sind unumgängliche Voraussetzungen für quantitative Aussagen.

Durch die Arbeiten auf der Deponie in Kleinmachnow sollen Korrelationsanalysen zwischen den geoelektrischen Meßgrößen einerseits und den hydrologischen Kennwerten andererseits ermöglicht werden. Entlang einer Trasse werden zeitgleich sowohl gleichstromgeoelektrische Untersuchungen durchgeführt als auch Wassergehalts- und Temperaturmessungen vorgenommen. Für einen sandigen, gewachsenen Boden im Land Brandenburg ist dies von uns bereits schon einmal realisiert worden.

Abb. 3 zeigt den Zusammenhang zwischen den gemessenen elektrischen Widerständen und den jeweiligen Bodenfeuchtwerten. Letztendlich ist der hier abgebildete funktionale Zusammenhang zwischen der Feuchte und dem elektrischen Widerstand auch die physikalische Grundlage für die auf Gleichstromgeoelektrik basierenden Überwachungsmethoden von Deponien.

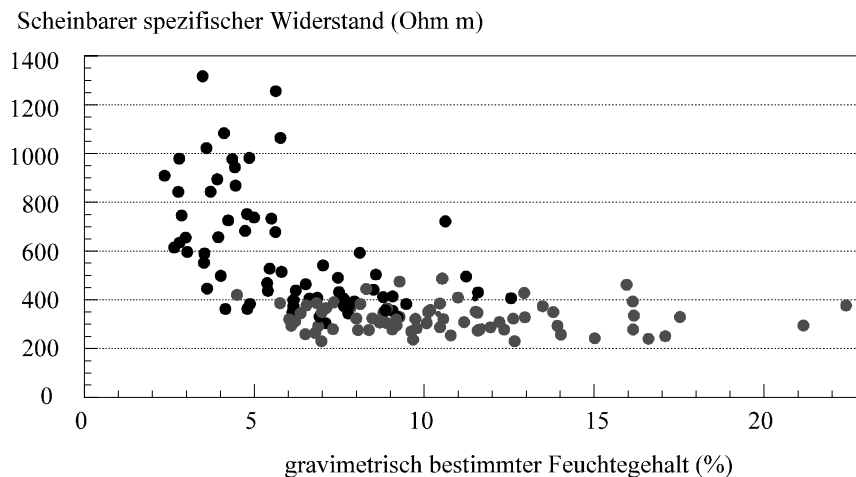


Abb. 3 Zusammenhang zwischen elektrischem Widerstand und gravimetrisch bestimmter Bodenfeuchte

Auf Grund der zahlreichen Faktoren, die die elektrischen Meßgrößen beeinflussen, sind die Verhältnisse sehr komplex und variieren von Deponie zu Deponie. Die verschiedenen Einflußfaktoren bewirken unterschiedliche Abbilder der Lecks. Über Modellrechnungen und statistische Auswertungen sollen die Ergebnisse verallgemeinert werden bzw. Algorithmen entwickelt werden, die die Anpassung an die jeweiligen konkreten Standortbedingungen erlauben. Modellierungen sollen den Einfluß unterschiedlicher Schichtaufbauten und der Geometrie der Systeme sowie den Klima- und Vegetationseinfluß simulieren. Über Modellrechnungen soll z.B. die Frage beantwortet werden, unter welchen Bedingungen eine Leckageerkennung möglich ist und wie groß der Schaden sein muß, der erkannt werden kann. Diese Modellierungsergebnisse münden in Algorithmen zur Bewertung unterschiedlicher Deponien und Altlasten und zur Anpassung der Erkennungsroutinen an die jeweiligen Standortbedingungen. In allen früheren Arbeiten ist immer wieder betont worden, daß eine wesentliche Fehlerquelle für die Modellierungen darin zu suchen ist, daß zu wenig Meßwerte aus dem Gelände vorliegen. Deshalb ist in dem Projekt die Kombination von Felduntersuchungen und Modellierung vorgesehen.

Die geplanten Untersuchungen - insbesondere die Feldexperimente - können nicht losgelöst von Praxisbetrieben erfolgen. Sie werden gemeinsam mit der Firma PROGEO durchgeführt, die derartige Überwachungssysteme schon lange anbietet.

Literatur

BRANDELIK, A. (1998): Dichtungskontrollsystem *TAUPE* - Abschlußbericht zum Forschungsprojekt

GEOLOGGER SYSTEMS (1998): Systemlösungen für den vorbeugenden Gewässerschutz. Leckmeldeanlagen für Großflächenabdichtungen. Firmenprospekt

HAHN, H.; RÖDEL, A. (1995): Entwicklung eines Verfahrens zur Leckdetektion und -ortung an Deponieabdichtungen. In: H. AUGUST, U. HOLZLÖHNER, T. MEGGYES: Optimierung von Deponieabdichtungssystemen, Teilprojekt 61, BMBF-Verbundforschungsvorhaben 'Weiterentwicklung von Deponieabdichtungssystemen

KUCHENBROD, W. (1997): Long time experiences with extensive high resolution geomagnetic and geoelectric mappings of former waste disposals and industrial sites, in: Field Screening Europe, Hrsg. J. Gottlieb, Kluwer Academic Publishers, S. 117 - 120

LÜCK, E., EISENREICH, M., DOMSCH, H., BLUMENSTEIN, O. (2000): Geophysik für Landwirtschaft und Bodenkunde. Hrsg. von der Arbeitsgruppe Stoffdynamik in Geosystemen im Umweltzentrum der Universität Potsdam durch O. BLUMENSTEIN und H. SCHACHTZABEL

MELCHIOR, S. (1995): Systeme zur Oberflächenabdichtung von Deponien und Altlasten. Mitt. Dt. Bodenkundliche Gesellschaft 76, S. 1337 – 1340

NOSKO, V., F-OIRY (1998): SENSOR DDS technology - modern and high effective way of testing integrity of geomembranes, 14. Fachtagung: Die sichere Deponie, 26./27. Februar 1998, Weiterbildungs- und Technologie-Forum Würzburg, pp. 11

TA Abfall, Teil 1 (1991): Technische Anleitung zur Lagerung, chemisch/physikalischen, biologischen Behandlung, Verbrennung und Ablagerung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen vom 12.03.1991. Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

TA Siedlungsabfall (1993): Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen, vom 14.05.1993. Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Anschriften der Autoren

Erika Lück
Manfred Eisenreich
Ute Spangenberg
Universität Potsdam
Institut für Geowissenschaften
PF: 60 15 53
14415 Potsdam

Marc Schütte
GEOLOGGER SYSTEMS GmbH
GVZ
Hauptstraße 2
14979 Großbeeren

Einführung geophysikalischer Meßverfahren zur Ermittlung von Bodenkennwerten für die teilflächenspezifische Bewirtschaftung in der KSG Agrargesellschaft mbH Kassow

E. Lück, M. Eisenreich, H. Domsch

Zusammenfassung

Durch die teilflächenspezifische Landwirtschaft sollen sowohl ökonomische als auch ökologische Effekte erzielt werden. Optimierte Aussaat, bedarfsgerechte Düngung und variable Herbizidausbringung reduzieren die Aufwandsmenge und die Grundwasserbelastung. Eine wesentliche Voraussetzung für eine teilflächenspezifische Bewirtschaftung ist die Kenntnis der Heterogenität der Felder und Schläge. Die Variabilität innerhalb eines Schlages ist aus der normalen Perspektive in den meisten Fällen nicht sichtbar. Momentan werden Ertragskarten, Daten der Reichsbodenschätzung, Luftbilder, Geländemodelle und punktuelle Bodenanalysen zur Flächendifferenzierung herangezogen. Auf der Suche nach effektiven und zuverlässigen Methoden zur Erfassung der Heterogenitäten werden in jüngster Zeit auch geophysikalische Verfahren getestet. Insbesondere die Kartierung der elektrischen Leitfähigkeit der Böden kann eine wesentliche Informationsebene liefern. Zwischen der elektrischen Leitfähigkeit und der Bodentextur bestehen enge Zusammenhänge. Die Textur wiederum hat einen wesentlichen Einfluß auf weitere landwirtschaftlich relevante Größen. Momentan wird die Geophysik in der Landwirtschaft noch nicht routinemäßig eingesetzt. In dem Pilotbetrieb - KSG Agrar GmbH Kassow in Nord-Ost-Deutschland - wird die Methode der elektromagnetischen Leitfähigkeitskartierung unter Praxisbedingungen getestet.

Das Projekt wird finanziert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt und das Hochschulonderprogramm HSP III.

Summary

The site specific agriculture allows a cost reduction and also the protection of the environment. Different processes can be done in dependence on the particular variation of soil conditions. The success depends mainly on the knowledge about the spatial heterogeneity of the field. Different methods are used to divide large fields into sub areas with nearly the same soil conditions. Yield maps, earlier soil valuations, air photographs, topography models and soil samples could be taken account. At the moment geophysical methods are also under consideration. Especially maps of the soil conductivity could be helpful. Yield potency within one field depends mainly on the soil texture, the topography and the soil Moisture. There is a good correlation between the soil conductivity and the soil texture. The method of the electromagnetic mapping is tested now in the company KSG Agrar GmbH Kassow in the Northern Germany under field conditions.

This project is supported by the 'Deutsche Bundesstiftung Umwelt' and the 'Hochschulsonderprogramm HSP III.

Projektbeschreibung

Die Entwicklung der satellitengestützten Orientierung im Gelände (GPS, global position system), die technischen Möglichkeiten der schnellen Verarbeitung großer Datenmengen und die computergestützte Maschinensteuerung haben in der Landwirtschaft die Perspektive eröffnet, landwirtschaftliche Maßnahmen differenziert in der Fläche anzuwenden. Luftbilder und Ertragskartierungen zeigen, daß das Pflanzenwachstum innerhalb eines Schrages oftmals sehr unterschiedlich ist. Ertragsdifferenzierungen sind wesentlich abhängig von den Heterogenitäten der Böden, der Geländetopographie und der Bodenfeuchteverteilung.

Die Reaktion auf die Ungleichförmigkeit des Bodens durch den Landwirt ist die teilflächenspezifische Bewirtschaftung, bei der Arbeitsgänge wie Aussaat, Düngung und Pflanzenschutz den Erfordernissen des jeweiligen Standortes weitgehend angepaßt und innerhalb eines Schrages die Betriebsmittel in Menge und ggf. Zusammensetzung entsprechend variiert werden.

Erst das Wissen über die räumliche Verteilung der interessierenden Größen ermöglicht die Einführung einer teilflächenspezifischen Bewirtschaftung. Wissenschaftler, Landwirte, Agrar-Berater, Ökologen und Agrarökonomien stellen in gleichem Maße die Frage nach den Steuergrößen für eine standortangepaßte Bewirtschaftung. Während die landwirtschaftliche Technik vorhanden ist, stellt die großflächige und repräsentative Erfassung der Schrageigenschaften die Hauptschwierigkeit dar. Zur Zeit werden als wichtigste Grundlagen für eine Flächendifferenzierung die Reichsbodenschätzung, Luftbilder und Ertragskarten, Geländemodelle sowie punktuell gewonnene Bodenanalysen verwendet. Jeder dieser Datensätze liefert eine Informationsebene zur Beschreibung der räumlichen Heterogenitäten der Felder. Dennoch ist das Problem der Heterogenitätserfassung noch nicht hinreichend gelöst.

An dieser Stelle kann die Geophysik einen wichtigen Beitrag leisten. Geophysikalische Methoden bieten die Möglichkeit, große Flächen engmaschig und vergleichsweise schnell zu kartieren. Dadurch kann eine zusätzliche Informationsebene zur Präzisierung der Applikationsdateien gewonnen werden. Insbesondere die Größe der elektrischen Leitfähigkeit des Bodens korreliert eng mit den landwirtschaftlich interessierenden Größen wie Textur, Bodenfeuchte und Gehalt an organischer Bodensubstanz. Im Rahmen des Projektes "Geophysikalische Kennwerte zur Kennzeichnung landwirtschaftlicher Flächen für die teilflächenspezifische Bewirtschaftung" wurde an der Universität Potsdam gemeinsam mit dem ATB untersucht, welche Möglichkeiten geophysikalische Verfahren bieten, um dem Landwirt großflächige Kartierungen zur Verfügung stellen zu können.

Die von 1997 bis 1999 innerhalb dieses Projektes durchgeführten umfangreichen Studien haben bewiesen, daß geophysikalische Kartierungen der elektrischen Leitfähigkeit des Bodens eine sehr wertvolle Ergänzung zur Charakterisierung der Bodeneigenschaften liefern können (LÜCK u.a., 2000). Es hat sich gezeigt, daß geophysikalische Kartierungen als Zwischenglied zwischen der großmaßstäbigen Datenaufnahme aus der Luft und der punktuellen Beprobung einen wertvollen Beitrag darstellen. Es wurden Testfelder sowohl auf sandigen als auch auf lehmigen Böden untersucht, um die Ergebnisse verallgemeinern zu können. Nachgewiesen werden konnte ein sehr enger Zusammenhang zwischen der elektrischen Leitfähigkeit einerseits und Textur und Wassergehalt andererseits (vgl. Abb. 1).

Da verschiedene Ursachen für die physikalische Differenzierung verantwortlich sein können, sind gezielte Probenahmen notwendig. Während ohne geophysikalische Kartierungsmethoden enge Proberaster und Laboruntersuchungen notwendig sind, kann man durch eine Kopplung beider Methoden die Zahl der Proben erheblich reduzieren.

Für die Erstellung der Leitfähigkeitskarten werden die Schläge abgefahren und in gleichmäßigen Zeitintervallen Leitfähigkeitswerte ermittelt. Die räumliche Dichte der Meßwerte hängt von dem Abstand der Fahrspuren (Abb. 2, links), der Fahrgeschwindigkeit und dem gewählten Zeittakt der

Messungen innerhalb der Fahrspuren ab. Bei einer Geschwindigkeit von 15 km/h und einer Abtastrate von 1 s erhält man einen mittleren Meßpunktabstand von etwa 4 m in den Fahrspuren. Die Ortskoordinate wird zeitgleich über DGPS ermittelt und aufgezeichnet.

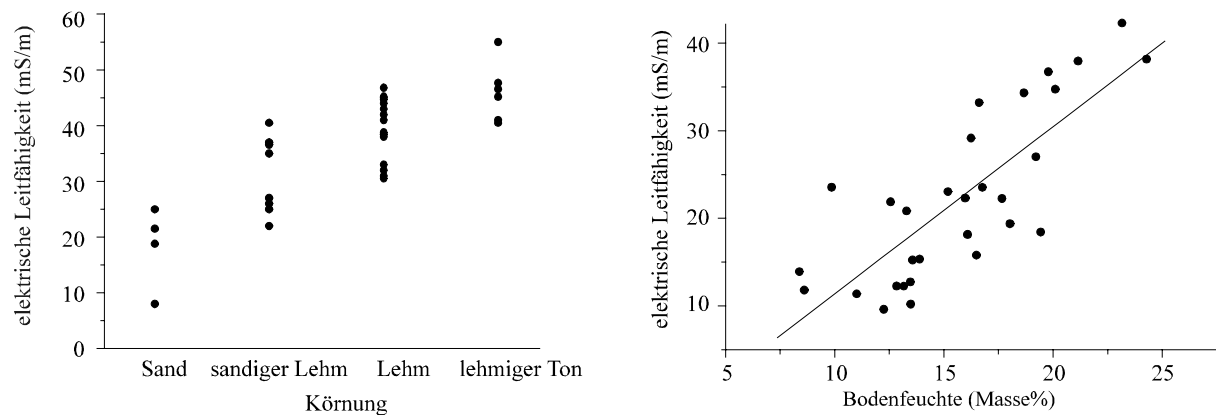


Abb. 1 Zusammenhang zwischen der elektrischen Leitfähigkeit und der Bodenart (links) und der elektrischen Leitfähigkeit und der Bodenfeuchte (rechts) für einen lehmigen Standort

Leitfähigkeitskartierungen bilden deutlich flächenhafte Änderungen der Bodentextur ab. Abb. 2 zeigt im rechten Teil ein Beispiel einer elektromagnetisch kartierten Leitfähigkeitsverteilung für ein Feld in Kassow. Ähnlich wie in den Karten der Reichsbodenschätzung wird bei der elektromagnetischen Kartierung mittels EM-38 (hergestellt von GEONICS) ein Tiefenbereich (hier bis 1.5 m Tiefe) integral erfaßt. Das Feld kann durch einen sandigen Lehmboden charakterisiert werden. Hellere Gebiete mit Leitfähigkeiten kleiner als 7 mS/m bilden sandige Regionen ab. Die Regionen mit Leitfähigkeiten größer als 20 mS/m weisen auf lehmige und/oder torfhaltige Strukturen hin. Die Feldarbeiten wurden gemeinsam mit der Universität Rostock durchgeführt, die über DGPS-Messungen die Georeferenzierung der geophysikalischen Daten ermöglicht hat. Der Einsatz eines hochgenau arbeitenden GPS-Systems gestattete die gleichzeitige Erstellung eines digitalen Geländemodells.

Der Vergleich der Leitfähigkeitskarte und der topographischen Informationen führt zu einem besseren Verständnis der Leitfähigkeitsunterschiede innerhalb des Schlages. So kann man z.B. zwischen sandigen bzw. lehmigen Kuppen und sandigen bzw. lehmigen Senken unterscheiden.

Auf diesen Untersuchungen aufbauend soll die Leitfähigkeitskartierung in einem landwirtschaftlichen Produktionsbetrieb eingeführt und erprobt werden. Die KSG Kassow (Mecklenburg-Vorpommern) bietet mit ihrem technischen Potential und den bereits gesammelten Erfahrungen zur Teilflächenspezifik einen ausgezeichneten Standort für die geplanten Arbeiten. Für einen definierten Feuchtestatus (Feldkapazität) soll die "Grundinventur" der Flächen durchgeführt werden. Wiederholungskartierungen zu unterschiedlichen Jahreszeiten liefern Aussagen über den aktuellen Wasserhaushalt des Bodens. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse über die räumliche Heterogenität des Bodens sollen in die Praxis umgesetzt werden und in Düngeempfehlungen münden, die den konkreten Standortbedingungen angepaßt sind.

Die KSG Kassow ist außerdem einer der Beispielbetriebe für das vom BMBF geförderte Verbundprojekt "Managementsystem ortsspezifischer Pflanzenbau zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit der Landwirtschaft und zur Förderung ihrer Umweltleistungen" (bekannt unter dem Namen "PREAGRO"), was zu einer engen Kooperation zwischen beiden Projekten führt.

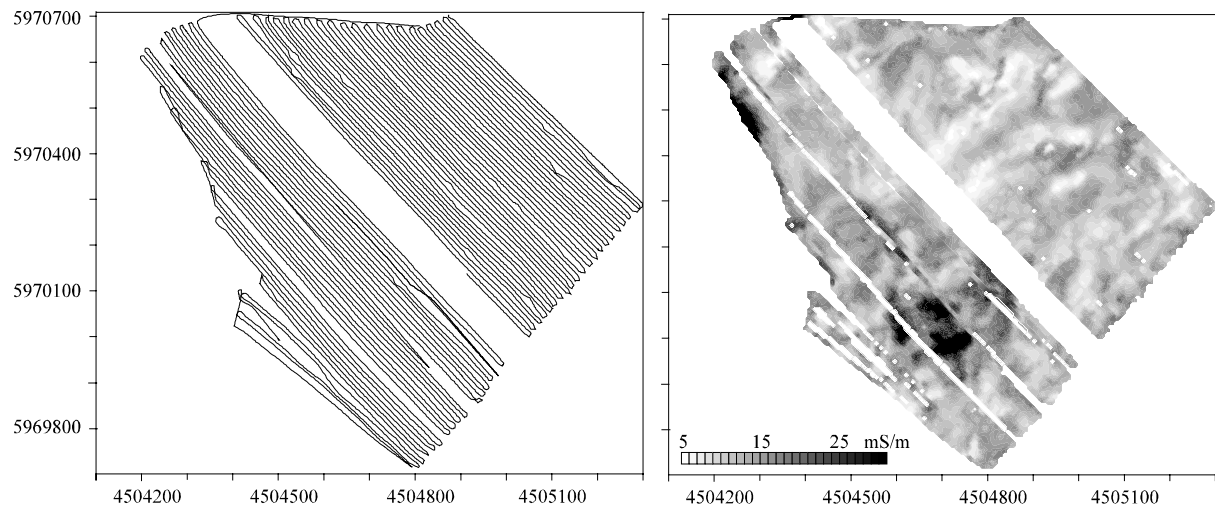


Abb. 2 Elektromagnetische Kartierung für den Schlag 111 in Kassow
 links: Meßraster in Form der Fahrspuren bestimmt über DGPS
 rechts: Karte der elektrischen Leitfähigkeit

Literatur

LÜCK, E.; EISENREICH, M.; DOMSCH, H.; BLUMENSTEIN, O. (2000): Geophysik für Landwirtschaft und Bodenkunde (Hrsg.: Stoffdynamik in Geosystemen, Band 4, ISSN 0949-4731)

Anschriften der Autoren

Erika Lück
 Manfred Eisenreich
 Universität Potsdam
 Institut für Geowissenschaften
 PF 60 15 53
 14415 Potsdam

Horst Domsch
 Institut für Agrartechnik Bornim
 Abteilung Technik im Pflanzenbau
 Max-Eyth-Allee 100
 14469 Potsdam-Bornim

Entwicklung von Labormustern zur Analyse von phosphororganischen Verbindungen und Pestiziden

A. Makower

Zusammenfassung

Es wurde eine neue Methode zur Analyse von reversiblen und irreversiblen Inhibitoren (Carbamate und phosphororganische Verbindungen) der Butyrylcholinesterase entwickelt. Hierbei wird ein Inhibitor an die mit Peroxidase markierte Butyrylcholinesterase (Bienzym) gebunden. Die Abtrennung des nicht umgesetzten Bienzymkonjugates erfolgt an einer Affinitätsmatrix, die mit Paraoxon-Derivat belegt ist. Über die Peroxidaseaktivität des nicht an die Affinitätsmatrix gebundenen Inhibitor-Bienzymkonjugat-Komplexes wird die Inhibitorkonzentration gemessen. Mit diesem universellen Prinzip wurde für die drei reversiblen Inhibitoren, Carbofuran, Carbetamid, Carbaryl eine untere Nachweisgrenze von 10^{-10} - 10^{-11} mol/L (2×10^{-2} - 2×10^{-3} µg/L) erreicht. Für die irreversiblen Inhibitoren, Paraoxon, Diisopropylfluorophosphat, Trichlorphon, erzielten wir eine untere Nachweisgrenze von 10^{-12} mol/L (2×10^{-4} µg/L). Mit dieser Methodik wurden phosphororganische Verbindungen und Carbamate weltweit am empfindlichsten analysiert.

Summary

A new method for the detection of reversible and irreversible inhibitors of butyrylcholinesterase (carbamates and organophosphorus compounds) has been developed. In the first step, the inhibitor is bound to a peroxidase-labelled butyrylcholinesterase (bienzyme). Free bienzyme is separated from inhibitor-bound bienzyme using an affinity matrix, covered with a paraoxon-derivative. The inhibitor-bound bienzyme passes the affinity matrix and is detected by the peroxidase activity. Using this general principle, the lower detection limits for three reversible inhibitors, carbofuran, carbetamid and carbaryl were determined to be 10^{-10} - 10^{-11} mol/L (2×10^{-2} - 2×10^{-3} µg/L). For the irreversible inhibitors, paraoxon, diisopropylfluorophosphate and trichlorphon, the lower detection limit was 10^{-12} mol/L (2×10^{-4} µg/L). This method allows the most sensitive analysis of carbamates and organophosphorus compounds world-wide.

Literatur

MAKOWER, A.; BARMIN, A.; MORZUNOVA, T.; EREMENKO, A.; KUROCHKIN, I.; BIER, F.; SCHELLER, F. W. (1997): Affinity enzymometric assay for detection of organophosphorus compounds. *Anal. Chim. Acta* 357 (1997) 13-20

MAKOWER, A.; BARMIN, A.; SCHELLER, F. W. (2000): Eine neue Methode zur hochempfindlichen Analyse von Pestiziden. *Biospektrum* 2 (2000) 119-121

Anschrift des Autors

Dr. Alexander Makower
Universität Potsdam
Institut für BiochemieBiologie
Karl-Liebknecht-Str. 24 - 25
14476 Golm

Biomolekulare Erkennungssysteme für die Biochemische Analytik

F. W. Scheller

Zusammenfassung

An der Professur für Analytische Biochemie wurden unter anderem die Bindungs-Eigenschaften monoklonaler Antikörper (von Prof. B. Micheel, Professur für Biotechnologie) gegen Diuron und andere Harnstoff-Pestizide charakterisiert. Dazu wurde in erster Linie mit dem Biacore 2000 Gerät gearbeitet, das auf der Grundlage der Oberflächen-Plasmon-Resonanz die direkte Messung der Antikörper-Antigen-Bindung erlaubt. Bindungskonstanten, Assoziations- und Dissoziationsraten sowie die Abhängigkeit der Bindung von der Temperatur und von Lösungsmittelzusätzen wurden bestimmt. Bindungsstudien wurden auch mit synthetischen Peptiden durchgeführt.

Es wurde auch gezeigt, daß in ELISA (Enzymimmunoassays) Antigene in organischen Lösungsmitteln wie Hexan oder Ethanol eingesetzt werden können. Solche Lösungsmittel werden z.B. für die Extraktion von Pestiziden aus Bodenproben verwendet.

In Kooperation mit anderen Arbeitsgruppen werden weiterhin Möglichkeiten untersucht, rekombinante, bispezifische, gentechnisch gezielt veränderte und modifizierte Antikörper für vereinfachte Immuntests einzusetzen. Nachweisverfahren für katalytische Antikörper wurden ausgearbeitet und optimiert.

Summary

Amongst the activities of our group within the INK only those with direct relevance for environmental analysis are described here. Monoclonal antibodies (prepared within the INK from Prof. B. Micheel, Chair of Biotechnologie) against diuron and other phenylurea pesticides were characterized. The binding studies were performed using a Biacore 2000 instrument, which is based on surface plasmon resonance and allows the direct monitoring of binding events, e.g. of antibody binding to immobilized antigen. Binding equilibrium constants, association and dissociation rates as well as the dependence of the binding behaviour on temperature and concentration of organic solvents. Besides, binding of synthetic peptides to the model antigen was studied.

It was also shown that antigens can be presented in pure organic solvents (ethanol, n-hexane) in microtiter plate ELISAs. Such solvents are used for the extraction of various pesticides from soil samples.

Our investigations also include the use of recombinant, bispecific, genetically engineered and modified antibodies for improved immunoassays. Finally, methods for the detection of catalytic antibodies were developed.

Projektbeschreibung

In derzeit 11 Teilprojekten des Innovationskollegs werden sowohl grundlegende als auch angewandte Aspekte der biomolekularen Erkennung mit Relevanz für die biochemische Analytik untersucht.

Ein zentrales Thema ist die Erzeugung verschiedenartiger biologischer Erkennungselemente, die eine Modellverbindung binden und ggf. auch spalten können. Als Erkennungselemente werden Antikörper (nur bindende und katalytische), Peptide (Peptid-Bibliotheken), Nucleinsäuren (Aptamere, Aptazyme) und Peptidnucleinsäuren (PNA) untersucht. Als Modellverbindung wurde ein Phenylharnstoff-Derivat gewählt und synthetisiert, das strukturell eng verwandt ist mit einer Reihe von Phenylharnstoff-Pestiziden und auch selbst ein potentiell Pestizid ist.

Andere Teilprojekte beschäftigen sich z.B. mit der Modifizierung von Sensor-Oberflächen, dem gerichteten Elektronentransport in Modellsystemen oder der Struktur und Stabilität von Antikörpern und Enzymen.

Literatur (Auswahl)

STÖCKLEIN, W. F. M.; WARSINKE, A.; MICHEEL, B.; HÖHNE, W.; WOLLER, J.; KEMPTER, G.; SCHELLER, F. W. (1997): Detection of phenylurea pesticides with biospecific interaction analysis (BIA): Kinetic investigations. NATO-ASI Series 2 Environment, Vol. 38 (D.P. Nikolelis, U.J. Krull, J. Wang and M. Mascini, eds.) Biosensors for direct monitoring of environmental pollutants in field, Kluwer Acad. Publ., Dordrecht 1997, 155 - 162

STÖCKLEIN, W. F. M.; WARSINKE, A.; MICHEEL, B.; KEMPTER, G.; HÖHNE, W.; SCHELLER, F. W. (1998): Diphenylurea hapten sensing with a monoclonal antibody and its Fab fragment: kinetic and thermodynamic investigations. Anal. Chim. Acta 362 (1998) 101 - 111

STÖCKLEIN, W. F. M.; Rohde, M.; Scharte, G.; Behrsing, O.; WARSINKE, A.; MICHEEL, B.; SCHELLER, F. W. (2000): Sensitive detection of triazine and phenylurea pesticides in pure organic solvent by enzyme linked immunosorbent assay (ELISA): stabilities, solubilities and sensitivities . Anal. Chim. Acta 405 (2000) 255 - 265

Anschrift des Autors

Prof. Dr. Frieder W. Scheller
Universität Potsdam
Institut für Biochemie und Biologie
Karl-Liebknecht-Str. 24 - 25
14476 Golm

Biosensor-Stabilität

F. Scheller

Zusammenfassung

Auf verschiedenen Workshops wurden Ergebnisse zur Stabilität von Biosensoren vorgestellt und diskutiert.

Summary

On several workshops results concerning the stability of biosensors were represented and discussed.

Projektbeschreibung

Im Mittelpunkt dieses Projekts stehen vier Workshops, auf denen die Teilnehmer über die Ursachen der Instabilität von Proteinen (Enzymen, Antikörpern) in Biosensoren und Maßnahmen zur Erhöhung der Konformations- und funktionellen Stabilität der Proteine sowie der Lebensdauer von Biosensoren diskutieren und ihre eigenen Ergebnisse präsentieren können. Die Workshops bieten zudem ein Forum zur Vereinigung der Interessen von Forschern aus der Industrie und aus den staatlichen Forschungseinrichtungen. Außerdem wird der Austausch von Wissenschaftlern zwischen den Partnern finanziell gefördert.

Die Schwerpunkte der Workshops sind:

1. Workshop: Protein-Stabilität
2. Workshop: Immobilisierung / Stabilisierung
3. Workshop: Matrix-Effekte
4. Workshop: Mikroumgebung von Biokomponenten und Biokompatibilität

Außerdem fand eine vergleichende Studie zur Immobilisierung und Stabilisierung des Enzyms Lactat-Oxidase statt, an der 12 Gruppen teilnahmen. Die Ergebnisse wurden auf dem 3. Workshop vorgetragen und diskutiert.

Literatur

ICB Münster: Biosensor Stability (gesammelte Beiträge der einzelnen Workshops)

Anschrift des Autors

Prof. Dr. Frieder W. Scheller
Universität Potsdam
Institut für Biochemie und Molekulare Physiologie
Karl-Liebknecht-Str. 24 - 25
14476 Golm

Biosensoren für die direkte vor-Ort Überwachung von Umwelt-Schadstoffen

W. Stöcklein

Zusammenfassung

Auf verschiedenen Workshops wurden Ergebnisse zur Stabilität von Biosensoren vorgestellt und diskutiert.

Summary

On several workshops results concerning the application of biosensors for direct field monitoring of environmental pollutants were represented and discussed.

Projektbeschreibung

Im Mittelpunkt dieses Projekts stehen sechs Workshops, auf denen die Teilnehmer über die Entwicklung neuer preiswerter Biosensoren zur direkten Überwachung oder zum Screening von Schadstoffen in der Umwelt diskutieren und ihre eigenen Ergebnisse präsentieren können. Außerdem wird der Austausch von Wissenschaftlern zwischen den Partnern finanziell gefördert. Damit soll die Zusammenarbeit insbesondere zwischen Partnern der EU- und osteuropäischer Staaten katalysiert und die Anbahnung von Forschungsprojekten erleichtert werden. Darüberhinaus fanden zwei Strategie-Diskussions-Treffen auf der Führungsebene in Athen statt, im Mai 1999 und Mai 2000.

Die Schwerpunkte der sechs Workshops sind:

1. Workshop: *Umwelt-Aspekte der Biosensorik* (u.a. Raumluft-Analytik; Methodik, Strategien)
2. Workshop: *Direkte Transduktion der molekularen Erkennung* (u.a. Probenahme, Sensor-Oberflächen, Erkennungselemente, Immunosensoren, DNA-Sensoren)
3. Workshop: *Biosensoren für vor-Ort-Messungen* (u.a. tragbare Geräte, Automation, kontinuierliche Messung, Einweg-Sensoren, mikrobielle Sensoren)
4. Workshop: *Multidimensionale Sensoren* (u.a. Sensor Arrays, synthetische Rezeptoren, Biosensoren für Schadstoffe in organischen Lösungsmitteln)
5. Workshop: *Labor-Prototypen* (u.a. Mikro-Manufaktur; Evaluierung, Validierung, Massenproduktion)
6. Workshop: *Kommerzialisierung* (u.a. Biosonden, Test Kits, ökonomische Aspekte)

Literatur

NATO-ASI Series 2 Environment, Vol. 38 (D.P. Nikolelis, U.J. Krull, J. Wang and M. Mascini, eds.)
Biosensors for direct monitoring of environmental pollutants in field, Kluwer Acad. Publ., Dordrecht
1997

INCO Copernicus IC15-CT96-0804 Biosensors for direct monitoring of environmental pollutants in
field. Mehrere Newsletters.

Anschrift des Autors

Dr. Wolfgang Stöcklein
Universität Potsdam
Institut für Biochemie und Biologie
Karl-Liebknecht-Str. 24 - 25
14476 Golm

Integrierte Immuno-Extraktions-Probenahme und tragbarer Biosensor-Prototyp für vor-Ort Messungen (Kurztitel: INExSPORT)

U. Wollenberger

Zusammenfassung

Im bisherigen Projektzeitraum sind Antikörper gegen Phenol, 4-Nitrophenol (4-NP) und Trichlorphenol gewonnen worden, mit denen Mikrotiterplatten-ELISA (enzyme linked immunosorbent assays) entwickelt worden sind. Mit diesen konventionellen ELISA Tests sind nun die genannten Phenole in komplexen Medien meßbar. Die Matrixeffekte sind vernachlässigbar gering. In Kombination mit sensitiven Biosensoren zur Quantifizierung der Enzym- bzw. Redoxmarker gelang es bereits, eine Labor-Version eines Immunofließsystems zur Messung von 4-Nitrophenol zu entwickeln (E-FIA). Beispielsweise kann die in homogener Phase ablaufende Bindung des Haptens (4-Nitrophenol) an den Antikörper in Konkurrenz mit β -GAL-Hapten-Konjugat (Tracer) nach einer Trennung in einer Protein G Säule mit einem GDH- oder CDH-Sensor gemessen werden (Abb. 1). Dabei wird entweder die freie oder die gebundene Fraktion des Tracers nach dem Trennschritt bestimmt.

Für einen Einsatz dieser Methode in einem portablen Prototyp war eine Miniaturisierung der Arbeitselektrode und der Fließzelle notwendig. Der erste Schritt in dieser Richtung war die Verwendung einer Dickschicht-Enzymelektrode und einer speziell entwickelten miniaturisierten Fließzelle. Abb. 2 zeigt Kalibrierkurven für 4-NP, die mit einer E-FIA gekoppelt mit einem GDH-Biosensor erhalten wurden, sowohl für die Messung von freier als auch gebundener Tracer-Fraktion. Der Prototyp eines portablen Meßgeräts ist bereits erfolgreich für Phenolmessungen in Abwasserproben bei einem kürzlich durchgeführten Feldtest eingesetzt worden.

Summary

The work so far in INExSPORT has led to that antibodies for phenol, 4-nitrophenol (4-NP) and trichlorophenol. The ELISAs developed are able to perform accurate measurements of these analytes when present in a complex mixture of structurally related compounds. The matrix effect was negligible. An appropriate combination of immunoassays may allow to specifically determine which nitrophenols are present in a sample, independently of if they are alone or in combination with other analytes also recognised by the antibodies.

Two different label-detecting biosensors have been developed, that could be potential candidates as detectors in the biosensor prototype and these have been incorporated as detection units in some of the developed FIAs for 4-NP.

E-FIAs based on the flow principles shown in Fig. 1 were developed for the 4-NP using either a CDH or a GDH biosensor as label detector. Each of the systems was tested in two different configurations, by measuring either the free or the bound tracer fractions after the separation step.

In order to be suitable for a final portable prototype, the miniaturisation of the working electrode and the flow cell was necessary. The first step in this direction was done by coupling the previously developed E-FIA with a GDH biosensor detection, using a thick-film-enzyme modified electrode and a specially designed miniaturised flow cell. Fig. 2 shows calibration graphs for E-FIAs coupled with a GDH-biosensor, both for the measurement of the free and the bound tracer fractions. Potentially the label and biosensor can be exchanged to others, but the protein G or A will be used as the basic format.

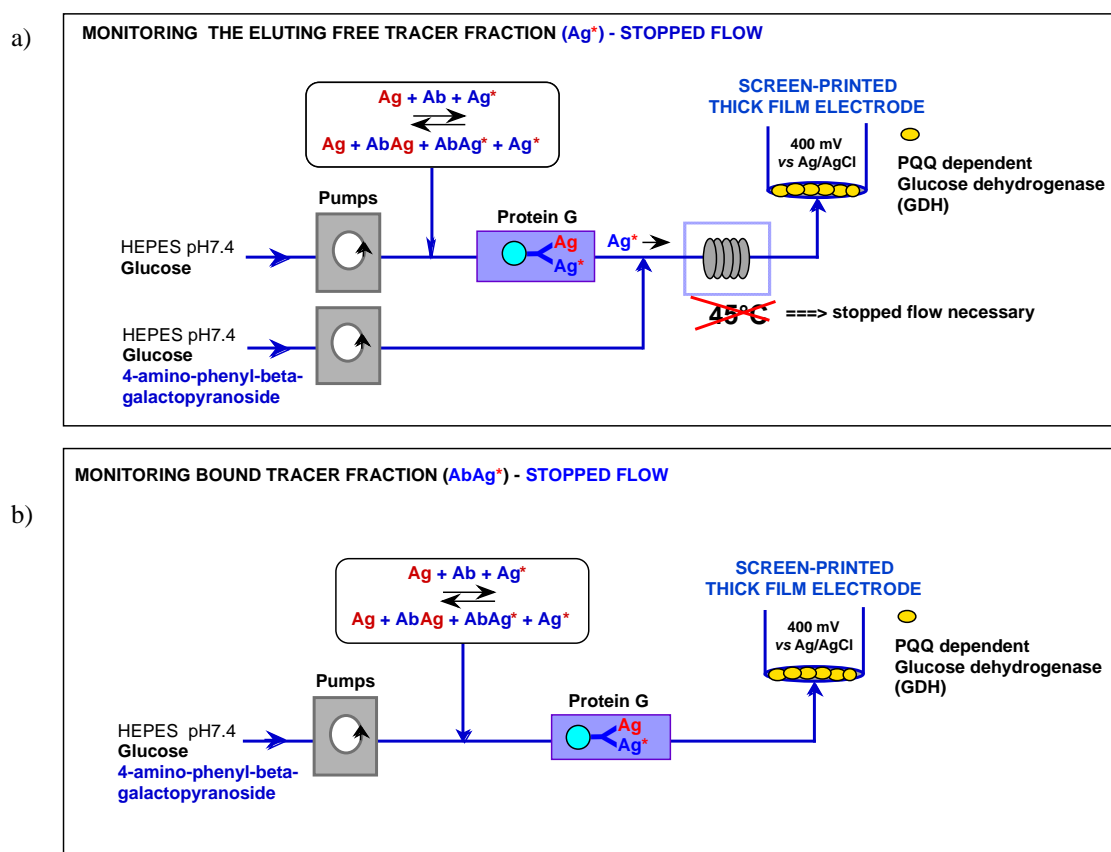


Figure 1 Two different flow principles based on separation with a protein G column for measurement of either bound (Fig. 1b) or free tracer fraction (Fig. 1a), exemplified for a GDH sensor as the label detector.

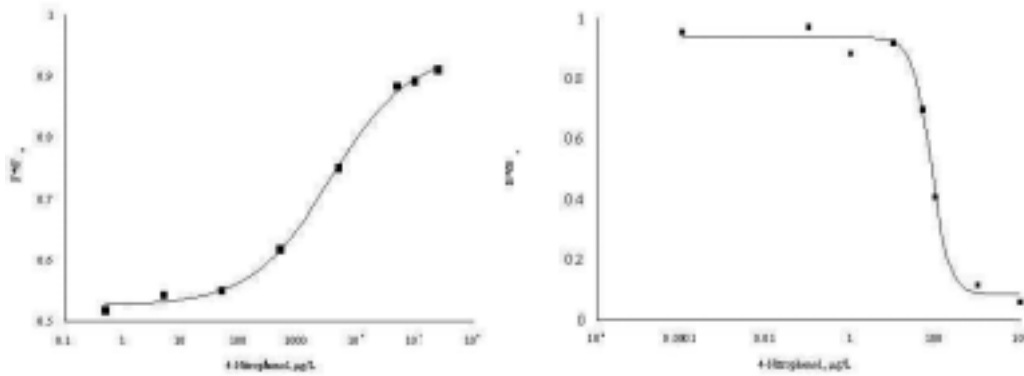


Figure 2: Calibration for 4-NP and main assay parameters in an E-FIA using β -GAL as label and GDH biosensor as label detector. Measurement of free (A) vs. bound fraction (B).

Projektbeschreibung

Ziel ist die Entwicklung eines tragbaren Biosensor-Prototypen zur selektiven vor-Ort-Messung von Detergenzien und deren Metaboliten. Der Biosensor soll on-line mit einer Probenahme-Einheit gekoppelt werden. Vorgesehen ist ein aktiver Austausch und Vergleich mit Ergebnissen, die mit anderen fortgeschrittenen Probenahme- und Messtechniken erzielt wurden, in einem koordinierenden WASTE WATER CLUSTER (WWC).

Der WWC vereinigt fünf europäische Forschungsprojekte innerhalb des Bereichs *Umwelttechnologien*. Das Ziel ist ein besseres Verständnis der Umwandlung, des Verbleibs und der Toxizität einer ausgewählten Gruppe industrieller Schadstoffe, die in die Wasser-Ressourcen eingetragen wurden, unter Zuhilfenahme ergänzender Probenahme- und fortgeschrittener Messtechniken. Die erwarteten Ergebnisse sollten bessere Überwachungs-Daten für die Risikobewertung von Abwässern ermöglichen, und auf lange Sicht zu einer saubereren, gesünderen und nachhaltigen Umwelt für die europäischen Bürger führen.

Phenole, Detergenzien und Metabolite davon (z.B. Phenolderivate) in Oberflächen-, Ab- und Grundwasser stellen ein zunehmendes Umweltproblem in ganz Europa dar. Die meisten der Metabolite sind ebenso wie ihre Toxizität unbekannt aufgrund des Fehlens analytischer Methoden. Es gibt daher einen dringenden Bedarf nach neuen und selektiven Techniken, die die spezifische und empfindliche Bestimmung verschiedener Phenole und Detergenzien erlauben, und zwar sowohl vor-Ort als Frühwarnsystem, als auch im Labor für die Identifizierung neuer Detergens-Metabolite.

Das Projekt konzentriert sich auf die Entwicklung einer immuno-basierenden Probenahme-Vorrichtung auf der Grundlage von „unterstützten Flüssigmembranen“ (supported liquid membranes, SLM), die on-line an einen Biosensor-Prototypen gekoppelt ist. Dieser soll leicht austauschbare biologische Einweg-Einheiten enthalten, unter Einschluß von: 1) Erkennung der Zielsubstanz durch Antikörper schon bei der Probenahme, 2) Trennung von freiem und gebundenem Antikörper bzw. Analyt in kontinuierlichen Immuno-Fließsystemen, und 3) Messung des eluierten Tracers (markierter Analyt) mit einem Enzym-Biosensor. Das Immuno-Fließsystem und der Enzymsensor werden im Biosensor-Prototyp untergebracht sein, welcher in einfacher Weise on-line an die SLM Probenahmevorrichtung zu koppeln sein soll. Der Biosensor-Prototyp wird so konstruiert, daß die Technologie leicht auf andere Gebiete als Phenol- und Detergens-Messung übertragen werden kann.

Literatur

NISTOR, C.; ROSE, A.; MORENO, A.; WOLLENBERGER, U.; EMNÉUS, J.: Enzyme based biosensors as label detectors in competitive flow immunoassays. In Vorbereitung.

NISTOR, C.; EMNÉUS, J. (1998): An enzyme flow immunoassay using alkaline phosphatase as the label and a tyrosinase biosensor as the label detector. *Anal. Commun.* 35 (1998) 417 - 419

ROSE, A.; PFEIFFER, D.; SCHELLER, F. W.; WOLLENBERGER, U.: Enzyme modified thickfilm sensor for sensitive measurements of phenolic compounds. *Fresenius Z. Anal. Chem.*, eingereicht

OUBIÑA, A., BALLESTEROS, B.; GALVE, R.; BARCELÓ, D.; MARCO, M.-P. (1999): Development and Optimization of an Indirect Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay for 4-Nitrophenol. Application in Certified Water Samples. *Anal. Chim. Acta* 387 (1999) 255 - 266

Wollenberger, U.; Neumann, B. (1997): Quinoprotein glucose dehydrogenase modified carbon paste electrode for the detection of phenolic compounds. *Electroanal.* 9 (1997) 366 - 371

Scheller, F. W.; Bauer, C.; Makower, A.; Wollenberger, U.; Warsinke, A.; Bier, F. (im Druck): Immunoassays using enzymatic amplification electrodes, in: *Immunosensors and Devices for Molecular Recognition* (Ed. G.Gizeli, C.Lowe) Taylor and Francis

Anschrift der Autorin

Dr. Ursula Wollenberger
Universität Potsdam
Institut für Biochemie und Biologie
Karl-Liebknecht-Str. 24 - 25
14476 Golm

**Ökotechnologie
Regenerative Energien**

Dekontamination von Altholz

D. Baier und K. Soyez

Zusammenfassung

Altholz stellt ein wesentliches Potential für die Verwertung dar. Dafür muß es von Schadstoffen aus der Nutzung entfrachtet werden. Für die Entfrachtung von Schwermetallen eignen sich mechanische Verfahren und Extraktionsverfahren. Für die Extraktion können Abfallsäuren, z.B. Milchsäure aus Silagesickerwässern, eingesetzt werden. Ein Abbau von PAK wird durch einfache Rotteprozesse bewirkt. Dabei sind Abbauleistungen von 99 % erzielbar.

Summary

Waste wood material is a significant potential for re-use activities. For that reason, it is to be decontaminated. Heavy metals can be decontaminated by mechanical processes, by which means a concentration of the metal in the fraction below 1,6 mm is reached. Wood protection agents can be eluted by organic acids. Waste acids, as lactic acid from silage production, are applicable. PAH's can be destructed in quite simple composting plants. A 99 % decontamination was reached in technical scale experiments.

Einleitung

Dekontaminationsprozesse sind in den Bereichen Wasser, Luft und Boden Stand der Technik und weit verbreitet; im Bereich Altholz trotz erheblicher Mengen aber eher selten.

Das Problem bei der Verwertung von Altholz, einem an sich biologisch gut verwertbaren Material, besteht in seiner Behandlung mit Lacken, Farben, Lasuren, Holzschutzmitteln u.ä., die zur Verlängerung der wirtschaftlichen Nutzungsdauer angewendet werden. Die meisten dieser Stoffe enthalten anorganische (Schwermetalle, Halogene) oder organische (Teeröl, PCP, Lindan, PCB, DDT) Komponenten, die nach der Behandlung im Holz verbleiben und dann Schadstoffe darstellen, an denen eine spätere Altholzverwertung häufig scheitert.

Das Gesamtaufkommen an Altholz, bestehend aus unbelasteten und belasteten Sortimenten, lag 1998 in Deutschland bei 7,7 Mio Tonnen. Davon wurden 5,6 Mio Tonnen deponiert (72 %). Bei einer Verwertungsquote von 28 % entfallen 1,4 Mio Tonnen auf den stofflichen und lediglich 0,7 Mio Tonnen auf den energetischen Bereich [SUNDERMANN 99]. Dabei erbringt für die stoffliche Verwertung in der Spanplattenindustrie aufbereitetes Altholz Erlöse von 10 - 20 DM/t. Andere Entsorgungsalternativen erfordern dagegen Zuzahlungen zwischen 30 DM/t für unbehandeltes und 400 DM/t für kontaminiertes Altholz.

Die Gründe für die geringen Verwertungsquoten sind plausibel: Zum einen gibt es mit der Deponierung eine preiswerte Entsorgungsmöglichkeit, zum anderen ist unbelastetes Holz kostengünstig und in ausreichenden Mengen auf dem Markt. Durch neue gesetzliche Regelungen (Kreislaufwirtschaftsgesetz, TA Siedlungsabfall), die auf eine Minderung von Umweltbelastungen durch Schonung natürlicher Ressourcen zielen, ist allerdings ein Deponieren von Altholz ab dem Jahr 2005 ohne aufwendige Vorbehandlung nicht mehr möglich. Eine drastische Erhöhung der Entsorgungsgebühren, die entsprechend dem Kontaminationsgrad erfolgen wird, ist abzusehen.

Die Herausforderung besteht darin, eine ökologisch und ökonomisch sinnvolle und realisierbare Alternative zur Deponierung zu schaffen. Diese muß die berechtigten Forderungen des KrW-/AbfG nach Verwertung und Produkthaftung erfüllen und gleichzeitig eine wirtschaftlich vorteilhafte Lösung bieten. Bislang bestand kein zwingender Anlaß, belastete Althölzer zu dekontaminieren. Mit dem Wegfall der Beseitigung durch Deponierung und den damit verbundenen steigenden Kosten könnte diese Verfahrensweise ein interessanter Lösungsansatz sein, derartige Sortimente kostengünstiger und ökologisch verträglicher zu entsorgen.

Material und Methoden

Im folgenden dargestellten Untersuchungen zielen darauf ab, unter Nutzung von biologischen, chemischen und physikalischen Wirkprinzipien eine kostenmäßig günstige Entfrachtung zu erzielen. Sie soll die weitgehende Nutzbarkeit des dekontaminierten Altholzes sicherstellen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß auch die Einordnung in bessere Schadstoffklassen nach der Behandlung bereits erhebliche wirtschaftliche Effekte erbringen kann. Demgemäß steht nicht die vollständige Entfrachtung in jedem Falle im Vordergrund. Hinzuweisen ist noch auf die Forderung, die entstehenden Abprodukte ihrerseits umweltgerecht zu entsorgen und Wertstoffe zurückzugewinnen.

Schadstoffanreicherung durch Klassierung

Die Verteilung von Schadstoffen (Farben, Lacke, HSM) erstreckt sich in der Regel auf den Oberflächenbereich. So haften Anstriche nach Beendigung der Nutzung oft nur noch schwach am Holz. Zudem sind sie spröder als das übrige Holz, und sie lassen sich leichter zerkleinern. Die Holzoberfläche ist in vielen Fällen durch Verwitterungsvorgänge instabil geworden. All das führt dazu, daß sich die Oberflächenkontaminationen nach der Zerkleinerung verstärkt in der Feinfraktion wiederfinden. Durch Abtrennung (Siebung, Sichtung) dieser Feinfraktion läßt sich eine erhebliche Schadstoffentfrachtung erreichen. Tabelle 1 zeigt dazu beispielhaft die Zinkgehalte in den einzelnen Fraktionen eines zerkleinerten Altholzsortiments [BAIER 96].

Tab. 1: Zinkgehalte in verschiedenen Fraktionen eines Altholzsortiments

Fraktion (mm)	Zn (mg/kgTS)
> 10	14
> 6,3	39
> 4,0	76
> 2,5	194
> 1,6	656
< 1,6	4.600

Der Zinkgehalt in der Feinfraktion übersteigt den der anderen Fraktionen um ein Vielfaches. Bei Abtrennung der Feinfraktion ist eine signifikante Schadstoffanreicherung möglich. Das Beispiel Zn ist auch auf die anderen Schwermetalle und auch auf viele organische Schadstoffe übertragbar.

Die Abtrennleistung ist im starken Maße von der Holzart und der Feuchte abhängig. Ein Vergleich verschiedener Altholzsortimente sowie von Waldrestholz zeigt, daß sich getrocknete Sortimente wie Parkett, Fenster und Kantholz bei gleichen Zerkleinerungsbedingungen in der Spangröße und -form nur unwesentlich voneinander unterscheiden und durch relativ glatte Spankanten gekennzeichnet sind. Im Gegensatz dazu weist zerkleinertes Frischholz aus der Waldpflege eine andere Granulometrie mit einem Wechsel zwischen Dünn- und Massivholz mit unterschiedlichen Feuchten auf und hat ausgefranzte Spankanten. Die Rückstandssummenkurven verschiedener zerkleinerter Sortimente aus einem einfachen Shredderprozeß zeigt Abbildung 1.

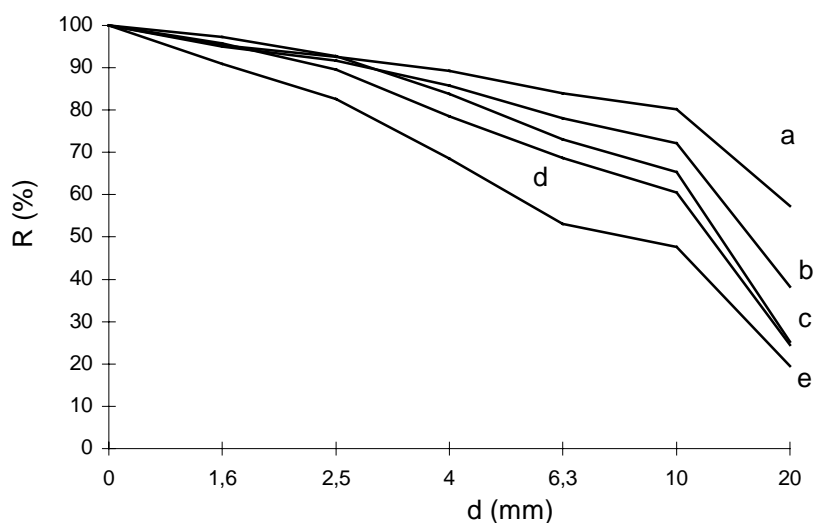


Abb. 1: Rückstandssummenkurven verschiedener geschredderter Holzsortimente
a) Holz Waldpflege b) Parkett c) Fenster d) Kantholz 1 e) Kantholz 2

In Verbindung mit der Kenntnis der Schadstoffgehalte erlauben diese Rückstandssummenkurven in den einzelnen Fraktionen eine Abschätzung, welche Mengen bei den verschiedenen Siebschnitten entfernbar wären. Die Schadstoffe lassen sich in der Feinfraktion aufkonzentrieren, so daß für die übrigen Fraktionen eine Verwertung in stofflichen und thermischen Verfahren möglich ist. Für die belastete Fraktion ist ein geeigneter Verwertungs- bzw. Entsorgungsweg zu ermitteln.

Das Klassierungsverfahren ist immer dann sinnfälliger, wenn für den anschließenden Verwertungsprozeß ein zerkleinertes Sortiment (z.B. Spanplattenindustrie) ohnehin erforderlich ist.

Schadstoffanreicherung durch Extraktion

Die meisten chemischen Dekontaminationsverfahren sind durch eine Extraktion der Schadstoffe aus der Holzmatrix mit Hilfe geeigneter Agenzien (z.B. Säuren, organische Lösungsmittel) gekennzeichnet. Bei der Entfernung von Schwermetallen wurden gute Ergebnisse mit Milchsäure erzielt [BAIER 96], wo die Schwermetalle ohne Zugabe anderer Agenzien als Laktate ausfallen und leicht abgetrennt werden können. Milchsäure ist allerdings sehr teuer, und daher wurde überprüft, ob sich auch milchsäurehaltige Abwässer zur Extraktion verwenden lassen. Dabei erwies sich die Eignung verschiedener Silagesickerwässer. In der Abbildung 2 sind die Anreicherungsraten von Zink und Chrom unter Verwendung von Sickerwasser dargestellt. Altholz wurde dabei in zerkleinerter Form eingesetzt.

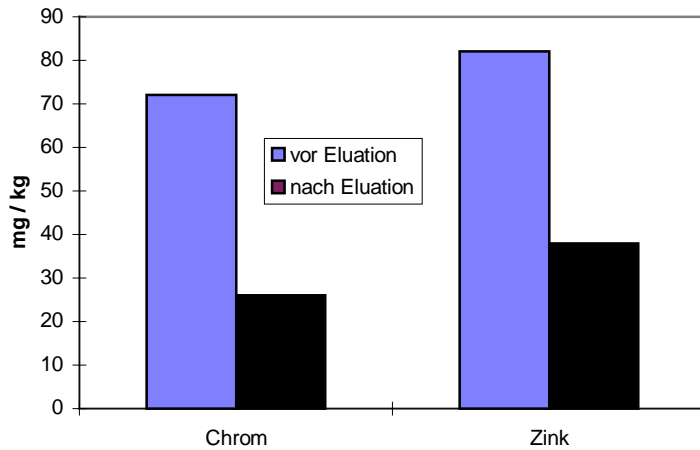


Abb. 2: Abreicherung von Chrom und Zink aus einem Altholz unter Einsatz von Sickerwasser

Zu den ökologischen und ökonomischen Vorteilen dieser Verfahrensweise kommt ein hohes Maß an Arbeitssicherheit, da weder Verfahren noch Einsatzstoffe ein relevantes Gefährdungspotential darstellen.

Mechanisch-biologische Schadstoffabreicherung

Die große Menge an mit Teeröl behandelten Bahnschwellen, die zur Entsorgung anstehen, hat dieses Sortiment für eine Schadstoffabreicherung besonders interessant gemacht. Von entscheidender Relevanz ist dabei die Substanzklasse der PAK, die als mutagen und kanzerogen bekannt sind. Um den mikrobiellen PAK-Abbau unter aeroben Bedingungen zu untersuchen, erfolgte die Behandlung von zerkleinertem Bahnschwellenholz in einer offenen Tafelmiete, wie sie als Low-Tech-Varianten aus der Kompostierung bekannt sind [BAIER 99]. Zur Verbesserung der Abbauleistungen wurden Holz/Kompost-Gemische eingesetzt. Nach einer Behandlungsdauer von 205 Tagen lag der Abbau der Gesamt-PAK-Belastung zwischen 98,69 und 99,47 % (Abbildung 3). Bereits nach 22 bzw. 23 Tagen war ein Abbau zwischen 60,9 und 95,6 % zu verzeichnen.

Das Low-Tech-Verfahren hat damit eine erstaunliche Leistungsfähigkeit nachgewiesen. Allerdings sind Fünf- und Sechs-Ring-PAK noch in relevanten Größenordnungen vorhanden.

Weitere Verbesserungen der Abbauleistung sind zu erwarten, wenn eine Optimierung der mechanisch-biologischen Behandlung erfolgt. Ansatzpunkte dafür sind die Verlängerung der Prozeßdauer und die Steuerung des Prozeßregimes (z.B. Begasungsintensität, Einsatz adaptierter Bakterienkulturen, C/N-Verhältnis) sowie gegebenenfalls eine Kombination mit chemischen Verfahren.

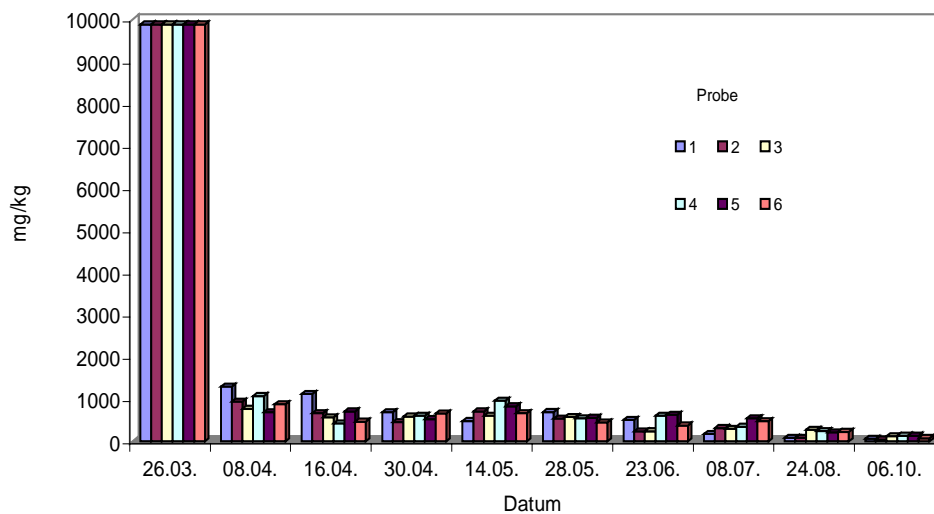


Abb. 3: PAK (16 EPA) - Abbau über einen Zeitraum von 205 Tagen

Ausblick

Dekontaminationsverfahren können belasteten Althölzern neue Verwertungswege eröffnen. Da die bisherige Entsorgungspraxis keine zwingende Notwendigkeit eröffnete, sind derartige Verfahren selten und wenig verbreitet. Ob Dekontaminationsverfahren im Zuge der neuen Rechtsverordnungen eine weite Verbreitung finden, wird entscheidend von den ökonomischen Rahmenbedingungen abhängen. Die untersuchten Verfahren zur mechanischen und biochemischen Schadstoffentfrachtung erbrachten günstige Resultate. Ein Vorrang eines bestimmten Verfahrens ist derzeit nicht auszumachen. Besonders geeignet sind diese Verfahren für eine Schwermetallabreicherung. Organische Schadstoffe lassen sich mit mechanisch-biologischen Verfahren abbauen, wobei der Abbau einiger schwer abbaubarer Verbindungen möglicherweise eine Kombination mit chemischen Verfahren erfordert.

Literatur

BAIER, D.; MEISTER, A.; SOYEZ, K. (1996): Untersuchungen zur Kompostierung am Standort Waldstadt Wünsdorf. Unveröffentlichter Forschungsbericht. Universität Potsdam, 1996

BAIER, D., SOYEZ, K. (1999): Abbauverhalten ausgewählter Schadstoffe in Althölzern. Unveröffentlichter Forschungsbericht. Universität Potsdam, 1999

SUNDERMANN, B. et al. (1999): Aufkommen und Verwertungswege für Altholz in Deutschland. Müll und Abfall, 1999/5, S. 269 - 274

Anschriften der Autoren

Dipl.-Ing. Dieter Baier
Gesellschaft für ökologische
Technologie und Systemanalyse
Büro Sachsen-Anhalt
Neue Straße 2
06869 Coswig/Anhalt

Dr. Konrad Soyez
Universität Potsdam
Zentrum für Umweltwissenschaften
AG Ökotechnologie und
UP Transfer GmbH
Park Babelsberg 14
14482 Potsdam

Untersuchungen zur Kompostierbarkeit von paraffinbeschichteten Verpackungsmaterialien

D. Baier, K. Streurs, K. Soyez

Zusammenfassung

Für eine nachhaltige Wirtschaftsweise ist die Nutzung biologisch abbaubarer Materialien unumgänglich. Die geforderten Anwendungseigenschaften stehen dem Einsatz derartiger Materialien aber in manchen Fällen entgegen. Bei Verpackungen für Lebensmittel werden hydrophobe Eigenschaften verlangt. Dafür sind mit Paraffin beschichtete Papiere im Gebrauch. Die wasserabweisende Eigenschaft schränkt die Verwertung durch eine Kompostierung ein. Im Bericht wird die Kompostierbarkeit von paraffinbeschichteten Papieren nach den Vorhaben der DIN 56900 und der Bioabfallverordnung untersucht. Es zeigt sich, daß die Materialien in Mischungen mit Bioabfall bis zu einem Massenanteil von 10 % problemlos kompostiert werden können. Im Falle stark zerkleinerter Papiere werden die Paraffinüberzüge vollständig abgebaut, gefaltete und zerknüllte Papiere aber nur zu etwa einem Drittel bzw. einem Zehntel. Das belegt, daß diese Materialien bioabbaubar sind, aber eine Vorbehandlung oder Präparation der Beschichtung zweckmäßig ist.

Summary

Sustainable development in the technical sphere calls for the broader application of biodegradable material. As packaging material, papers coated with paraffins are widely used. To manage these materials in biowaste management systems, they have to be proven as compostible. In the paper, results of the investigation of the compostibility of paraffine coated packaging materials are reported. The research is done after the German Bioabfallverordnung and the DIN 56900. It is shown, that these materials can be composted in a mixture with source separated biowaste up to 10 % of mass. If papers pieces of about 25 sq. cm were used, the paper itself, as well as the paraffine coatings were totally degraded in a composting period of 100 days. But crushed and folded pieces, which normally occur in households, were degraded only by 34 resp. 8 %. The results thus indicate, that an application in this way is possible, but a pre-treatment and a certain preparation of the coated papers are necessary.

Einleitung und Zielstellung

Für eine nachhaltige Wirtschaftsweise ist die Nutzung biologisch abbaubarer Materialien unumgänglich (SOYEZ, 1998). Die geforderten Anwendungseigenschaften stehen dem Einsatz derartiger Materialien aber in manchen Fällen entgegen. Bei Verpackungen für Lebensmittel, wo der Schutz des Gutes höchstes Ziel ist, werden zum Beispiel hydrophobe Eigenschaften verlangt. Bereits seit längerem sind dafür mit Paraffin beschichtete Papiere im Gebrauch, z.B. für Fleischerzeugnisse und Backwaren. Die wasserabweisende Eigenschaft ist dem biologischen Abbau derartiger Verpackungen hinderlich. Das schränkt auch die schadlose Beseitigung nach deren Gebrauch ein.

Daher ist zu klären, inwieweit sie durch biologische Prozesse abgebaut werden. Das Verpackungsmaterial soll aber nicht nur biologisch abbaubar, sondern auch kompostierbar sein, um in die normalen Wege der Abfallentsorgung eingebunden zu werden. Der Nachweis der Kompostierbarkeit ist zu erbringen. Er soll zeigen, daß das Papier in der für das jeweilige Verfahren vorgesehenen Behandlungszeit abzubauen ist. Die Abbauprodukte im Kompost sollen optisch nicht als Verunreinigungen wahrgenommen werden und die Kompostqualität nicht ungünstig beeinflussen.

Seit 1998 ist dafür die DIN-Norm V 54900 „Prüfung der Kompostierbarkeit von Kunststoffen“ (DIN, 1998) verbindlich, die eine mehrstufige Prüfung der eingesetzten Materialien auf ihre biologische Abbaubarkeit einschließlich der Kompostierung in Intensiv- und in Extensivanlagen vorsieht. Bei letzteren handelt es sich z.B. um eine offene Mietenkompostierung, wie sie in der überwiegenden Zahl der Kompostierungsanlagen angewendet wird. Auch diese einfachen Anlagen müssen sicherstellen, daß ein praktisch rückstandsloser Abbau der Substanzen erfolgt. Dabei ist zu berücksichtigen, daß nicht das Material allein - in diesem Falle beschichtete Papiere -, sondern immer ein Gemisch von zu entsorgendem Material und den ohnehin über eine Kompostierung zu verwertenden Materialien verarbeitet wird. Das sind getrennt gesammelte Biomassen, landwirtschaftliche Abprodukte sowie Strukturmaterial. Im Falle von Papier und Pappe läßt die Bioabfallverordnung vom 1.10.98 die Zugabe des nur in kleinen Mengen, etwa 10 Massen-%, zu.

In dem hier dargestellten Vorhaben wurden paraffinbeschichtete Verpackungsmaterialien aus dem Lebensmittelbereich unter den genannten Rahmenbedingungen untersucht. Sie ergänzen bereits vorliegende Untersuchungen zur Kompostierbarkeit von Beschichtungen mit Palmfett, Stearin und Bio-wachs-Emulsionen (BAIER, 1998).

Die Untersuchungen sollen Auskunft über die Kompostierbarkeit der eingesetzten Papiere unter praxisrelevanten Bedingungen geben, insbesondere um zu überprüfen, ob offene Mieten für die Mitverwertung von beschichteten Abfallpapieren geeignet sind. Das bezog sich auf die generelle Eignung derartiger Systeme (Low-Tech-Anlagen), aber auch auf die zu erwartenden Effekte der Mitverwertung in Hinsicht auf die Kompostqualität und die möglichen Entsorgungsmengen.

Material und Methoden

In die Untersuchungen wurden Papiere mit einer Beschichtung mit einem Paraffin verwendet, das eine C-Verteilung gemäß Abbildung 1 (obere Kurve) aufwies. In vorgelagerten Untersuchungen waren die chemische Unbedenklichkeit und die vollständige biologische Abbaubarkeit des Paraffins bereits nachgewiesen (WENZEL-H., 1997). Die nachfolgenden Untersuchungen sollten daher Auskunft über die Kompostierbarkeit geben.

Die Kompostierung fand in Versuchseinrichtungen unterschiedlicher Art und Größe statt, um die Effekte der technischen Randbedingungen abzuklären, wie sie bei der Mitverwertung von derartigen Papieren in der Kompostierungspraxis vorliegen können – siehe Tabelle 1.

Tab. 1.: Verwendete Reaktorsysteme

Versuchseinrichtung	Art	Volumen (m ³)	Rottsteuerung	Zwangselüftung
Reaktor	Kleintechnisch	0,150	ja	Ja
Reaktor	Großtechnisch	60	ja	Ja
Trapezmiere	Großtechnisch	200	nein	Nein

In den Reaktorkompostierungen war die Behandlungsdauer auf 14 Tage begrenzt und zielte auf die Herstellung eines Frischkompostes. Im Vergleich mit den Mietenkompostierungen hatten diese Versuche lediglich orientierenden Charakter. Die Mietenkompostierung hatte die Herstellung eines Fertigkompostes bei einer Prozeßdauer von 100 Tagen zum Ziel.

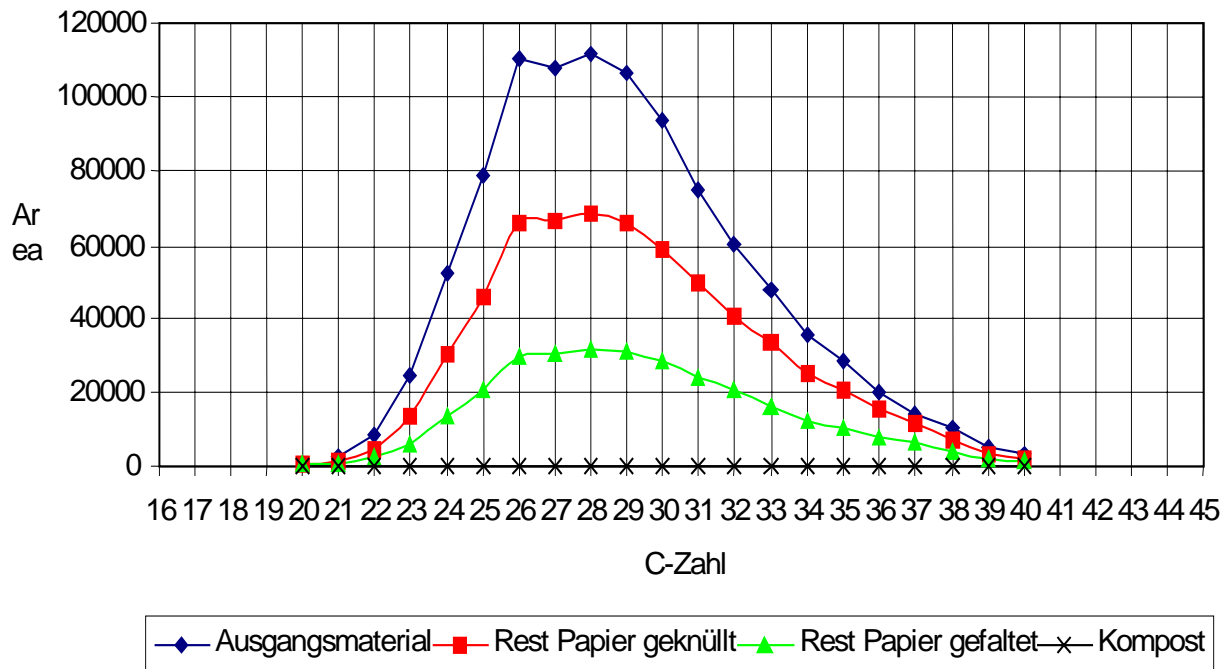


Abb. 1: C-Verteilung des Ausgangsmaterials und der abgebauten Materialien

Die Mischung der Kompostausgangskomponenten entsprach den Bedingungen des Routinebetriebes von entsprechenden Kompostierungsanlagen. In allen Fällen handelte es sich um Bioabfall- und Grün- gutmischungen, die einen Anteil von 20 Massen-% Strukturmaterial in Form von unbelasteten Alt- und Restholzpartien aufwiesen. Das C/N-Verhältnis lag bei 23.

Für die Untersuchungen wurde das Papier auf eine Stückgröße von etwa 25 cm² zerkleinert (Schnip- sel) und mit dem Kompostausgangsmaterial vermischt. Der Massenanteil Papier in der Mischung lag bei 10 %. Die fertige Mischung wurde in 30 l fassende Gazesäcke gefüllt und in die Trapezmiete ein- gebaut. Neben den Untersuchungen gemäß DIN V 54900 wurden zerknüllte und gefaltete Papiere untersucht, um zu prüfen, wie sich diese typischen Formen von Abfallpapieren aus Haushalten wäh- rend der Rotte verhalten.

Während der Kompostierung erfolgte die Erfassung der charakteristischen bioprozeßtechnischen Pa- rameter und Bilanzdaten im Rahmen der verfügbaren Meßtechnik sowie eine regelmäßige Bonitur und Analyse des Untersuchungsmaterials.

Ergebnisse

Nachfolgend steht die Behandlung von paraffinierten Papieren in offenen Mieten im Vordergrund. Die Auswertung erfolgte durch

- Eine Bonitur einschließlich der fotografischen Dokumentation des Abbauverhaltens
- Eine Einschätzung des Kompostierungsprozesses (Prozeßregime) und Bestimmung der Biopro- zeßparameter
- die Bestimmung des Paraffinabbaus
- die Untersuchung des Fertigungskompostes nach den Qualitätskriterien des LAGA-Merkblattes M10.

Bonitur

Die Bonitur der Proben erfolgte wöchentlich. Diese wurden visuell auf Farbe und Struktur untersucht. Nach etwa 4 Wochen war eine Gelbverfärbung der Papierschnipsel erkennbar. Damit ging auch eine deutliche Reduzierung der sichtbaren Anteile des Papiers einher. Nach 10 Wochen war kein Papier mehr erkennbar. Lediglich beim Auseinanderbrechen von Klumpen ließen sich Reste erkennen, aber nicht mehr sicher identifizieren. Die gefundenen Mengen waren visuell nicht als störend hinsichtlich der äußeren Qualität des Kompostes wahrnehmbar.

Anders sah es bei geknülltem bzw. gefaltetem Papier aus. Zwar zeigte die Oberfläche deutliche Erosionen, aber auch nach 10 Wochen waren die Papiere im Haufwerk noch deutlich erkennbar.

Einschätzung des Kompostierungsprozesses und Bioprozeßparameter

Diese Auswertungen dienten dem Ziel festzustellen, ob ein ordnungsgemäßer Kompostierungsprozeß stattgefunden hat und wo Optimierungspotentiale liegen. Während des Prozesses wurden die Reaktionsbedingungen so eingestellt, daß ein optimaler Kompostierungsprozeß durchlaufen werden konnte. Das praktizierte Fahrregime ist für den Routinebetrieb der Kompostierung vor Ort typisch und wurde während der Versuche unverändert beibehalten. Besondere äußere Bedingungen (z.B. starke Kälte oder Hitze) traten während der Rotte nicht auf.

Die bioprozeßtechnischen Parameter wurden ständig verfolgt. Die Temperatur wurde täglich gemessen und aufgezeichnet. Durch regelmäßige Probenahmen erfolgte die Bestimmung von Feuchte, Schüttgewicht, Glühverlust, pH-Wert und Rottegrad. Als Leitgröße für die Prozeßsteuerung diente die Temperatur. Bei Unterschreiten einer Temperatur von 52 °C erfolgte das Umsetzen, im Gesamtverlauf zweimal. Während des 100-tägigen Rotteprozesses war in der Miete eine normale Temperaturentwicklung zu verzeichnen. Der Temperaturverlauf läßt auf eine hohe biologische Aktivität des Rottegutes schließen.

Im Rahmen dieser Untersuchungen wurden sowohl das Material aus der Miete ohne Papierzusatz als auch der Inhalt der Probensäcke untersucht. Dabei ergaben sich keine signifikanten Unterschiede bei den Bioprozeßparametern. Nach Ablauf der Kompostierung wurde der Rottegrad V erreicht, d.h. das paraffinierte Papier beeinflußt den Rottegrad des hergestellten Kompostes aus dem Bioabfall- und Papiergemisch im Vergleich zum Referenzmaterial ohne Papierzusatz nicht.

Bestimmung des Paraffinabbaus

Zur Bestimmung des Paraffinabbaus wurden die nach der Kompostierung noch auffindbaren Papierreste analytisch untersucht. Von den ursprünglich eingesetzten 6 kg Papierschnitzel konnten nach der Kompostierung nur noch 13,6 g (Kompost + geringe Anteile Schnipsel) wiedergefunden werden, während das geknüllte und auch das gefaltete Papier fast unverändert war.

Sowohl das Ausgangsmaterial (mit Paraffin beschichtetes Papier) als auch die noch auffindbaren Papierreste (Rest Papier geknüllt, Rest Papier gefaltet, Rest Papier Schnipsel) und der daraus resultierende Kompost wurden mit n-Hexan extrahiert und anschließend gaschromatographisch analysiert. Die Kohlenstoff-Verteilung der Materialien ist in Abbildung 1 im Vergleich zum Ausgangsmaterial dargestellt.

Bei den geschnipselten Papieren sind Paraffine praktisch nicht mehr nachweisbar, analog bei den mit diesen Beimengungen erzeugten Fertigkomposten. Die erzielten Abbauraten zeigt Tabelle 2.

Tab. 2: Abbaurate von unterschiedlich vorbehandeltem Papier

Kompostierungsprobe	Abbaurate [%]
Rest Papier geknüllt	34
Rest Papier gefaltet	8
Rest Papier Schnipsel	100
Kompost	100

Dabei ist die Abbaurate bei den gefalteten und geknüllten Partien auf den extrahierten Paraffinanteil des Ausgangsmaterials bezogen und bei den Papierschnipseln sowie dem resultierenden Kompost auf die Gesamtmenge Paraffin, die mit den 6 kg Papier eingebracht wurde.

Es zeigt sich deutlich, daß sich mit Paraffin beschichtetes Papier, das als Schnipsel mit dem Kompost vermischt wird, besser biologisch abbaut, als Papier, das geknüllt oder gefaltet in den Kompost eingebracht wird. Dabei ist bei dem geknüllten Papier die Angriffsfläche größer als bei dem gefalteten, so daß hier dort ein höherer Abbau des Paraffins festzustellen ist.

Untersuchung des Fertigkompostes nach Qualitätskriterien des LAGA – Merkblattes M 10

Sowohl mit als auch ohne Papierzusatz wird der in den Versuchen gewonnene Kompost den Qualitätsanforderungen des LAGA-Merkblattes M 10 gerecht. Die in der DIN V 54900 vorgeschriebene Prüfung der Pflanzenverträglichkeit ergab keine negativen Ergebnisse.

Schlußfolgerungen

Die Untersuchungen belegen, daß die Kompostierung der paraffinbeschichteten Papiere grundsätzlich auch in Kompostierungsanlagen mit niedrigem technischen Standard erfolgen kann. Das zeigt, daß eine Mitverwertung von derartigen Papieren in der Biotonne möglich ist.

Da der Abbau nur dann vollständig war, wenn das Papier einlagig und kleinstückig in die Kompostierung gelangte, geknülltes und gefaltetes Papier aber nicht rückstandslos abbaubar war, sind Optimierungen erforderlich. Diese können sich auf die Vorbehandlung, den eigentlichen Kompostierungsprozeß, aber auch auf die Präparierung der Papiere beziehen.

Im Bereich der Vorbehandlung wäre auf eine Zerkleinerung durch Zerreißen von Verpackungen in den Haushalten zu orientieren. Das erscheint nicht als aussichtsreich, da üblicherweise Verpackungspapiere am ehesten zerknüllt in die Bioabfall gegeben werden. Eine Optimierung des Rotteprozesses in Hinsicht auf ein optimales C/N-Verhältnis, günstige Durchfeuchtung und angepaßte Temperaturführung ist ohnehin eine Forderung an jede Kompostierung. Der kleine Anteil von zu erwartendem Papier wird im praktischen Betrieb kaum eine sorgfältigere Prozeßführung als bei normalen Chargen bedingen. Aussichtsreich erscheint es, die Beschichtung an die speziellen Bedingungen anzupassen. Das soll durch die Entwicklung und Auswahl der Paraffine und die Minimierung der Beschichtungsstärke erreicht werden. Verfolgt wird weiter der Einbau von Fehlstellen in den Beschichtungen, durch die Feuchte und nachfolgend die Mikroorganismen bessere Angriffsbedingungen vorfinden, ohne daß dabei der Gebrauchswert der Papiere sinkt.

Vor dem Hintergrund einer generellen Abbaubarkeit, aber auch den technischen Problemen bei der Verwendung von derartigen Papieren erscheinen die Forderungen der Bioabfallverordnung (Bio-AbfVo vom 01.19 1998) als sinnvoll, die Zugabe von Papier und Pappe nur in kleinen Mengen (ca. 10

%) zu getrennt erfaßten Bioabfällen oder zur Kompostierung zuzulassen.

Literatur

BAIER, D.; SOYEZ, K. (1998): Technologien für die nachhaltige Bewirtschaftung von Konversionsstandorten. Studie im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg. Potsdam

Prüfung der Kompostierbarkeit von Kunststoffen. Teil 3: Prüfung unter praxisrelevanten Bedingungen und der Qualität der Komposte. Vornorm, DIN V 54900-3

WENZEL-HARTUNG, R.; STREURS, K. (1997): Analytische Untersuchungen zur Kompostierbarkeit von Paraffinmischungen mit nachwachsenden Rohstoffen, wachsartigen Substanzen und damit beschichteten Papieren. Hamburg

SOYEZ, K.; BAIER, D.; TANNENBERGER, K.; PRAUSE, M.(1996): Untersuchungen zur Kompostierbarkeit von Beschichtungsmaterialien und beschichteten Papieren. Studie, Leipzig

SOYEZ, K. (1998: Anforderunroduktion und Technik für eine nachhaltige Entwicklung. In: Haase, W.; Soyez, K. (Hrsg.): Ökologische Technologien und nachhaltige Entwicklung. BUFZ Forschungstexte, Heft 3, Seite 54-68. Neuruppin

Anschriften der Autoren

Dipl.-Ing. Dieter Baier
Gesellschaft für ökologische
Technologie und Systemanalyse e.V.
Neue Straße 2
06869 Coswig/Anhalt

Dr. rer. nat. Kerstin Streurs
SCHÜMANN-SASOL Hamburg
Worthdamm 13-27
20457 Hamburg

Dr.-Ing. Konrad Soyez
Zentrum für Umweltwissenschaften und
UP transfer GmbH
AG Ökotechnologie
Park Babelsberg 14
14482 Potsdam

Zum Wasser- und Wärmehaushalt des Intensivrotteprozesses der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung

J. Kaiser, K. Soyez

Zusammenfassung

Der Artikel beschreibt in mathematischer Form die thermodynamischen Grundlagen, die den Verlauf des Intensivrotteprozesses der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung bestimmen. Das Modell umfasst Stoff- und Wärmeaustausch, Wassersättigung von Prozessluft sowie Wandlung organischer Komponenten zu CO₂ und H₂O. Das Modell ermöglicht die Prognose einiger wesentlicher technischer Daten, z. B. der Ablufttemperatur und des Wasserzugabedarfs je nach Rohmaterialzusammensetzung und Belüftungsrate. Den Prognosen nach diesem Modell sind Ergebnisse zweier früherer großtechnischer Experimente gegenübergestellt, um das Maß der Übereinstimmung nachzuweisen.

Summary

The article presents a mathematical formulation of the thermodynamic fundamentals that govern the primary degradation process of mechanical-biological waste treatment. The model includes mass transfer, heat transfer, water saturation of process air, and conversion of organic compounds into CO₂ and H₂O. The model can predict some important process results such as temperature of outlet air, and need of water supply, depending on parameters like raw material composition, and air supply rate. The predictions by this model are contrasted to results of two earlier large scale experiments to check how realistic the model's assumptions are.

Einleitung

Die mechanisch-biologische Abfallbehandlung (MBA) ist ein Verfahren zur aeroben Behandlung von Siedlungsabfällen und somit dem traditionellen Verfahren der Kompostierung verwandt. Rohstoff der MBA ist die organische Fraktion des Siedlungsrestabfalls, die im Siebschnitt unterhalb etwa 40 mm enthalten ist. Wegen des Schadstoffgehalts der Ausgangsstoffe ist das Prozessresultat nicht wie bei der Kompostierung ein Wertstoff, sondern ein abzulagerndes Material. Es muss bestimmte Deponierungsbedingungen erfüllen, die durch gesetzliche Vorgaben beschrieben werden. Dabei ist ein niedriger Restkohlenstoffgehalt ausschlaggebend. Daneben ist der Schadstoffgehalt, insbesondere die Fracht an Schwermetallen, auf Minimalwerte zu reduzieren. Einzuhalten sind ferner mechanische Eigenschaften, die beim Bau der Deponie eine Rolle spielen.

Von ausschlaggebender Bedeutung für einen wirkungsvollen Prozess sind die richtige Einstellung der Feuchte des Materials sowie der Temperatur; sie bestimmen die Geschwindigkeit des Prozesses und haben Auswirkungen auf die Belastung der Abgasströme mit Schadstoffen.

Berechnungsgrundlagen zur Auslegung von MBA-Anlagen gleichen naturgemäß weitgehend jenen von Kompostieranlagen (Kaiser 1999). Die größere Komplexität der chemischen und mikrobiologischen Vorgänge hat jedoch zur Folge, dass sich Kinetik und Dynamik der MBA einer mathematisch-naturwissenschaftlichen Herleitung entziehen. Dass hingegen für den wichtigen Spezialaspekt „Wasser- und Wärmehaushalt“ eine Reihe von Berechnungsmöglichkeiten bestehen, soll diese Arbeit aufzeigen.

Die zunehmend verfügbar werdenden Daten großtechnischer MBA-Prozesse bieten Gelegenheit zum Vergleich von Theorie und Praxis. Aktuelle Daten liegen insbesondere als Ergebnisse aus dem BMBF-geförderten Verbundvorhaben zur mechanisch-biologischen Behandlung vor (Soyez 1999).

Naturwissenschaftliche Verfahrensgrundlagen und physikalische Größen zur Charakterisierung des Prozesses

Das Rottegut. Die MBA zielt primär auf eine Stabilisierung des Rotteguts und sekundär auf eine Reduzierung von Masse und Volumen. Grundlegendes Verfahrensprinzip ist die mikrobielle Oxidation („kalte Verbrennung“) eines Teils der Inhaltsstoffe. Vor allem ein Teil der organischen Inhaltsstoffe, auch organische Substanz (oS) genannt, ist im MBA-Prozess biologisch abbaubar. Dabei fällt das Gros der Stoff- und Energiewandlung in den Prozessabschnitt „Intensivrotte“, der am Beginn des Stoffwandlungsprozesses der MBA steht.

Das Spektrum der „organischen Substanz“ des Rotteguts umfasst Stoffgruppen unterschiedlicher biologischer Abbaubarkeit. Dabei überwiegen im Regelfall jene Stoffgruppen, die von Mikroorganismen als alleinige Kohlenstoffquelle genutzt werden können, z.B. Glukose, Zellulose oder etwa Normalparaffine. Für diese Stoffgruppen ist – wenigstens theoretisch – ein Massenverlust von 100% im MBA-Prozess zu erzielen. Andere Stoffe sind bedingt (z.B. kometabolisch) abbaubar, wie Lignin oder einige komplexe Aromaten, ihr Massenverlust im MBA-Prozess liegt zwischen 0 und 100%. Schließlich bleibt auf die bioresistenten oder persistenten organischen Stoffe hinzuweisen, z. B. Huminstoffe oder synthetische Polymere: ihr Massenverlust im MBA-Prozess ist praktisch Null.

Die organische Substanz tritt in der Analytik als „flüchtiger Feststoff“ in Erscheinung, da sie bei einer Glühprobe ausgast. Entsprechend wird die anorganische Substanz des Rotteguts als Asche bezeichnet, da sie nach einer Glühprobe als Asche verbleibt.

Anschauliche und zweckmäßige Bezugsgröße für Stoff- und Energiefrachten des Rotteguts in der MBA ist das „Mg Anfangs-Feuchtmasse“ oder gleichbedeutend die „Tonne Anfangs-Feuchtmasse“, die „Tonne Anfangs-Feuchtsubstanz“ oder die „Tonne Anfangs-Frischsubstanz“, kurz „t Anfangs-FS“ oder „t Input“. In der Analytik wird wegen der großen Bedeutung wasserfreier Proben gewöhnlich die Trockenmasse als Bezugsgröße verwendet, also z. B. die „Tonne Trockenmasse“ = „t TS“ und die „Tonne Anfangs-Trockenmasse“ = „t Anfangs-TS“.

Für das Rottegut in Großversuchen wurden analytische Eckdaten nach Tabelle 1 ermittelt.

Tab. 1: Leistungsdaten von Großversuchen (Fricke und Müller, 1999)

Versuch	Glühverlust GV_0 (vor Rottebeginn)	Glühverlust GV_1
Mietenrotte HV 1-1	54	31%(nach 17 Wochen):
Rottecontainer ROCO 4	54%	32%(nach 18 Wochen):

Dabei sind hier die Zeitspannen von 17 bzw. 18 Wochen nicht nach der (vorgeplanten) Dauer der Intensivrotteprozesses gewählt, sondern entsprechen der (aus den Analysedaten erkennbaren) Zeitspanne des Organikabbaus.

Aus den Daten zum Glühverlust lässt sich der Massenverlust an organischer Substanz ableiten, z. B. nach Pichler (1999):

$$L^{os} = \frac{GV_0 - GV_1}{GV_0 \cdot \left(1 - \frac{GV_1}{100}\right)} \cdot 100 \%$$

Dies ergibt mit $GV_1 = 31\%$ für den Massenverlust der organischen Substanz: $L^{os} = 62\%$. Dies bedeutet weiter nach den Werten von Tab. 3 eine Reduzierung der Konzentration oS von 324 um 200 auf 124 kg/(t Input).

Mit einem angenommenen konstanten Wassergehalt (Feuchtegrad) von 40% ergibt sich für das Rottegut – je nach Konzentrationsmaß – die Prozess-Ergebnisbilanz von Tab. 2 bzw. Tab. 3.

Tab. 2: Zusammensetzung des Rotteguts, Trockensubstanz-bezogen

	Konzentration (Ma.-% TS)	
	Prozessbeginn	Prozessende
oS (Glühverlust)	54	31
Asche (Glührückstand)	46	69

Tab. 3: Zusammensetzung des Rotteguts, Input-bezogen bei 40% Feuchte

	Konzentration (kg/(t Input))	
	Prozessbeginn	Prozessende
oS	324	124
Asche	276	276
Wasser	400	267
<i>Summe</i>	<i>1000</i>	<i>667</i>

Rotteluft. Die Prozessluft der MBA ist den Gesetzen der Thermodynamik von Feuchtluft unterworfen. Auf diesem Spezialgebiet ist das „kg Trockenluft“ die gebräuchlichste Bezugsgröße für Stoff- und Energiefrachten von Luftmengen, da der Wert der Trockenluftmasse ($N_2 + O_2 +$ ggf. CO_2 usw.) zwischen Input und Output eines Prozesses wenigstens näherungsweise konstant bleibt, gemessen an den Alternativen Feuchtluftmasse oder Feuchtluftvolumen.

Eine Übersicht relevanter Eigenschaften gesättigter Feuchtluft unter MBA-typischen Druck- und Temperaturverhältnissen gibt Tab. 9 (Anhang), darunter Wasser- und Wärmefrachten. Einige dieser Abhängigkeitsverhältnisse sind zugleich in Abb. 5 bis Abb. 9 (Anhang) dargestellt.

Welche Rottegut-Input-bezogenen Luftmengen verlangt die MBA? In der Bemessung des Luftdurchsatzes besteht prinzipiell ein weiter Spielraum. Minimum ist dabei die Deckung des biologischen Sauerstoffbedarfs: bei dieser minimalen Bemessung akkumuliert die Prozesswärme im Rottegut – sofern sie nicht auf anderem Wege abgeführt wird – so weit, dass die Temperatur auf Werte um $80^\circ C$ ansteigt, was den Bioabbau stark verzögert. Zum Erreichen der größtmöglichen Prozessgeschwindigkeit ist eine Prozessführung bei biologischer Optimaltemperatur erforderlich: diese ist nur mit mehrfach

größerem Luftdurchsatz zu erreichen. Finstein & al. (1986) empfehlen einen 9-fach größeren Luftdurchsatz.

Wiemer (1999) stellt fest, dass nach den Ergebnissen des BMBF-Vorhabens verschiedene Autoren sinngemäß 15000 bis 35000 m³ Luft / (t Input) als Prozessluftbedarf ansetzen, obwohl der Luftbedarf zur O₂-Versorgung weit darunter liegt. Weiter nach Wiemer (1999) ergeben sich davon abweichend rechnerisch aus dem Auslegungswert für den Betrieb der Trockenstabilatanlage in Aßlar (Hessen) nur 3000 m³ Luft / (t Input). Das in Aßlar angewandte Verfahrensprinzip der Kreislaufführung schließt allerdings Maßnahmen zur Abführung der Prozesswärme ein: Doedens und Cuhls (2000) nennen „Kühlung von Umluft“.

Unter „Luft“, speziell „Zuluft“, wird bei der MBA atmosphärische Luft unter Normalbedingungen verstanden. In den o. g. thermodynamischen Größen formuliert, entsprechen:

3000 m³ Luft = ca. 4000 kg Trockenluft, 30000 m³ Luft = ca. 40000 kg Trockenluft.

Der Luftbedarf der MBA lässt sich somit auf 4000 bis 40000 kg Trockenluft pro Tonne Rottegut-Input beziffern.

Ein Luftdurchsatz von 3000 m³ Luft bzw. 4000 kg Trockenluft pro Tonne Input wird im Folgenden als „minimale Belüftung“ bezeichnet, und 30000 m³ Luft bzw. 40000 kg Trockenluft als „maximale Belüftung“. Minimale Belüftung hat eine Sauerstoff-Restkonzentration in der Abluft von (nahezu) Null zur Folge – lediglich Sauerstofflimitation und erst recht Anaerobie muss vermieden werden. Maximale Belüftung hat entsprechend eine Minderung des Sauerstoffgehalts der Abluft gegenüber der Zuluft von einem Zehntel zur Folge, also von 21% auf ~19%.

Die in dieser Arbeit verwendeten Begriffe „minimale“ und „maximale“ Belüftung berücksichtigen nur die Notwendigkeiten von Sauerstoffzufuhr und Wärmeabfuhr – der Bestimmung einer engeren Spanne nach weiteren Kriterien soll damit nicht vorgegriffen werden.

Stoff- und Wärmebilanzen für den MBA-Prozess

Aus den Eckdaten des Prozesses nach Tab. 3 folgen jene physikalischen Größen, die die Bilanz der Stoff- und Energiewandlung kennzeichnen. Tab. 4 listet sie in der logischen Reihenfolge ihrer Herleitung auf.

Tab. 4: Physikalische Größen zur Stoff- und Energiewandlung im MBA-Prozess, bezogen auf 1 t Input bei 40% Feuchte

Physikalische Größe	Wert	Berechnungsgleichung, Anmerkungen
C-Verlust m_C^{bio}	120 kg	200kg·60%, wegen Verlust oS = 264kg und C-Gehalt der oS: 60%. Vergleichswerte: C-Gehalt von Zellulose ca. 44%, Rottegut QB 1-1 nach Pichler, 1999: 55% (Anfang), 61% (Ende)
CO ₂ -Gewinn $m_{\text{CO}_2}^{\text{bio}}$	440 kg	120kg·(44/12) : Molmassen!
O ₂ -Verbrauch $m_{\text{O}_2}^{\text{bio}}$	320 kg	120kg·(32/12) : Molmassen!
H ₂ O-Gewinn $m_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{bio}}$	80 kg	200kg-120kg
Energieverlust, Wärme-gewinn Q^{bio}	4480 MJ	320kgO ₂ ·14000kJ/kgO ₂ nach Finstein & al., 1986

Hier liegt die Beobachtung zugrunde, dass die Stoffwandlung im Intensivrotteprozess der MBA nahezu ausschließlich durch den Betriebsstoffwechsel der Mikroorganismen bewirkt wird, demgegenüber der Baustoffwechsel vernachlässigt werden kann. Deshalb fußt die Berechnung auf der Modellvoraus-

setzung eines vollständigen Abbaus der Verlust-oS zu CO₂ und H₂O. Weiter wird angenommen, dass analog zur Oxidation der Glukosen $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$ der C-freie Rest des oxidierten MBA-Substrats als H₂O verbleibt, d. h.

$$m_{H_2O}^{bio} = m_{oS}^{abgebaut} - m_C^{bio}, \text{ hier } m_{H_2O}^{bio} = 200\text{kg} - 120\text{kg} = 80\text{kg}.$$

So entstehen als Konsequenz der höheren C-Anteils der MBA-oS gegenüber der Glukose (~60 Ma.-% gegenüber 40 Ma.-%) nur ~0,4 Mol H₂O pro Mol CO₂, während bei der Oxidation der Glukose genau 1 Mol H₂O pro Mol CO₂ entsteht.

Der Energieverlust des Rotteguts wird praktisch vollständig als Wärmegewinn der Prozessluft wirksam, vor allem in Form von Verdampfungswärme von Wasser. Sonstige Wege des Wärmeaustrags sind im großtechnischen Maßstab der MBA vernachlässigbar, auch spezielle technische Maßnahmen zum Wärmeaustrag bleiben in dieser Arbeit außer Betracht.

Die im vorherigen Abschnitt genannte Prozessluftmenge mit Trockenluftgehalt zwischen 4000 und 40000 kg wird demnach mit 4480 MJ beladen. Die Konsequenzen dieser Beladung für die Einstellung der (durchschnittlichen) Ablufttemperatur sind in Tab. 5 wiedergegeben. Mit der Temperatur der Abluft sind dann weitere Eigenschaften ableitbar:

Tab. 5: Eigenschaften der Abluft im MBA-Prozess, bezogen auf 1 t Input

Physikalische Größe	Wert		Berechnungsgleichung, Anmerkungen
	bei 4000kg TL	bei 40000kg TL	
Temperatur	76 °C	35 °C	interpoliert nach Tab. 9
Wasseraustrag pro kg TL	0,396 kg	0,0329 kg	nach Tab. 9
Wasseraustrag gesamt	1585 kg	1315 kg	0,396kg·4000; 0,0329kg·40000

Der zur Interpolation beider Ablufttemperaturen verwendete Temperaturwert der Zuluft von 6,7°C beeinflusst die Ergebnisse nicht wesentlich.

Damit sind die Wasser- und Wärmebilanzen des Intensivrotteprozesses für den Fall „Rottegutfeuchte = 40%“ vollständig (Abb. 1). Weitere Fallstudien sind im Anhang zu finden (Abbn. 10-21).

Bemerkenswert ist der Wert des Wasseraustrags, der – unabhängig von der eingesetzten Prozessluftmenge – 1300 kg/(t Input) übersteigt. Da das Rottegut dazu voraussetzungsgemäß nur (400-267) = 133 kg/(t Input) beisteuert (nach Tab. 2), der biologische Wassergewinn $m_{H_2O}^{bio}$ nur 80 kg/(t Input) beträgt (Tab. 4) und der Eintrag per Zuluft nur 26,8 bzw. 268 kg/(t Input) ausmacht (bei 4000 bzw. 40000 kg TL), muss der verbleibende Wasserbedarf von ca. 1000 kg/(t Input) aus anderer Quelle gedeckt werden.

Analoge Berechnungen mit weiteren Werten des Parameters Rottegutfeuchte führen auf die Resultate von Tab. 6 und Tab. 7 bzw. Abb. 2 und Abb. 3. Dabei findet man generell, dass die eingesetzte Prozessluftmenge starken Einfluss auf die resultierende Ablufttemperatur hat (und damit auf die Prozessgeschwindigkeit), jedoch nur geringe Auswirkung auf den Wasserzugabebedarf. Der Wasserzugabebedarf hängt vielmehr ganz wesentlich von der Feuchte des Rotteguts (also insbesondere der Anfangsfeuchte) ab. Unterschiedliche praktische Erfahrungen zum Wasserzugabebedarf verschiedener Anlagen finden möglicherweise darin eine Erklärung.

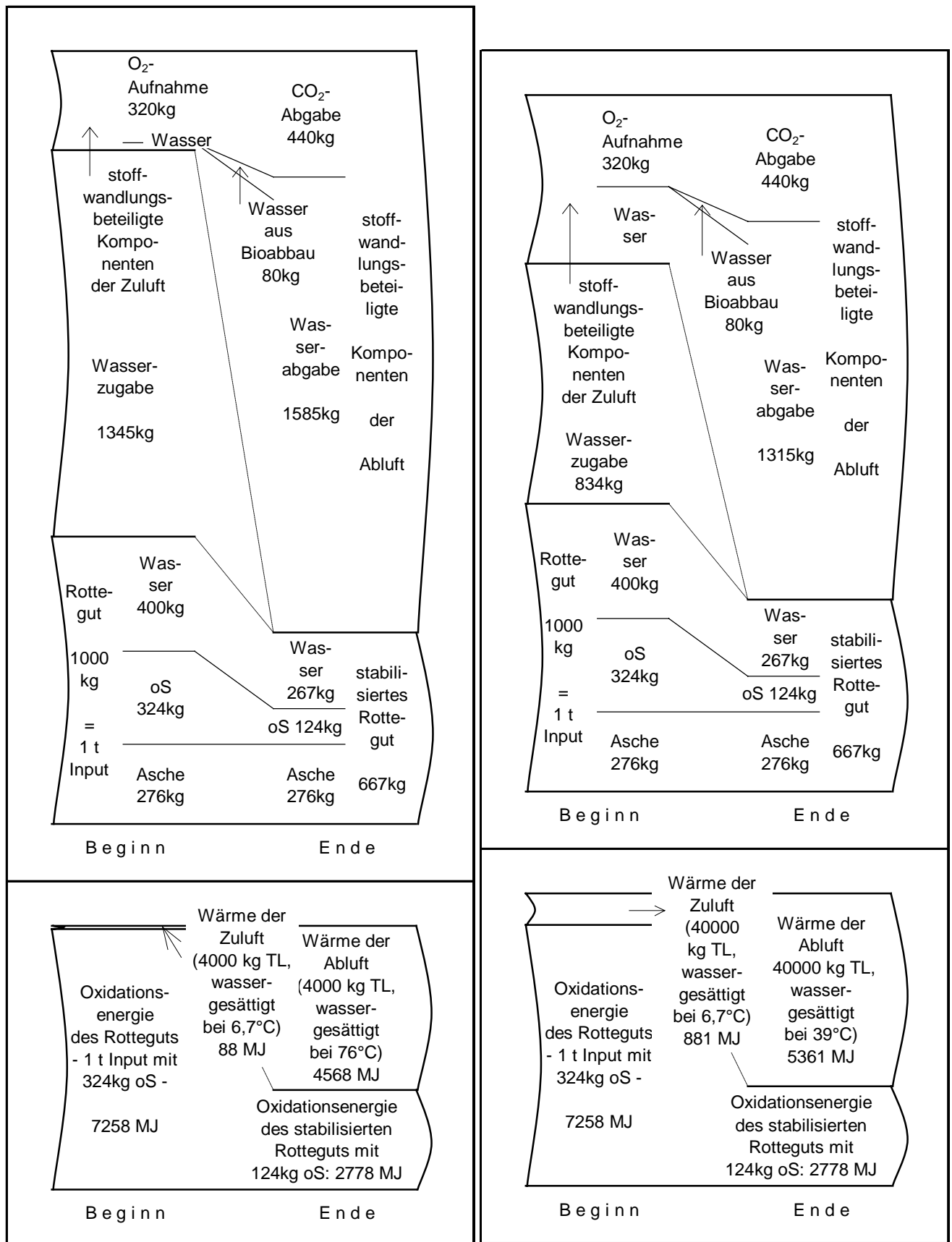


Abb. 1: Stoffbilanz (oben) und Energiebilanz (unten) eines MBA-Prozesses bei minimaler Belüftung (links) und des analogen MBA-Prozesses bei maximaler Belüftung (rechts), jeweils bei 40% Rottegutfeuchte

Tab. 6: Berechnete Ablufttemperatur (°C) bei minimaler und maximaler Belüftung in Abhängigkeit von der Rottegutfeuchte

	Feuchte = 20%	Feuchte = 40%	Feuchte = 60%
Belüftung 4000 kg TL / (t Input)	80	76	69
Belüftung 40000 kg TL / (t Input)	40	35	29

Tab. 7: Berechneter Wasserzugabebedarf (kg/(t Input)) bei minimaler und maximaler Belüftung in Abhängigkeit von der Rottegutfeuchte

	Feuchte = 20%	Feuchte = 40%	Feuchte = 60%
Belüftung 4000 kg TL / (t Input)	1940	1345	758
Belüftung 40000 kg TL / (t Input)	1423	834	217

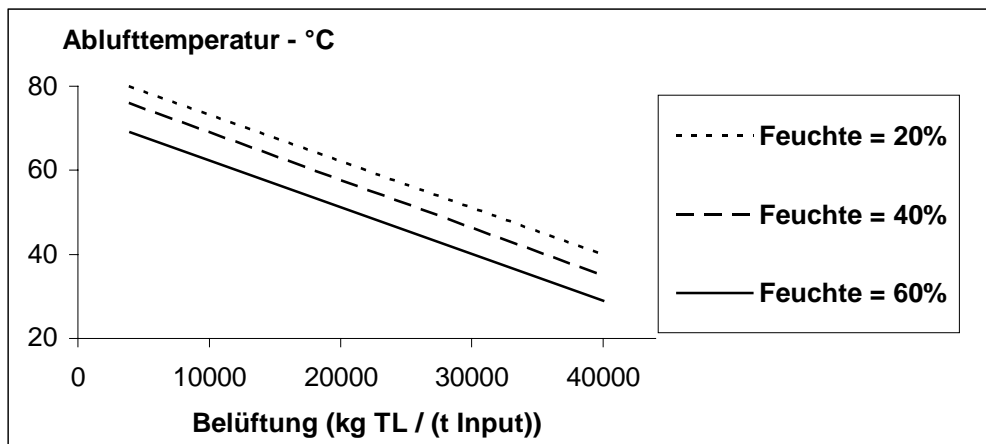


Abb. 2: Berechnete Ablufttemperatur in Abhängigkeit von Belüftung und Rottegutfeuchte

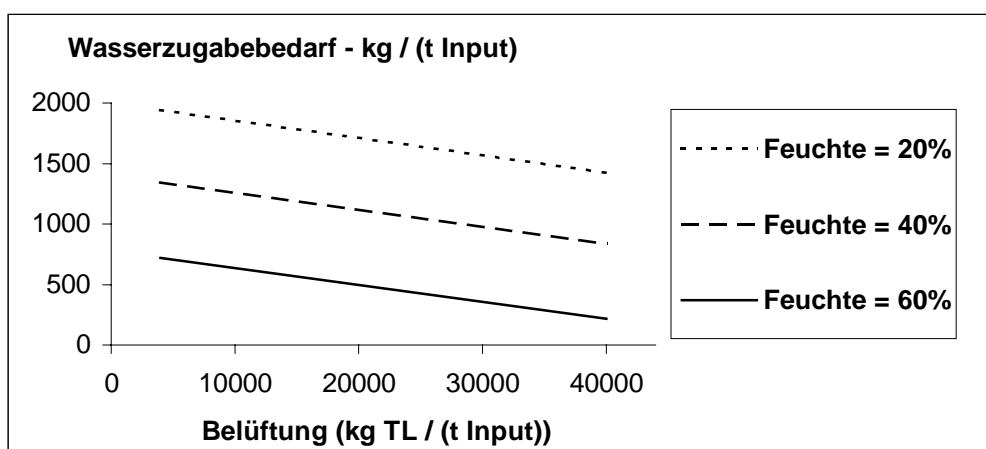


Abb. 3: Berechneter Wasserzugabebedarf in Abhängigkeit von Belüftung und Rottegutfeuchte

Vergleich des Wasserhaushalts der MBA nach modellgestützter Prognose und Großversuchen

Ein Teil der für den Wasser- und Wärmehaushalt der MBA maßgeblichen physikalischen Größen ist der messtechnischen Erfassung zugänglich und dokumentiert (Fricke und Müller, 1999). Einige besonders charakteristische Daten sind in Tab. 8 zusammengestellt.

Tab. 8: Daten zum Wasser- und Wärmehaushalt von Großversuchen

physikalisch-technische Größe	Versuch HV 1-1 (Miete)	Versuch ROCO 4 (Container)
Fassungsvermögen (m ³)	250	50
Füllmenge, Input, Anfangs-Feuchtsubstanz (t)	168	11,3
Anfangs-Schüttvolumen (m ³)		15,94
betrachtete Prozessdauer („Intensivrotte“, Wochen)	17	18
Belüftungsrate (m ³ /m ³ h)		0-27
mittlere Belüftungsrate (m ³ /m ³ h)		10,34
→ gesamte Luftmenge (m ³)	918000	71202****
→ spezifische Luftmenge (m ³ /(t Input))	5464	6301*****
→ spezifische Luftmenge (kg TL / (t Input))	7064***	8147*****
Rottegutfeuchte (%)	34-45	34-52
mittlere Rottegutfeuchte (%)	37,7	45
wöchentliche Wasserzugabe (kg)	0-39740	0-1290
gesamte Wasserzugabe (kg)	79480	3640
→ spezifische Wasserzugabe ((kg / (t Input))	473	322

* $918000 = 2250 \cdot 17 \cdot 24$

** $5464 = 918000 / 168$

*** $7064 = 5464 \cdot 1,293$

**** $71202 = 10,34 \cdot 18 \cdot 24 \cdot 15,94$

***** $6301 = 71202 / 11,3$

***** $8147 = 6301 \cdot 1,293$

Ausblick

Modellprognose und experimentelle Daten beider Großversuche zum Wasser- und Wärmehaushalt stimmen gut überein und geben Sicherheit bezüglich der mathematischen Modellbasis. Die Autoren hoffen, mit dieser Arbeit ein wenig zur Objektivierung der Diskussion um Möglichkeiten und Grenzen der MBA beizutragen, und der weiteren ingenieurtechnischen Entwicklung von MBA-Anlagen ein nützliches Hilfsmittel zur Verfügung zu stellen.

Über kleinere Differenzen zwischen berechneten und Meßdaten bleibt zu diskutieren, insbesondere auch vor dem Hintergrund der spezifische Probleme bei der Auswertung von großtechnischen Versuchen.

Anhang

- (a) Eigenschaften gesättigter Feuchtluft unter Normaldruck (Lindner, 1969) bei verschiedenen MBA-typischen Temperaturen
- (b) Stoff- und Wärmebilanzen für den MBA-Prozess – sechs Fallstudien

Der Anhang im Umfang von 17 Seiten ist bei den Autoren erhältlich.

Symbole

ρ^{TL}	Dichte von Trockenluft = 1,293 kg/m ³ bei p=1atm und T= 0°C
c_p^{TL}	spezifische Wärme von Trockenluft bei 0°C = 1,004 kJ / (kg Trockenluft K)
c_p^{Dampf}	spezifische Wärme von Wasserdampf bei 0°C = 1,92 kJ / (kg Wasserdampf K)
FS	Feuchtschub, Original-Rottegut
GV	(eigentlich c^{oS}) fachsprachlich Glühverlust bzw. korrigierter Glühverlust, Konzentration der organischen Substanz in der Rottegut-Trockenmasse (Masse-% , d. h. 100%·(kg oS) / (kg TS))
GV ₀ , GV ₁	Glühverlust vor und nach der Intensivrotte
h	Gesamtenthalpie der Luft (kJ / (kg Trockenluft))
$h^{Trockenluft}$	partielle Enthalpie Trockenluft (kJ / (kg Trockenluft))
$h^{Dampferwärmung}$	partielle Enthalpie Dampferwärmung (kJ / (kg Trockenluft))
$h^{Verdampfung}$	partielle Enthalpie Verdampfung (kJ / (kg Trockenluft))
L ^{oS}	Massenverlust der organischen Substanz im Prozessergebnis (% , d. h. 100%·(Masse oS vor dem Prozess - Masse oS nach dem Prozess) / (Masse oS vor dem Prozess)) (so bei Pichler 1999), Abbau oTS (%) (so bei Fricke und Müller 1999)
m_C^{bio}	C-Verlust durch Bioabbau von oS (kg)
$m_{CO_2}^{bio}$	CO ₂ -Gewinn durch Bioabbau von oS (kg)
$m_{H_2O}^{bio}$	H ₂ O-Gewinn durch Bioabbau von oS (kg)
$m_{O_2}^{bio}$	O ₂ -Verbrauch durch Bioabbau von oS (kg)
oS	organische Substanz
p	Druck (atm)
$p_{sat} = p_{sat}(T)$	Sättigungsdampfdruck von Wasser (atm) als Funktion der Temperatur, Dampfdruckkurve von Wasser
Q ^{bio}	Wärmegewinn durch Bioabbau von oS (MJ)
r ₀	Verdampfungswärme des Wassers bei 0°C = 2502 kJ / (kg Wasser(-dampf))
$x_{sat} = x_{sat}(T)$	Sättigungslast (kg Wasser / kg Trockenluft) als Funktion der Temperatur
T	Temperatur (°C)
TL	Trockenluft als Bestandteil von Feuchtluft
TS	Trockensubstanz, getrocknetes Rottegut
V	Gesamtvolumen (m ³)
V ^{TL}	Partialvolumen Trockenluft (m ³)
V ^{Dampf}	Partialvolumen Dampf (m ³)

Literatur

- BAEHR, H. (1996): Thermodynamik: e. Einf. in die Grundlagen und ihre techn. Anwendungen. 9. Aufl., Springer, Berlin. (Kap. 5.3 Feuchte Luft, 5.3.5 Die Wasserbelastung)
- DOEDENS, H.; C. CUHLS (2000): Möglichkeiten und Grenzen der Abluftbehandlung von MBV-Anlagen. In: R. Stegmann (Hrsg.), Deponietechnik 2000. Hamburger Ber., Bd. 16, Stuttgart: 105 - 120
- FINSTEIN, M. S.; C. F. MILLER; P. F. STROM (1986): Waste treatment composting as a controlled system. In: W. Schönborn (Hrsg.), Biotechnology., vol. 8 (Biodegradations.) - VCH, Weinheim: 363 - 398. (Kap. III.E. Relationship between Removing Heat and Supplying Oxygen)

FRICKE, K.; W. MÜLLER (1999): Stabilisierung von Restmüll durch mechanisch-biologische Behandlung und Auswirkungen auf die Deponierung. Endbericht zum Teilvorhaben Nr. 1480945 des BMBF-Verbundvorhabens „Biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“. IGW Ingenieurgesellschaft Witzenhausen Fricke & Turk GmbH, Witzenhausen

KAISER, J. (1999): Ein Simulationsmodell des Kompostierungsprozesses und seine Anwendung auf Grundfragen der Verfahrensgestaltung und Verfahrensführung. Bd. 10 der Reihe „Beiträge zur Abfallwirtschaft“ (B. Bilitewski & D. Weltin, Hrsg.), Techn. Univ. Dresden

LINDNER, H. (1969): Lehrbuch der Physik. Kap. Wärmelehre. 3. Auflage. VEB Fachbuchverlag, Leipzig

PICHLER, M. (1999): Humifizierungsprozesse und Huminstoffhaushalt während der Rotte und Deponierung von Restmüll. Fortschr.-Ber. VDI, Reihe 15 (Umwelttechnik), Nr. 213. VDI Verlag, Düsseldorf

SOYEZ, K. (Hrsg.) (1999): BMBF-Verbundvorhaben "Mechanisch-biologische Vorbehandlung von zu deponierenden Abfällen". Beiträge der Ergebnispräsentation, 7. - 8. September 1999, Univ. Potsdam

WIEMER, K. (1999): Praxisgerechter Wert. Durch Kreislaufführung kann die mechanisch-biologische Aufbereitung den Standard der Abluft-Emissionsbegrenzung nach 17. BImSchV problemlos einhalten. In: Müllmagazin 4/1999: 41 - 42

Anschrift der Autoren

Dr. Jürgen Kaiser
Dr. Konrad Soyez
Universität Potsdam
Zentrum für Umweltwissenschaften
AG Ökotechnologie
Park Babelsberg 14
14482 Potsdam

Green Biorefinery European Network for the Implementation of Biorefineries (NIB)

B. Kamm, M. Kamm, S. Kromus, M. Narodoslowsky

Zusammenfassung

Das 'European Network for the Implementation of Biorefineries (NIB)' ist ein Forum für den interdisziplinären Austausch von Informationen. BioRaffinerien repräsentieren ein komplexes System ökologischer Technologien für eine ganzheitliche stoffliche und energetische Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen (z.B. Grünen und Abfallbiomassen) aus einer im Ziel nachhaltigen Landnutzung. Das thematische und wissenschaftliche Netzwerk vereinigt WWW-Aktivitäten, interdisziplinäre Workshops, Anrainerinteressen sowie Umwelt- und Sozio-ökonomische Bewertungen. Um nachhaltig und ökonomisch erfolgreiche landwirtschaftliche Systeme in strukturell weniger entwickelten europäischen Regionen zu etablieren, ist es notwendig, Strategien zur Produktion von Non-Food-Produkten auf Basis von Grüner Biomasse zu entwickeln.

Summary

The European Network for the Implementation of Biorefineries (NIB) is a platform for interdisciplinary exchange of information. Biorefineries represent a complex system of ecological technologies for the comprehensive material and energetic utilization of renewable raw materials (green and waste biomass), targeting sustainable land utilization. The Thematic Network and Scientific Network comprises WWW Activity, Interdisciplinary Workshops, Stakeholder Involvement and Environmental and Socio-Economic Benchmarking. To establish sustainable and economically successful agricultural systems in less favoured European Regions, it is necessary to find strategies to implement the production of non-food products based on Green Biomass.

Introduction

Technology:

Biorefineries represent a complex system of ecological technologies for the comprehensive (holistic) material and energetic utilization of renewable raw materials and natural compounds in form of green and waste biomass, targeting sustainable land utilization. Green biomass stands for grass from cultivation of permanent pasture and ecological land, green crops such as lucerne, clover, immature cereals from extensive land cultivation and vegetable residues e.g. different kinds of straw and fibres (maize, grain, rape, hemp, flax, etc.), potato industry wastes and molasses. The main focus is directed to products such as lactic acid, other organic acids, proteins, amino acids, carotenoids, other pigments, alcohols, monosaccharides and fibres and the resulting applications. During the last ten years, the activities

in the field of Biorefinery Systems grew more and more and developed into an independent line within the large field of biomass technologies. Beside raw material and technological aspects, Biorefinery Concepts are particularly characterised by the approach of consideration and attention of criteria of sustainability and incorporation of technologies in regional structures summarized under the key word sustainable regional development [1]. Biorefineries are small and medium scaled systems that are operated and maintained by farmers, micro-enterprises, or SMEs.

The NIB will integrate not only concepts explicitly labelled as Biorefineries but also related technological concepts and fundamental research (Tab. 1).

Table 1: Biorefinery Concepts in Europe (not completely)

Country	Biorefinery Concepts	Research and Development Associations	Informations
Austria	Green Biorefinery for Feldbach	TU Graz, Association Sustain	[6], [7]
Denmark	Bioraf Danmark	Bioraf Danmark Foundation	[2]
Denmark	Biorefinery South Jutland,	Dansk Biomass A/S	[3], [4]
Germany	Green BioRefinery Brandenburg, Havelland-Typ	R&D Association Green BioRefinery Brandenburg	[1]
Iceland	Icelandic BioRefinery	Icelandic Biomass A/S	
Switzerland	Grass-Refinery, Region Thurgau	2B AG Bioenergy and Biomass	[5]

Environmental and Socio-Economic Assessment and Implementation Strategies:

In Europe, no consensus on Environmental Assessment tools has been achieved yet. Life Cycle Assessment (LCA) [8] is an approach very well elaborated but is more a descriptive tool compared to Sustainability Indicators like the SPI [9] and Environmental Pressure Indicators or the Function and Services of Nature [10] concept that allow a statement about the degree of sustainability attained. For sound Environmental Assessment and the integration of Socio-Economic cost/benefit analysis by also internalizing external costs [11], probably a combination of tools is necessary. Existing Environmental Assessment case studies will serve as starting point for the evaluation of Biorefinery concepts. E.g. LCA studies for oilseed products [12] and experiences with the implementation strategies of Biogas Production and Biomass Combustion as well as the implementation of the Utilization of Solar Energy will be used for the NIB.

INNOVATION ASPECTS

The NIB is one of the first attempts to establish a comprehensive network, mainly based on the World Wide Web to integrate information exchange of Technology Development, Environmental and Socio-Economic Assessment and Implementation Strategies. The information provided serves for concept discussions and will help to choose applicable methods as well as a platform for co-operation of researchers with users in the field of sustainable regional development and the economical production of non-food products based on extensive agriculture. Practical outcome of the NIB is a stakeholder feedback influenced Environmental and Socio-Economic Benchmarking of different European Biorefinery initiatives elaborated by elected NIB representatives. The achieved Benchmarks can be used as reference easily accessible via the Internet. The NIB offers the opportunity to find partners for future RTD projects as well as it increases the knowledge of Biorefineries. Finally, the NIB will facilitate regions with principal decision factors on Biorefinery concepts. A high potential for tailor made solutions including process design, environmental and socio-economic evaluation, and the best methods and tools for implementation in European rural areas will be the output of the activity. The NIB is a great opportunity for farmers to achieve practical information very quickly and directly based on research results (see fig. 1)

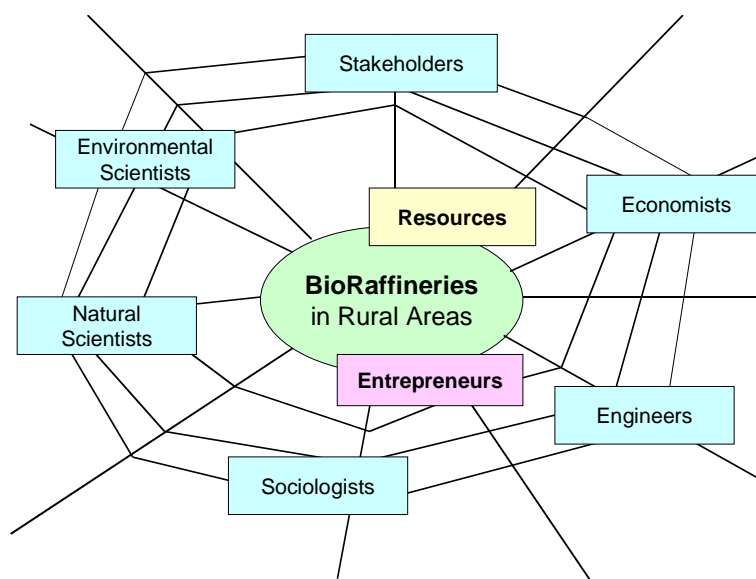


Fig. 1: Thematic Network (NIB): Integration of Biorefineries in Rural Areas

Beginning of the Project

The NIB was founded in the end of the year 1999 after the 2nd International Symposium “Green Biorefinery” in Feldbach, Austria (October 13-14, 1999). Initiator is the Technical University of Graz, Institute of Chemical Engineering Fundamentals and Process Technology and SUSTAIN, the Austria Association for the co-ordination of research on sustainable development, Graz. Co-Initiator is the University of Potsdam with the Institute of Organic Chemistry and Structure Elucidation, Research Group Bio-Organic Synthetic Chemistry and the Centre of Environmental Sciences, Working Group Green Biorefinery.

Project Management and Consortium

The consortium of the NIB is an interdisciplinary alliance of excellent experts from the fields of Natural Sciences, Social Sciences, Economic Sciences, Technology and Engineering in a European dimension. The NIB ensures that the know will be available on a central platform and thus efficiency will be increased.

Today over 50 participants from 12 European countries are involved in vivid and controversial discussions and accelerate the knowledge transition to the relevant regions and users. It will be possible to provide knowledge from all fields touched by the Biorefinery concepts. The Key Group Representatives and the National Team Leader have been appointed due to their special experience in carrying out complex development tasks in a European magnitude.

Project Workplan

The key focus of the Network for the Implementation of Biorefineries (NIB) is to establish a platform for interdisciplinary exchange of information. As Biorefineries include not only the application of complex technologies but also environmental and socio-economic assessment it is urgent to communicate in a channelled way across Europe. Micro-Enterprises and SMEs (Small and Middle Enterprises) can only compete with large companies if they are able to develop innovative products and services (including environmental services) and find an economic niche. Such enterprises must be considered being too small to cover complex research on Biorefineries. But also single research institutions are overtaxed conducting scientific work on such a large field. Therefore, and to achieve the target of

sustainable regional development operationalised by farmers, micro-enterprises and SMEs a broad basis of co-operation is compelling.

• **Organizational Structure** – Standardization of dissemination activity

Ensuring an effective communication among the European countries organizational structures will be set up at first. This task will be carried out via Internet.

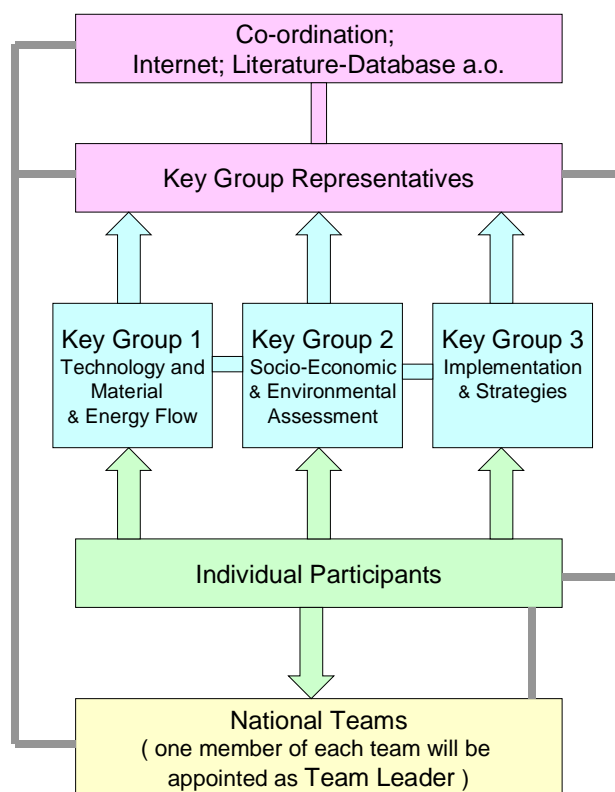


Fig. 2: Organisational Structure

All participants will be divided into 3 Key Groups as well as into National Teams as shown in the description of the participants (table 2 & 3, figure 2).

1. Key Group 1: Technology and Material & Energy Flow
2. Key Group 2: Environmental and Socio-Economic Assessment
3. Key Group 3: Implementation Strategies

Table 2: Key Group Representatives

Function	Name	Institute Name	Country
Co-ordinator	M. Narodoslawsky, S. Kromus	Graz University of Technology	Austria
Key Group 1	B. Kamm, M. Kamm	University of Potsdam	Germany
Key Group 2	M. Hanegraaf, H. van Zeijts	Stichting Centrum voor Landbouw en milieu (CLM)	Netherlands
Key Group 3	A. Buttimer, K. Dawson	National University of Ireland	Ireland

For each Key Group the Representative will be introduced as well as the final appointment of the National Team Leaders will be carried out.

Table 3: National Team Leader

Country	Name	Institute Name	Co
Austria	M. Narodoslowsky, S. Kromus	Graz University of Technology	A
Denmark	P. Kiel	South Denmark University, Esbjerg	DK
Finland	K. Pahkala, A.J. Soukannas	Agriculture Research Centre of Finland	FIN
Germany	B. Kamm, M. Kamm	University of Potsdam	D
Hungary	K. Reczey	Technical University of Budapest	HU
Iceland	A. Leifsson, V.K. Jónsson	Icelandic Biomass A.S.; University of Iceland, Reykjavik	IS
Ireland	A. Buttimer, K. Dawson	National University of Ireland	IRL
Latvia	M. Bekkers, U. Visturs	University of Latvia	LV
Netherlands	R.S. de Groot, J. v.d. Perk	Foundation for Sustainable Development	NL
Switzerland	P.H. Müller, S. Grass	2B AG Biomass and Bioenergy; ETH Zürich	CH
Portugal	V. Rodrigues	ENERAMB-Technologia	P
United Kingdom	D. Wilman	University of Wales	UK

For all papers results and summaries published and disseminated by the NIB, standards, reporting system and distribution structures will be elaborated integrating also Internet activities. These standards are applicable for all further activities.

• **World Wide Web Activity**

The communication tool most efficient and demanding the least financial resources is obviously the Internet. Therefore it is planned to create an Internet-Homepage (Subcontracting). (E.g. www.biorefinery.net). This well maintained homepage will be structured in five categories:

1. **Main Homepage** including Biorefinery initiatives in Europe, Involved Regions, description of participants and their approaches to the different tasks, publications for download, links to participants' own homepages, links to homepages generally related to the topic and the NIB schedule.
2. **“Farmer’s Section”**: On this part of the homepage popularly scientific information and overviews will be published. Including contact addresses for each country.
3. The Internet Homepage will serve as **dissemination platform** of NIB activity results. Via this section it will be possible to download information or to order printed versions of the most important deliverables.
4. Two distinct **Newsgroups** will serve as discussion platform – one for Users to ask questions and to receive individual information and one for scientific exchange of information. Via the scientific newsgroup different approaches to the NIB tasks will be discussed.
5. To increase scientific efficiency it is necessary to ensure quick access to information that is globally available, therefore a **Literature Database (Other Specific Project)** will be installed and regularly updated. Participants will have the opportunity to annotate the different articles.

• **Interdisciplinary Workshops (WS)**

The successful fruition of the NIB requires an effective organisation and a common base of communication. Still, personal communication cannot be substituted by electronic tools completely. Thus Workshops will provide the possibility for live and controversial discussions and elaboration of a workplan for Environmental and Socio-Economic Assessment case studies as well as about resulting implementation strategies. A series of workshops (WS) concentrating on technological set up and implementation tools will be the cornerstone of the Thematic Network. Although some WS will deal with specific topics it is thought to organise all of them interdisciplinary (e.g. in case of focusing on technological issues, NIB participants from rural development should also give inputs). This will enable an interactive planning process where possible errors can be avoided on a very early stage.

1. **Interdisciplinary WS 1:** Green Biomass Utilization Technology in European Regions; Biorefinery Initiatives – Continuation of discussing Socio-Economic and Environmental Evaluation Methods and Implementation Tools, already started in the Internet. Regions with the most concrete initiatives will be selected where Key Group Representatives plus the Co-ordinator will carry out case studies.
2. **Interdisciplinary WS 2:** Open Meeting for Participants and Stakeholders → Presentation of Results of Key Group Activity (Environmental and Socio-Economic Benchmarking)
Discussion of Implementation Tools including already received feedback. Selected stakeholders will be invited.
3. **Interdisciplinary WS 3:** Final Meeting (always after a period of 1 or 2 years)– Discussion of results; Agreement on further Research Activities. Technology Concepts, Socio-Economic and Environmental Benchmarks, Stakeholder Feedback, and Discussions will be prepared for publication. The aim is to elaborate a decision base for politicians, companies and farmers for investment or research support. WS3 can also be seen as an opportunity to initiate research partnership and RTD groups.

• **Stakeholder Identification and Initiation of Involvement → Discussions**

National Team Leaders will identify relevant stakeholders or representing organisations and inform them about the ongoing Network activity. National Teams prepare the mission of the Key Group Representatives and the Co-ordinator to the selected regions. Stakeholders will be informed about the forthcoming of the NIB. First feedback on the Biorefinery Initiatives will be collected. Stakeholders will be motivated to take part on discussions via Internet or personally with NIB participants and Key Group Representatives.

After WS2, National Teams will inform stakeholders who could not attend WS2. Feedback of this information incentive will be introduced into the final report. The received feedback will also enable the selection and adjustment of Biorefinery implementation strategies.

Key Questions are

- ✗ Minimum size of Biorefineries?
- ✗ Will farmers directly hold shares or do they ‘just’ deliver the raw material (including capital risk and responsibilities); → Organisational Structure of Biorefineries and legal status. (Company, Association, etc.)?
- ✗ Listing different preferences in Europe

• **Short Term Staff Exchange** – Data Collection in selected Regions

For Socio-Economic and Environmental Assessment it is of importance to collect data directly in the region of concern. Thus the Key Group Representatives plus the Co-ordinator will travel to the selected regions (see WS1). Data collection will cover the fields Material & Energy Flow; Socio-Economic Data; Environmental Data. Stakeholders who are already involved by the National Teams will be informed about the different Initiatives in Europe and the possibility of discussions will be offered.

After finishing the staff exchange a short report will be published via Internet mainly focusing on Technology. All gathered data will be incorporated in the elaboration of Socio-Economic and Environmental Assessment and the discussion of different Implementation Tools. The aim is to achieve Socio-Economic and Environmental Benchmarks of the different Biorefinery initiatives as well as to provide the network participants with complex information for further project implementation.

• **Environmental and Socio-Economic Benchmarking** of selected 'Biorefinery Initiatives'

Applying a reasonable combination of several existing Environmental Assessment tools like the SPI (Sustainable Process Index), Life cycle assessment, or Integrated Environmental Assessment and Nature Valuation will provide all participants with environmental benchmarks in a European dimension. The combination of the methods applied will be elaborated through the ongoing discussion and judgement of approaches via the Internet.

At WS3 the results will be discussed and agreement upon a general environmental interpretation of the Biorefinery shall be achieved. The benchmarks can be used as reference for the judgement of any other similar European projects.

The cultural landscape is a spatial system of activity that is perceived by human beings as a unit and results from man's interaction with what is to be found in his natural environment. Sustainable cultural landscapes should be characterised by an optimal mix of ecological land (not used), permanent pasture (used by humans), forests, arable land, and commerce & industry with the task of ensuring a high degree of biodiversity, and living standard for the citizens, as well as the closing of material, and energy flow cycles to provide future generations with all resources they will request.

Thus talking of sustainable regional development of less favoured areas in Europe it is meant to preserve or restore the optimal mix of land use by increasing the economic living standards at the same time. Environmental benchmarking therefore will also be an indicator showing the degree of preservation or restoration of sustainable cultural landscapes. With it the potential of Biorefineries to preserve or restore the optimal mix of land utilisation is measured (e.g. increasing the amount of permanent pasture by reducing the area of arable land).

Again, co-ordination of the benchmark elaboration will be carried out via Internet.

References

- [1] KAMM, B.; KAMM, M.: The Green Biorefinery – Principles, Technologies and Products; In: SUSTAIN (ed.), Proceedings, 2nd Int. Symposium on "The Green Biorefinery" Oct. 13-14 1999; Feldbach (A) 1999, 46 - 69
- [2] LOEFQUIST, B.; FUGLSANG, H.; SCHADE, J. R.; PAPTATHEOFANOUS, M. G.; KOULLAS, D. P.; KOUKIOS, E. G.: The Whole Crop Biorefinery Project; Bioraf Danmark Foundation, Aakirkeby (DK) 1995
- [3] ANDERSEN, M.; KIEL, P.: Lactic Acid as a central chemical compound in an integrated utilisation of grass, clover and alfalfa in the green biorefinery; in: Delegate Manual 6th Symposium

- on Renewable Resources for the Chemical Industry together with the 4th Symposium on Industrial Crops and Products, 23-25 March 1999, Bonn; Elsevier Science Ltd.; Bonn (D) 1999
- [4] DERKSEN, J. T.-P.: Industrial applications for biopolymers: the versatility of proteins; in: Results, European Conference on Renewable Raw Materials, Oct. 6-8 1998, Gmunden (A); Austrian Federal Ministry of Agriculture and Forestry; Vienna (A) 1998
- [5] GRASS, S.; HANSEN, G.: Production of Ethanol or Biogas, Protein Concentrate and Technical Fibers from Clover/Grass; in: Biomass Congress of the Americas, Proceedings; Oakland (USA) 1999
- [6a] KROMUS, S.; NARODOSLAWSKY, M.: Elaboration of a decentralised 'Green Biorefinery for the Austrian region of 'Feldbach'. MSc-Thesis and Report, 1998 [University of Technology Graz, Institute of Process Engineering (M. Narodoslowsky, Supervisor of the Thesis), 1998]
- [6b] KROMUS, S.: A Concept of a Decentralised Green Biorefinery for the Austrian region Feldbach In: SUSTAIN (ed.), Proceedings, 2nd Int. Symposium on "The Green Biorefinery" Oct. 13-14 1999; Feldbach (A) 1999, 32 - 45
- [7] FAIR-CT96-3026: Fractionation of lucerne juice to create nutritional and functional protein ingredients for food and non-food industry
- [8] HAUSCHILD, M.; WENZEL, H.: Environmental Assessment of Products, Volumes 1 and 2; Chapman & Hall, Thompson Science, London (UK) 1997
- [9] KROTSCHKE, C.; NARODOSLAWSKY, M.: The Sustainable Process Index, A new dimension in ecological evaluation: in: Ecological Engineering, 6 (1996) pp. 241 - 258, Elsevier Science B.V.; GB 1996
- [10] DE GROOT, R. S.: Functions of Nature – Evaluation of nature in environmental planning, management and decision making; Wolters Noordhoff BV; Groningen 1992
CRITNIC PL9702076: Making Sustainability Operational: Critical Natural Capital and the Implications of a Strong Sustainability Criterion; May 1998 - May 2000
- [11] CONSTANZE, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R. S.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R. V.; PARUELO, J.; RASKIN, R. G.; SUTTON, P.; VAN DEN BELT, M.: The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital; in: Nature V. 387/15, May 1997; USA, 1997
- [12] WIGHTMAN, P. S.; EAVIS, R. M.; WALKER, K. C.; BATCHELOR, S. E.; CARRUTHERS, S. P.: A comparative LCA of hydraulic lubricants made from mineral oil and rapeseed oil; in: Delegate Manual 6th Symposium on Renewable Resources for the Chemical Industry together with the 4th Symposium on Industrial Crops and Products, 23-25 March 1999, Bonn; Elsevier Science Ltd.; Bonn (D) 1999

Addresses of the authors

Prof. Dr. Michael Narodoslowsky
Graz University of Technology
Dep. of Chemical Engineering, Institute of Fundamentals and Process Technology
Inffeldgasse 25/C/II, A-8010 Graz,
tel. ++43+316-873-7464,
e-mail: naro@glvt.tu-graz.ac.at

Dr. Birgit Kamm
University of Potsdam, Centre of Environmental Sciences, Working Group Green Biorefinery, Research Centre Teltow-Seehof,
Kantstraße 55, D-14513 Teltow,
tel. ++49+3328-46531,
e-mail: kamm@rz.uni-potsdam.de

MSci Stefan Kromus
SUSTAIN, Association for the co-ordination of
research on sustainable development
Kaingasse 5, A-1210 Vienna
tel. ++43+1-294 92 03
e-mail: stefan.kromus@utanet.at

DC Michael Kamm
University of Potsdam, Institute of Organic
Chemistry and Structure Elucidation,
Research Group Bio-Organic Synthetic Chemistry
Research Centre Teltow-Seehof, Kantstraße 55,
D-14513 Teltow, tel. ++49+3328-46425,
e-mail: mkamm@rz.uni-potsdam.de

Grüne Bioraffinerie Brandenburg

Beiträge zur Produkt- und Technologieentwicklung sowie Bewertung

B. Kamm, M. Kamm, K. Richter, B. Linke, I. Starke, M. Narodoslawsky, K.-D. Schwenke, S. Kromus, G. Filler, M. Kuhnt, B. Lange, U. Lubahn, A. Segert, I. Zierke

Zusammenfassung

Die AG Grüne Bioraffinerie präsentiert das Konzept Grüne Bioraffinerie Brandenburg (GBR-B) und erste Daten von primären und sekundären GBR-Technologien, die zu technisch und wirtschaftlich sinnvollen Zwischenprodukten und Endprodukten führen. Hauptaugenmerk liegt auf den GBR Produkten Milchsäure, Aminosäuren, Chlorophyll, Kohlenhydrate, Proteine und Fasern. Grüne Biomassen, wie Gras oder grüne Wirtschaftspflanzen, wie Luzerne, Klee, unreifes Getreide aus einer extensiven (oder wenig intensiven) Landbewirtschaftung sind ein exzellenter Bioraffinerie-Rohstoff. Mit Hilfe von Methoden der Biotechnologie, der Prozesstechnologie, der ‚Sanften‘ und der ‚Grünen‘ Chemie, der Nicht-klassischen Chemie wird versucht, diese Wertstoffe naturbelassen zu isolieren und durch sanfte, schonende Konversionen einer wirtschaftlichen Nutzung zuzuführen. Erste Resultate von Implementierungsstrategien der Technologien in Kombination mit einem Grüngut-Trockenwerk werden beschrieben.

Summary

The AG Grüne Bioraffinerie presents the concept ‘Green BioRefinery Brandenburg’ (BBR-B) and first data of primary and secondary GBR-technologies as well as technologically and economically meaningful intermediate and final products. The main focus is directed to GBR-products, such as lactic acid, amino acids, chlorophyll, carbohydrates, proteins and fibers. Green Biomass for example grass or green crops, such as lucerne, clover, immature cereals from extensive (or less intensive) land cultivation are an excellent raw material of Green Biorefinery. By the help of the biotechnology, the processing technologies, the ‘soft’ and ‘green’ chemistry, these valuable materials can be isolated in their natural form, or via mild conversion carefully be devoted to an economical utilization. First results of strategies of implementation of technologies and products combined with a green crop drying industry were described.

Einleitung

Die Erhaltung und Bewirtschaftung der Ressourcen ist ein wesentlicher Politikbereich einer umweltverträglichen, nachhaltigen Entwicklung, der mit der Agenda 21 als Aktionsprogramm für das 21. Jahrhundert von mehr als 170 Staaten im Juni 1992 in Rio de Janeiro verabschiedet wurde. Dies beinhaltet neue Lösungen zu suchen, um den derzeitigen Prozess des rasanten Verbrauchs an fossilen, nicht erneuerbaren Ressourcen (Erdöl, Erdgas, Kohle, Mineralien) zu entschleunigen. Wesentlich wird

dabei sein, inwieweit es gelingt, die derzeitige auf fossilen Rohstoffen basierende Produktion von Waren und Dienstleistungen schrittweise auf eine auf biologische Rohstoffe basierende industrielle Produktion von Waren und Dienstleistungen umzustellen. International einig ist man sich darin, dass von dieser Umstellung die Weiterentwicklung der menschlichen Zivilisation und die Weltökonomie abhängig sein wird. Ein nachhaltiges ökonomisches Wachstum erfordert sichere, nachhaltige Rohstoffressourcen für die industrielle Produktion. Der heute vorherrschende industrielle Rohstoff Erdöl ist weder nachhaltig, da endlich, noch umweltfreundlich. Die Umstellung ganzer Volkswirtschaften auf biologische Rohstoffe als Wertschöpfungsquelle erfordert jedoch ganz neue Ansätze in Forschung und Entwicklung. Zum einen kommen den Biologischen Wissenschaften eine führende Rolle bei der Formierung der Zukunftsindustrien des 21. Jh. zu. Zum anderen müssen neue Wege des Zusammenwirkens der biologischen, physikalischen, chemischen und technischen Wissenschaften erarbeitet und gefunden werden. Und dies im Verbund mit neuen Verkehrstechnologien, Medien- & Informationstechnologien, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften. Die Entwicklung von Biorefinerien wird dabei „der Schlüssel für den Zugang zu einer integrierten Produktion von Nahrungsmitteln, Futtermitteln, Chemikalien, Werkstoffen, Gebrauchsgütern und Brennstoffen auf Basis biologischer Rohstoffe der Zukunft sein“ (*National Research Council, USA, 2000 [19]*).

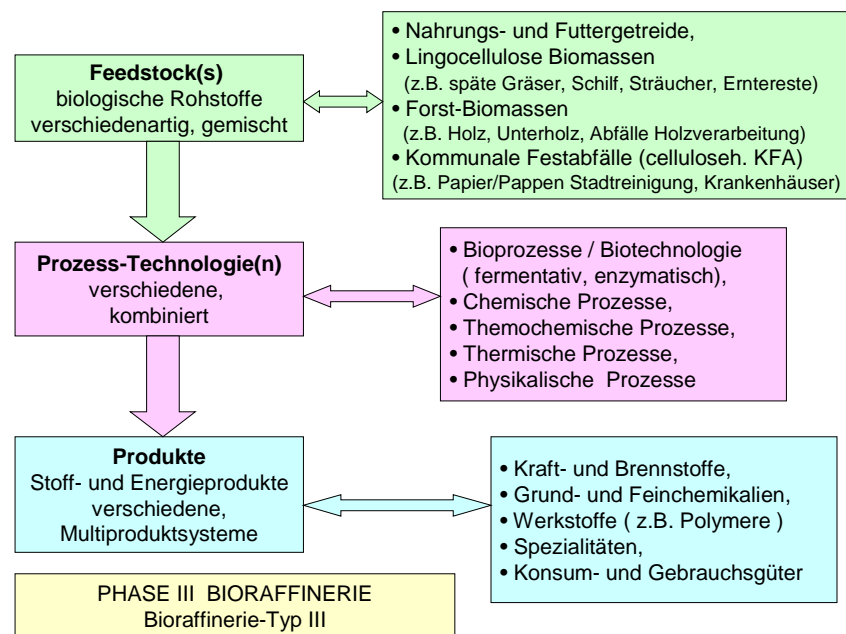


Abb. 1: Grundprinzipien einer Biorefinerie (Phase III /Typ III-Biorefinerie)

Biorefinerie, Biorefineriewerte und Biorefineriewerte

Arbeiten an Biorefinerie-Konzepten, d.h. zunächst die Fraktionierung von Biomasse in Anlehnung an die Physiologie und biologisch-chemische Vielfalt der Inhaltsstoffe und entsprechende Nutzung und Verarbeitung der so erhaltenen Fraktionen gab es schon lange, bevor der Name Biorefinerie/biorefinery etwa ab der Mitte der 80er Jahre des 20. Jahrhunderts in der Fachwelt auftauchte. Wissenschaftlich lassen sich solche Arbeiten bis zu den französischen Chemikern *G.F. & H.M. Roule* 1773 (Herstellung von Proteinextrakten aus Luzerneblättern) zurückverfolgen (vgl. *Kamm, 1999 [1]*). Zu erwähnen seien an dieser Stelle — aus Platzgründen stellvertretend — die Arbeiten von *Osborn* 1920; *Slade & Birkinshaw, 1939, [2]*, *Pirie, 1937, 1942 [3]* (vgl. *Pirie, 1975 [4]* und *Schwenke, 1985 [5]*) zur Gewinnung von Proteinfractionen (ursprünglich zum Zweck der Gewinnung von Nahrungsmitteln) aus grünen Pflanzen, wie Luzerne; die Entwicklung der Gewinnung von Protein-Xanthophyll-Konzentraten zur Großtechnologie (Proxan®- und Alfaprox®-Verfahren, 1972-73 [6]); die amerikanischen und chinesischen Verwertungskonzepte für schnellwachsende Holzgräser (*Shen,*

1982, 1984 [7]), die Agro-Konzepte zur gekoppelten Grünfütter- und Reststoffverwertung (Silage-, Rohprotein- und Biogas-Erzeugung, *Heier*, 1983 [8]). Wesentlich zur Entwicklung von Bioraffinerie-Systemen, insbesondere von Grünen Bioraffinerien trugen die Arbeiten von *Carlsson* bei, welcher die Sinnhaftigkeit und Notwendigkeit solcher Systeme, insbesondere aus pflanzenphysiologischer und ökologischer Sicht begründete (*Carlsson*, 1982 [9], 1989 [11]). Nicht zuletzt trugen zur Etablierung heutiger Bioraffinerie-Konzepte — auch hier stellvertretend — die biotechnologisch-chemischen Verwertungskonzepte von Melasse — einem Bulk-Nebenprodukt der Zuckerraffination (vgl. Amino-GmbH Frellstedt, in *Kamm*, 1997 [12]) — und die Getreide-Nassmahlverfahren mit angeschlossenen biotechnologischen und chemischen Produktlinien (*Hacking*, 1986 [13], vgl. **Abb. 3**) bei.

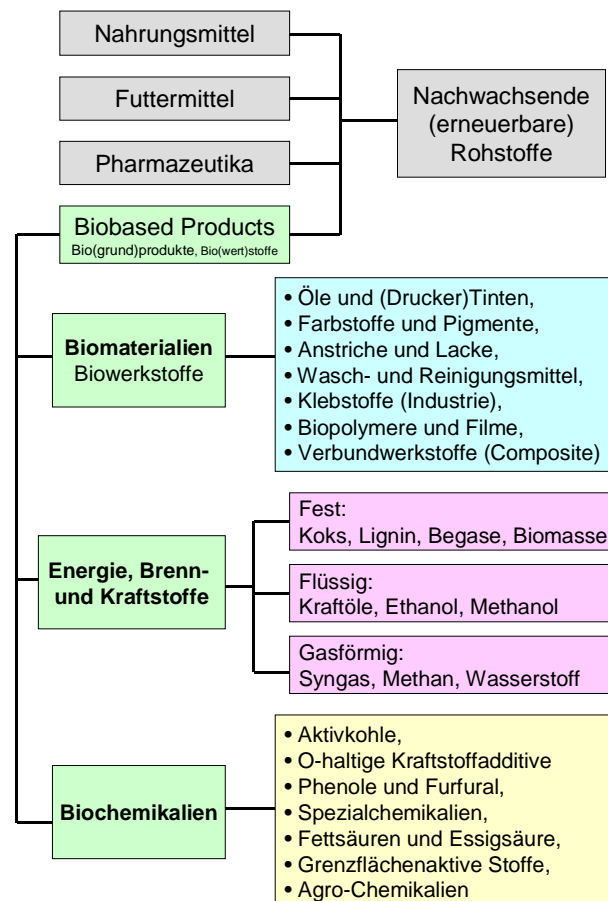


Abb. 2: Gegenwärtig hergestellte Produkte bzw. Produktklassen auf Basis biologischer Rohstoffe

Biologische Rohstoffe und Biologische Grundprodukte (biobased products)

Die Mehrzahl der biologischen Rohstoffe werden in der Landwirtschaft, der Waldwirtschaft und durch mikrobielle Systeme produziert. Waldbaupflanzen sind ein hervorragender Rohstoff für die Papier- und Pappenindustrie, der Bauwirtschaft und der chemischen Industrie. Ackerfrüchte bilden einen organisch-chemischen Pool, aus welchem Kraft- und Brennstoffe, Chemikalien und Chemieprodukte sowie Biomaterialien (vgl. **Abb. 2** & [14]) produziert werden können. Abfallbiomassen sowie Biomassen der Natur- und Landschaftspflege sind wertvolle organische Rohstoffreservoirs und entsprechend ihrer Zusammensetzung zu nutzen. Im Zuge der Entwicklung von Bioraffinerie-Systemen wird der Begriff Abfallbiomasse mittelfristig veralten. Viele biobasierende Industrieprodukte sind Ergebnisse einer direkten physikalischen oder chemischen Be- oder Verarbeitung von Biomasse: z.B. Cellulose, Stärke, Öle, Proteine, Lignin und Terpene. Andere werden indirekt aus Kohlenhydraten unter Nutzung von biotechnologischen Verfahren, wie mikrobiellen und enzymatischen Prozessen produ-

ziert (Szamant, 1987 [15], Richter & Kamm, 1997. [16], Danner & Brown, 1999 [17]). Heute werden bereits eine Vielzahl an Produkten und Produktklassen auf Basis biologischer Rohstoffe produziert (Abb. 2.). Andererseits werden gegenwärtig lediglich 7% der auf Pflanzen basierten Weltbiomasseproduktion von $6,9 \times 10^{17}$ kcal/Jahr (1997) verwertet bzw. genutzt. 93% des erneuerbaren Rohstoffreservoirs bleiben ungenutzt. Für die USA heißt dies beispielsweise: 1996 wurden weniger als 1% an produzierter Biomasse energetisch und weniger als 5% stofflich genutzt (NCGA-USA, 1998 [18]). Warum ist dies so? Der Marktpreis von biologisch basierenden Industrieprodukten, Konsumgütern und Dienstleistungen hängt im wesentlichen von zwei Faktoren ab: (1) von den Kosten der biologischen Rohstoffe, aus denen ein Produkt hergestellt wird und (2) von den Kosten der Prozesstechnologie die benötigt wird, um den Rohstoff in das gewünschte Produkt zu konvertieren. Auch sind der gegenwärtigen fossil based Weltökonomie Entwicklungshemmnisse anzulasten.

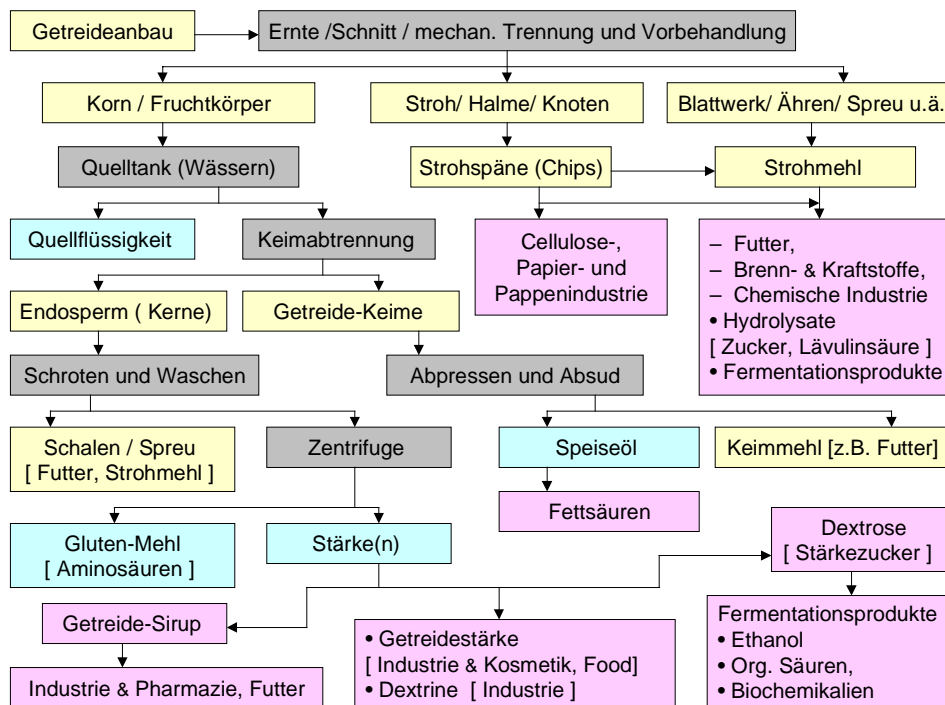


Abb. 3: Beispiel für eine Bioraffinerie auf Basis einer Getreide-Nassmühle (Phase II-Bioraffinerie)

Das Bioraffinerie Konzept (BR-Konzept)

Gegenwärtig erzeugen Erdöl-Raffinerien sehr effizient eine Vielzahl von Produkten für nahezu alle Lebensbereiche. Der fossile Rohstoff ist billig, steht jedoch nur begrenzt zur Verfügung. Die Entwicklung von vergleichbaren Bioraffinerien wird notwendig, um viele biologische Produkte konkurrenzfähig zu ihren auf fossile Rohstoffe basierenden Äquivalentprodukten zu machen. Jede Bioraffinerie raffiniert und konvertiert ihre jeweiligen biologischen Rohstoffe in eine Vielzahl von Wertprodukten. Die Produktpalette einer Bioraffinerie umfasst nicht nur solche Produkte, die in einer Erdölraffinerie hergestellt werden, sondern im besonderen auch solche, die Erdölraffinerien nicht produzieren können. Einige Beispiele an bekannten und potentiellen Bioraffinerieprodukten seien im folgenden aufgeführt: (1) Fermentations-feedstocks [Stärke, Dextrose, Saccharose, Cellulose, Hemicellulose, Melasse, Proteine]; (2) Food-Produkte [Öle, Stärken, Süßstoffe]; (3) Nonfood-Industrieprodukte [Füll- und Dämmmaterialien, Papier und Pappenformate, Textilformate, Klebstoffe und Bindemittel]; (4) Chemische Grund- und Zwischenprodukte [Milchsäure, Essigsäure, Zitronensäure, Bernsteinsäure, Aminosäuren]; (5) Kraft-/Brennstoffe [Ethanol, Aceton, Butanol]; (6) Lösungsmittel [Ethanol, Butanol, Aceton, Ester]; (7) industrielle Enzyme; (8) bioabbaubare Polymere [Gummen/Elaste & Plaste].

Bioraffinerie-Design

Um solche Produktziele zu erreichen, ist es notwendig, dass zum einen neue Bioraffinerie-Basistechnologien entwickelt und zum anderen die heute bekannten Technologien kombinatorisch eingesetzt werden. Viele Bioraffinerie-Endprodukte werden erst durch eine sinnvolle nachhaltige und ökonomische Kombination verschiedener Prozesse und Methoden (z.B. thermische, mechanische, chemische und biologische Verfahren und Technologien) herstellbar. Das Entwickeln von tragfähigen Bioraffinerien erfordert ein hochgradig interdisziplinäres Zusammenspiel der verschiedensten Fachdisziplinen in Forschung und Entwicklung. Es erscheint daher zulässig von *Bioraffinerie-Design* zu sprechen. Bioraffinerie-Design heißt: auf fundierter, seriöser wissenschaftlicher und technologischer Basis, praxisnah und anwendungsorientiert Technologien, Prozesse, Produkte und Produktlinien zu Bioraffinerien zusammenzuführen. Design-Konzepte werden zukünftig u.a. aufbauen auf: **(1)** die Lignocellulose-Feedstock-Konversion [LCF-Bioraffinerie, LCF-Vorbehandlung, effektive Trennung der LCF in Lignin, Cellulose und Hemicellulose (Abb. 4)]; **(2)** die Weiterentwicklung von thermischen, chemischen und mechanischen Prozessen [z.B. neue Aufschlussmethoden, Vergasung (Synthesegas) und Verflüssigung von Biomasse]; **(3)** die Weiterentwicklung biologischer Prozesse [Biosynthese, Stärke- und Celluloseabbauende Bakterien u.a.]; **(4)** die Kombination von Stoffwandlungen [z.B. biotechnologischer und chemischer]; **(5)** Grüne Bioraffinerie-Konzepte; **(6)** die Forcierung von F&E auf Phase III/Typ III-Bioraffinerien [Feedstock-Mix + Prozess-Mix → Produkt-Mix, (Abb. 1, 3-5)].

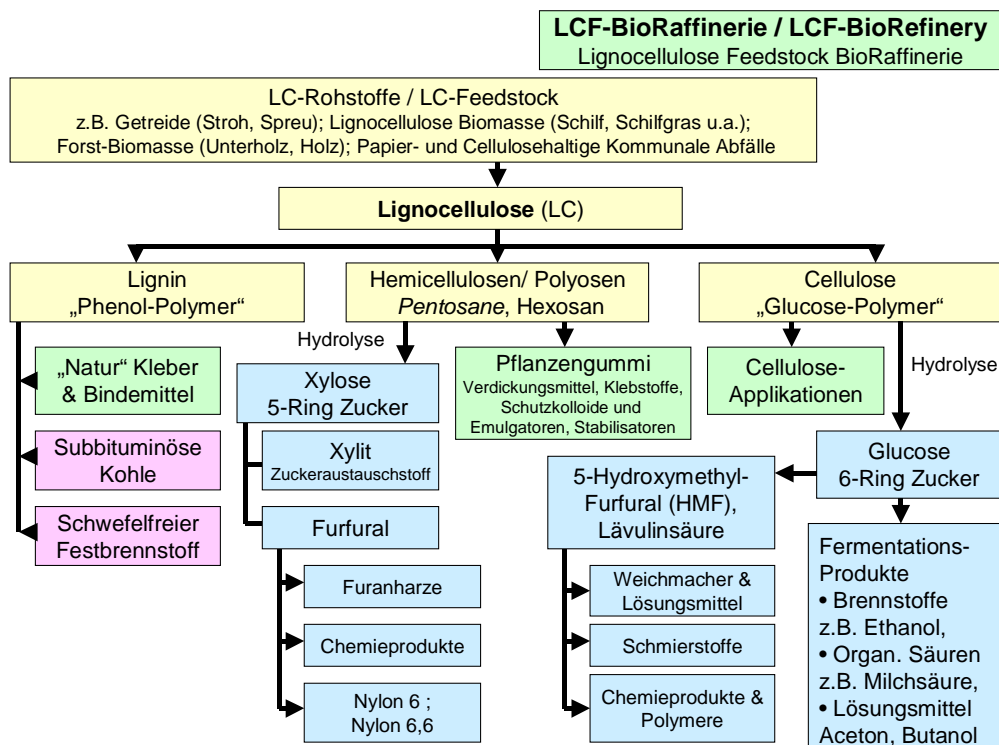


Abb. 4: Bioraffinerie-Design; Lignocellulose-Feedstock-Bioraffinerie (LCF-Bioraffinerie, Phase III)

Schlüsseltechnologien sowie Forschungs- Entwicklungsfelder werden dabei sein (Auswahl): **(a) Up-Stream-Prozesse:** Industrielle enzymatische Hydrolyse von Cellulose & Hemicellulose **(b) Bioprozesse:** Monitoring biologischer Prozesse, Bioreaktoren für Wärme-, Schwingungs- und viskose Reaktionen; Fest-Flüssig-Fermentation, Prozesskontrolle (Komponentenanalyse), Kombination biologischer, physikalischer und chemischer Operationen. **(c) Mikrobielle Systeme:** Identifikation von Mikroorganismen, Studium der fundamentalen Prinzipien mikrobieller Physiologie und Wechselwirkungen (Umwelt, Metabolismus und Physiologie). **(d) Enzyme:** Entwicklung preisgünstiger industrieller

Enzyme, neue Enzyme für biologische Produkte. (e) **Down-Stream-Prozesse:** Extraktion mittels superkritischer Lösungsmittel (z.B. CO₂), selektive permeable Membrane, Kombination und Integration verschiedener Trennmethode(n) (z.B. Flüssigextraktion und Membrantechnologie). Eine Prioritätenliste wurde u.a. 1999 durch den *National Research Council* der USA erarbeitet (NRC, 2000 [19]).

Das Grüne Bioraffinerie Konzept (GBR-Konzept)

Als Grüne Bioraffinerie werden komplexe Systeme nachhaltiger, umwelt- und ressourcenschonender Technologien zur umfassenden *stofflichen und energetischen* Nutzung bzw. Verwertung von nachwachsenden Rohstoffen in Form von Grünen und organischen Abfallbiomassen aus einer im Ziel nachhaltigen regionalen Landnutzung bezeichnet (Kamm *et al.*, 1997 [10]).

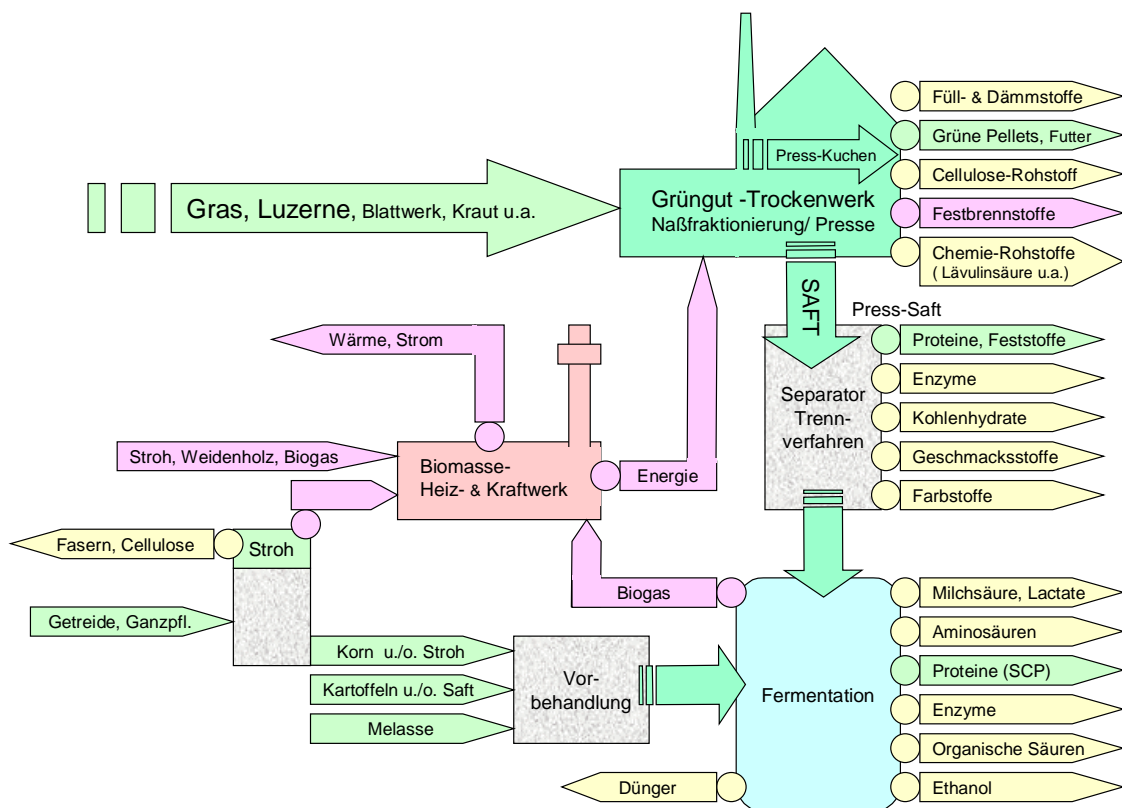


Abb. 5: Ein System Grüne Bioraffinerie, Integrierter Prozess zur Produktion von Food und Non-Food-Produkten sowie Energie auf Basis grüner Biomasse (nach Kiel, Kamm in [1])

Grüne Bioraffinerien (GBR) sind ebenso wie Bioraffinerien Multiprodukt-Systeme und richten sich in ihren Raffinerie-Schnitten, -Fraktionen und -Produkten nach der Physiologie des Pflanzenmaterials, das heißt am Erhalt und Nutzung der Vielfalt der durch die Natur erbrachten Syntheseverleistungen. In Erweiterung des Bioraffinerie-Konzepts orientieren sich Grüne Bioraffinerien sehr stark an den Nachhaltigkeitsprinzipien (Nachhaltige Landnutzung, Nachhaltige Rohstoffe, Schonende Technologien, autarke Energieversorgung, etc.) bzw. beziehen diese mit ein. Steht bei Bioraffinerien *derzeit* die Ökonomie im Vordergrund, ist man mit Grünen Bioraffinerie-Konzepten schon konzeptionell um eine Gleichgewichtung zwischen Ökonomie und Ökologie bemüht. Übersichten zu GBR-Konzepten, Inhalten und Zielen sind zu finden unter Kamm, 1999 [1]; ARGE Bioraffinerie, 1999 [20]; Kromus, 1999 [21]; Kiel, 1999 [22]; Kamm, 1997 [10]; Kiel, 1997 (vgl. [22]); Carlsson, 1989 [11].

Grüne Biomassen sind beispielsweise Gras aus einer Bewirtschaftung von Dauergrünland, Stilllegungsflächen, Naturschutzflächen oder grüne Feldfrüchte, wie Luzerne, Klee, unreifes Getreide aus einer extensiven Landbewirtschaftung. Grüne Pflanzen sind eine natürliche Chemie- und Lebensmittel-

telfabrik. Um ihre wertvollen Inhaltsstoffe in einer weitestgehenden Naturbelassenheit zu isolieren, verwendet man in der ersten Stufe (Primärraffination) die schonende Technologie der Nass- oder Trockenfraktionierung. Bei der Nass-Fraktionierung wird das grüne Erntegut oder das feuchte organische Anfallgut in einen faserreichen Presskuchen (PK) und in einen nährstoffreichen Saft (Green Juice, GJ; Presssaft, PS) getrennt. Der Presskuchen enthält neben Cellulose und Stärke auch wertvolle Farbstoffe, Arzneistoffe und andere Organika. Der GJ/PS enthält Kohlenhydrate, Proteine, freie Aminosäuren, organische Säuren, Farbstoffe, Enzyme, Hormone, Arzneistoffe, weitere organische Substanzen und Mineralien. Diese primären und sekundären Pflanzeninhaltsstoffe werden nach den bereits beschriebenen BR-Technologien in einer GBR fraktioniert, isoliert und zu Produkten konvertiert (**Abb. 5 & Abb. 2**). Rohstoffe wie Gras haben auch physiologische Vorteile. Sie enthalten wertvolle Inhaltsstoffe, die in den artverwandten Kulturpflanzen Getreide bereits herausgezüchtet worden sind.

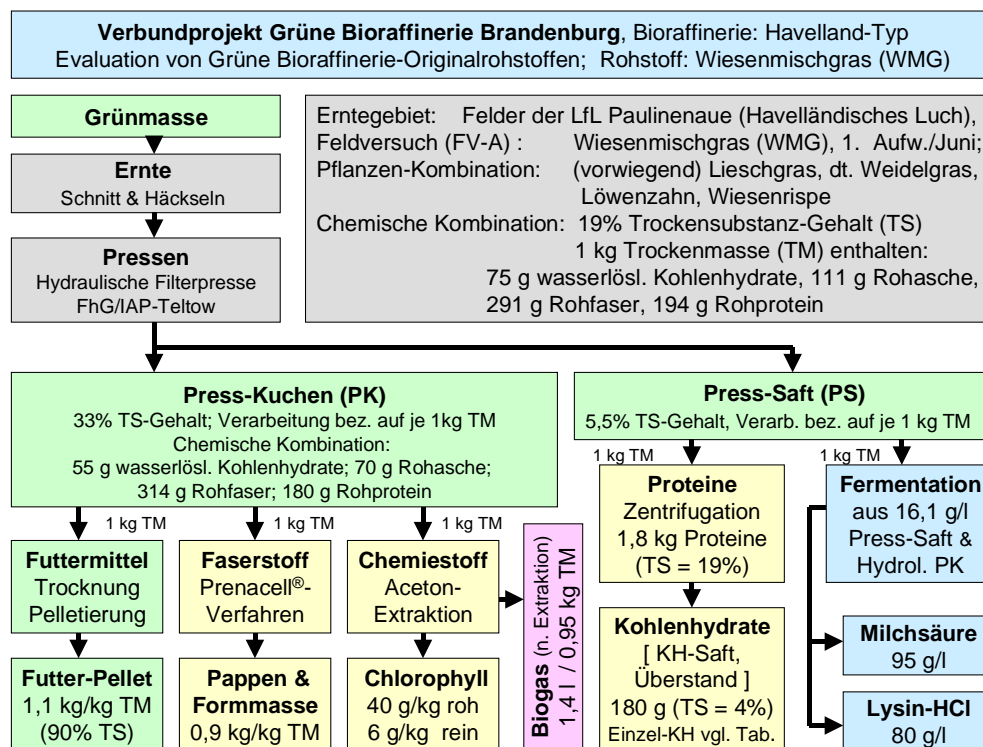


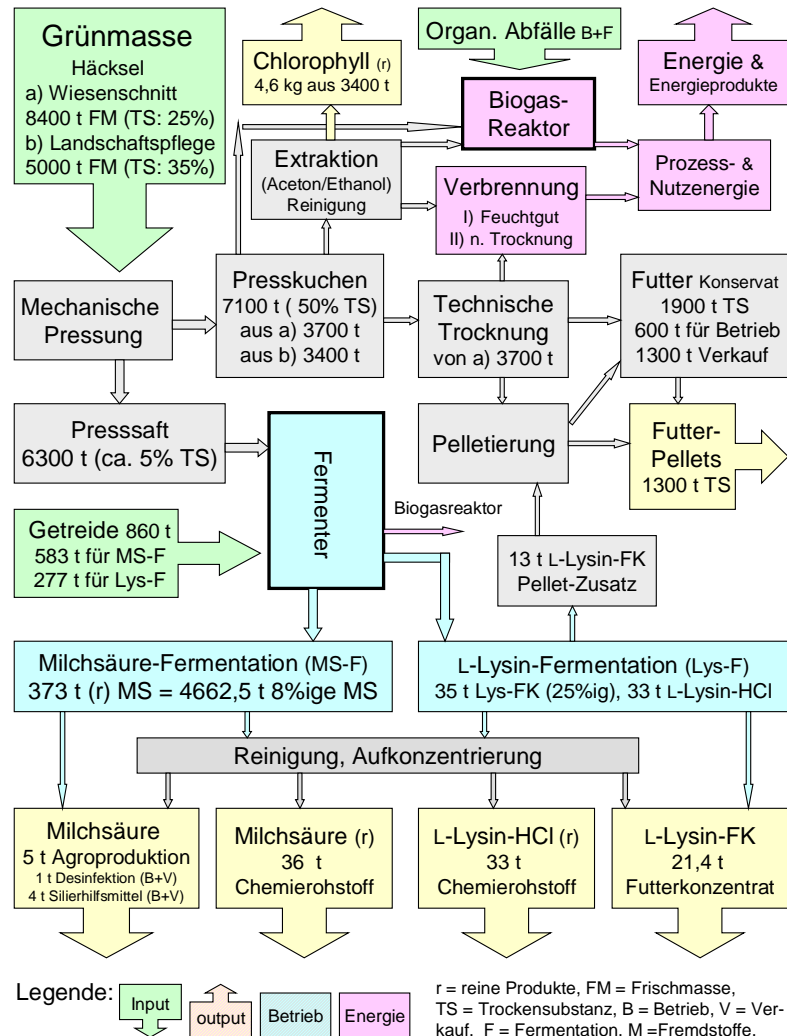
Abb. 6: Evaluierung der Potentiale einer Primärraffinerie und einigen Bioraffinerie-Produktlinien

Grüne Bioraffinerie – Der Havelland-Typ (GBR-HVL-Typ)

Der Charakter einer Bioraffinerie wird letztendlich durch das Umfeld des potentiellen Bioraffinerie-Standortes bestimmt. Der regionale Bezug ergibt sich schon daraus, dass sich die i.A. feste Biomassen sinnvoll nicht wie Erdöl oder Gas transportieren lassen. Zu den Standort-Parametern zählen weiterhin Rohstoffe (Art und Verfügbarkeit), Infrastruktur (Landwirtschaft, Industrie, Handel, Verkehr, Wissenschaft und Bildung), Humankapital, Produktlinien, Produktinnovationen, regionaler Markt.

Arbeiten an Bioraffinerie-Systemen sind innovativ und immer hochgradig interdisziplinär. Die grundlegenden fachspezifischen Arbeiten finden somit örtlich verteilt in den Universitäten, Instituten und Forschungsunternehmen statt. So auch in Brandenburg. Um diese Arbeiten praxisrelevant zu bündeln, wurde im Jahre 1999 der Forschungs-, Entwicklungs- und Praxisverbund „Grüne Bioraffinerie Brandenburg“ gegründet. Als potentielle Region wurde das Havelland (Region und Gebietskörperschaft im Land Brandenburg, westlich von Berlin) gewählt. Die Region/der Landkreis Havelland (59% der Fläche landwirtschaftlich genutzt, 61.000 ha als Ackerland, 31.000 ha als Grünfläche) bietet mit dem Havelländischen Luch, mit der zentralen Agro-Einheit Futtermittelwerk Selbelang (Verarbeitungskapazität 6 bis 8 x 10³ t Trockengutpellet/Jahr), dem ehemaligen Chemiefaserwerk Premnitz (heute Che-

miepark), dem hohen Wissensstand der Agroindustriellen Forschungs- und Bildungseinrichtungen u.a., ideale Standortbedingungen. Die Forschungs- und Entwicklungskonzeption wurde Grüne Bioraffinerie „Havelland-Typ“ genannt (ARGE Bioraffinerie, 1999 [20]). Eine regionale Übertragbarkeit der Konzeption ist dieser innewohnend.



Die ökonomische Bilanz der **Abb. 7** beruht auf folgenden Annahmen:

Landwirtschaftlicher Betrieb:
 1200 ha Landw. Nutzfläche (LN)
 550 ha Grünland (GL)
 davon
 8400 t Frischmasse für GBR
 Tierbestand:
 460 Milchkühe, 60 Mastbullen,
 300 Jungrinder, 260 Kälber,
 100 Schweine

Abb. 7: Einordnung einer GBR-Press-Saftlinie in einen landwirtschaftlichen Betrieb

Evaluierung der Potentiale einer Bioraffinerie des Havelland-Typ

Um das komplizierte Zusammenspiel der verschiedenen Technologien und Produktlinien praxisnah vorzubereiten, wurde im Technikums- und Kleintechnikumsmaßstab ein potentielles Regime mit dem Originalrohstoff Wiesenmischgras (WMG) gefahren. Die experimentelle Evaluierung betraf Primärraffinerie-Stufen (Grasernete, Häckseln, Transport, Fraktionierung in Press-Kuchen und Press-Saft, Lagerung) und die Sekundärraffineriestufen bzw. Produktlinien: Proteinabtrennung, Kohlenhydratisierung, Saftfermentation zu Milchsäure und der Aminosäure L-Lysin (Press-Saftlinie) sowie die Blattfarbstoffextraktion, Herstellung von Futterpellets, Faserstoffgewinnung sowie die Reststoffverwertung zu Biogas (Press-Kuchenlinie). Erste Ergebnisse sind in der **Abb. 6** zusammengefasst. Um eine weitestgehende Vergleichbarkeit zu gewähren wurden die Ergebnisse der einzelnen Verfahrensstufen auf jeweils 1 kg Trockenmasse (TM) umgerechnet. In der 2. Evaluierungsstufe wurden die Verfahren und Produktlinien in die Struktur eines Landwirtschaftlichen Betriebes eingearbeitet. Das Ergebnis ist in **Abb. 7** dargestellt. Dabei ging es nicht um eine Produktmaximierung sondern um eine Evaluierung des Modellprojektes „Landwirtschaftlicher Betrieb als Erzeuger von Non-Food-Produkten“. In einer

ersten Bewertung konnte gezeigt werden, das Wiesenmischgras sich zu einem durchaus effizienten Grüne-Bioraffinerie-Rohstoff entwickeln kann. Es konnte weiterhin gezeigt werden, dass das Implementieren von Bioraffinerien in Agrarbetriebe mittlerer Größe ökonomisch und ökologisch vorteilhaft sein kann. Eine ausführliche Beschreibung der Evaluierung sowie verschiedener Bioraffineriesysteme befindet sich in Vorbereitung. Forschungs- und Entwicklungsbedarf hat sich dabei aufgezeigt.

Literatur

- [1] KAMM, B.; KAMM, M.: The Green Biorefinery – Principles, Technologies and Products, 2nd International Symposium Green Biorefinery, October, 13-14, 1999, SUSTAIN, Verein zur Koordination von Forschung über Nachhaltigkeit (Hrsg.), Feldbach, Austria, **1999**, S. 46-69
- [2] SLADE, R.E.; BIRKINSHAW, J.H. (ICI): Improvement in or related to the utilization of grass and other green crops. *Brit. Pat.* **BP 511,525** (1939)
- [3] PIRIE, N.W.: *Chem. Ind.*, **61** (1942) 45 & *Nature*, **149** (1942) 251
- [4] PIRIE, N.W.: Leaf protein: a beneficiary of tribulation. *Nature*, **253** (1975) 239-241
- [5] SCHWENKE, K.-D.: Eiweisquellen der Zukunft [Aulis-Verlag Deubner, Köln, **1985**, ISBN 3-7614-0858-7] pp. 82
- [6] KNUCKLES, B.E.; BICKOFF, E.M.; KOHLER, G.O.: *J. Agri. Food Chem.*, **20** (1972) 1055
- [7] SHEN, S.: Biological Technologies for a Sustainable Production of Biomass. In: Biodiversity [E.O. Wilson (ed.), National Academy Press, Wahington, D.C, **1988**] 404 ff.
- [8] HEIER, W.: *Grundlagen der Landtechnik* **33** (1983) 45-55
- [9] CARLSSON, R.: Trends for future applications green crops. In: Forage Protein Conservation and Utilization. [Proceedings of EFC Conf., Dublin, Ireland ,**1982**] 57-81
- [10] KAMM, B.; KAMM, M.; SOYEZ, K.: Die Grüne Bioraffinerie-Ein ökologisches Technologiekonzept. In: Die Grüne Bioraffinerie, Proc. 1. Symp. Grüne Bioraffinerie, 1997, Neuruppin [Berlin, **1998**, ISBN 3-929672-06-5] 4-17
- [11] CARLSSON, R.: Green Biomass of Native Plants and new Cultivated Crops for Multiple Use: Food, Fodder, Fuel, Fibre for Industry, Photochemical Products and Medicine. In: New Crops for Food and Industry [Wickens et al., Chapman and Hall, London, **1989**].
- [12] KAMM, M.: Pflanzliche Aminosäuren als Chemierohstoff. In: Die Grüne Bioraffinerie. Proc. 1. Symp. Grüne Bioraffinerie, 1997, Neuruppin [Berlin, **1998**, ISBN 3-929672-06-5] 150-184
- [13] HACKING, A.J.: The American wet milling industry In: Economic Aspects of Biotechnology [Cambridge University Press, New York, **1986**] 214-221
- [14] MORRIS, D. J.; AHMED, I.: The Carbohydrate Economy: Making Chemicals and Industrial Materials from Plant Matter. [Biotechnology Institute of Local Self Reliance, Wahington D.C. **1992**]
- [15] SZMANT, H.H.: Industrial Utilization of Renewable Resources. [Technomic Publishing, Lancaster, Pa.; **1987**]
- [16] RICHTER, K.; KAMM, B.; KAMM, M.: Biotechnologische Erzeugung von Milchsäure und Ammoniumlactaten aus Getreidestärke In: Biokonversion Nachwachsender Rohstoffe Bd. 10 [Land-

wirtschaftsverlag Münster, **1997**, ISBN 3-7843-2926-8] 293-315

- [17] DANNER, H.; BROWN, R.: Biotechnology for the production of commodity chemicals from biomass. Chemical Society Reviews, 6 (**1999**)
- [18] NATIONAL CORN GROWERS ASSOCIATION (NCGA, USA): Plant/Crop-based Renewable Resources 2020: A Vision to Enhance U.S. Economic Security through Renewable Plant/Crop-based Resources Use [NCGA-paper DOE/GO-10097-385, **1998**] 25 pp.
- [19] NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC, USA): Biobased Industrial Products: Priorities for Research and Commercialization [National Academic Press, Washington D.C., **2000**]
- [20] ARGE Grüne Bioraffinerie Brandenburg (Hrsg.); Die Grüne Bioraffinerie- Entwicklung und Etablierung eines Systems „Grüne Bioraffinerie“ in der Region Havelland. BMBF-Vorlage [Teltow-Selbelang, **1999**] 30 Seiten, (zu beziehen über B.Kamm, 03328-46531, Teltow)
- [21] KROMUS, S.: A Concept of a Decentralised Green Biorefinery for the Austrian Region of Feldbach. 2nd International Symposium Green Biorefinery, October, 13-14, 1999, SUSTAIN, Verein zur Koordination von Forschung über Nachhaltigkeit (Hrsg.), Feldbach, Austria, **1999**, S. 32-45
- [22] KIEL, P.: The Green Biorefinery in Denmark - Utilisation of green and brown juice as fermentation media. -Ibid-

Wir danken allen Institutionen, Forschungsgruppen und Einzelwissenschaftlern, welche die AG Grüne Bioraffinerie in ihrer Arbeit unterstützen. Besonderer Dank gilt den nachfolgend aufgeführten Personen und Einrichtungen (Institute und Einrichtungen in alphabetischer Reihenfolge):

PD Dr. habil Bernd Linke, Dr. sc. Klaus Richter [ATB - Institut für Agrartechnik Bornim e.V., Potsdam-Bornim, Abt. Bioverfahrenstechnik]; Prof. Dr. Gerhard Muschiolik, Dr. Jörg Beckmann, [biopos-Forschungsinstitut Bioaktive Polymersysteme e.V., Teltow]; Dr.-Ing. Ernst-Peter Jeremias [entec Ingenieurgesellschaft mbH Neuruppin und wiss. Leiter BUFZ e.V., Alt Ruppin]; Dr. Hermann Lang [Fraunhofer Institut für Angewandte Polymerforschung (IAP), Teltow und Potsdam-Golm]; Dipl.-Ing. Bernd Müller [FMS - Futtermittelwerk Selbelang GmbH, Selbelang]; Prof. Dr. Klaus Jaster [Humboldt Universität zu Berlin (HUB), Institut für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus]; Dr. Frank Hertwig, Dr. Jürgen Pickert [Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Abt. Grünland- und Futterwirtschaft, Paulinenaue]; Dr. Klaus-Dieter Robowsky [Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Abt. Analytik, Potsdam]; Prof. Dr. Klaus-Dieter Schwenke [Institut für Angewandte Proteinchemie, Kleinmachnow]; Dr. Manfred Fechner [Paulinenaauer Arbeitskreis Grünland- und Futterwirtschaft e.V., Paulinenaue]; Prof. Dr. Erich Kleinpeter, Prof. Dr. Martin G. Peter [Universität Potsdam, Institut für Organische Chemie und Strukturanalytik], Dr. sc. Wolfgang Seyfarth [ZALF, Müncheberg].

Anschrift der erstgenannten Autorin

Universität Potsdam
Zentrum für Umweltwissenschaften
AG Grüne Bioraffinerie
Dr. Birgit Kamm
c/o Forschungsstandort Teltow-Seehof
Kantstraße 55, D-14513 Teltow
tel. ++49+3328-46531,
e-mail: kamm@rz.uni-potsdam.de
<http://www.Bioraffinerie.de>

Entscheidungshilfen für die ökologische Optimierung der Entsorgung häuslicher Restabfälle

M. Koller, T. Hermann

Zusammenfassung

Auch die Restabfallentsorgung muß dem Leitbild der nachhaltigen Entwicklung Rechnung tragen. Dieses beinhaltet die weitgehende Minimierung von Umweltbelastungen, die Schließung von Stoffkreisläufen und die Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz. Unter Berücksichtigung der einzelfallspezifischen Rahmenbedingungen sind aus der Vielzahl möglicher Entsorgungvarianten diejenigen Konzepte zu ermitteln, die in der Gesamtbilanz die günstigsten Ergebnisse liefern. Mit der Methodik der Ökobilanzierung steht dafür ein geeignetes Werkzeug zu Verfügung. Für charakteristische Optionen der Restabfallentsorgung wurden die potentiellen Umweltwirkungen auf der Basis eines ökobilanziellen Bewertungsansatzes ermittelt und ihre Bedeutung im nationalen Kontext diskutiert. Die Ergebnisse zeigen, daß kein Entsorgungsweg in allen Bewertungsgrößen vorteilhaft ist, daß aber solche Behandlungsverfahren ökologische Vorteile haben, die möglichst große Fraktionen des Restmülls einer stofflichen oder energetischen Verwertung zuführen. Die Substitution von fossilen Energieträgern und stofflichen Ressourcen führt bei diesen Verfahren auch bei Berücksichtigung der zusätzlichen Aufwendungen zu entscheidenden Gutschriften in der Ökobilanz. Unter Ausschöpfung der Potentiale eines stoffstromorientierten Behandlungsansatzes kann die ökonomisch deutlich günstigere mechanisch-biologische Restabfallbehandlung damit zu gleichwertigen Ergebnissen gelangen wie die vollständige Verbrennung des Restabfalls.

Summary

The disposal of municipal solid waste has to comply with the requirements of a sustainable development. The environmental impacts must be minimized and the recovery and reuse of materials and energy resources must be enhanced. Under consideration of the site and case specific conditions those treatment options have to be identified, which show the most favourable overall results. The methodology of life cycle assessment (LCA) represents a suitable tool for this. The paper describes the procedure and results of the LCA for waste management systems. The paper characterizes typical waste treatment options with respect to their potential environmental impacts and discusses their relevance within the national context. The results indicate, that there isn't any best treatment system, but a trend that systems with a higher rate of recovery and reuse of waste fractions are favourable, even when the higher expenditure is taken into consideration. The substitutions of fossil resources result in significant environmental benefits and advantages in the overall results. The mechanical biological pre-treatment of MSW, which is far cheaper than the traditional waste combustion, can catch up with the incineration by implementing waste fraction specific treatment options.

Einleitung

In Deutschland beträgt das jährliche häusliche und hausmüllähnliche Restabfallaukommen ca. 40 Mio. Mg. Das entspricht einem Pro-Kopf-Betrag von etwa 500 kg Restabfall (Glas, Papier, Verpackungsmaterialien, Batterien, Haushaltschemikalien). Die Technische Anleitung für Siedlungsabfälle (TASi) von 1993 schreibt vor, dass diese Abfälle vor der Deponierung behandelt werden, um die Umweltverträglichkeit der Restabfallentsorgung zu gewährleisten. Für eine Reduzierung der Gasemissionen und der organischen Sickerwasseremissionen des Deponiekörpers ist eine Stabilisierung, d.h. eine Oxidation der organischen Fracht des Restabfalls vorzunehmen. Die Stabilisierung kann sowohl über eine Verbrennung als auch über einen biologischen Abbau der organischen Substanz erfolgen. Neben der Stabilisierung kann die Vorbehandlung auch Maßnahmen zur energetischen und/oder stofflichen Nutzung des Restabfalls oder einzelner Bestandteile umfassen. Die Verwertungsmöglichkeiten für Restabfälle liegen im stofflichen Bereich in einer Rückführung verbleibender Wertstoffe in die Produktionsprozesse sowie im energetischen Bereich in der Oxidation der fossilen und nativ-organischen Bestandteile mit dem Ziel der Bereitstellung von elektrischer und thermischer Energie (vgl. Abbildung 1). Während für die energetische Verwertung der fossilen Organik nur thermische Verfahren wie die Müllverbrennung (MVA) in Frage kommen, kann die nativ-organische Fraktion auch in sogenannten mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen (MBA) abgebaut werden, auf aerobem Wege in Rotteverfahren oder auf anaerobem Wege in der Vergärung.

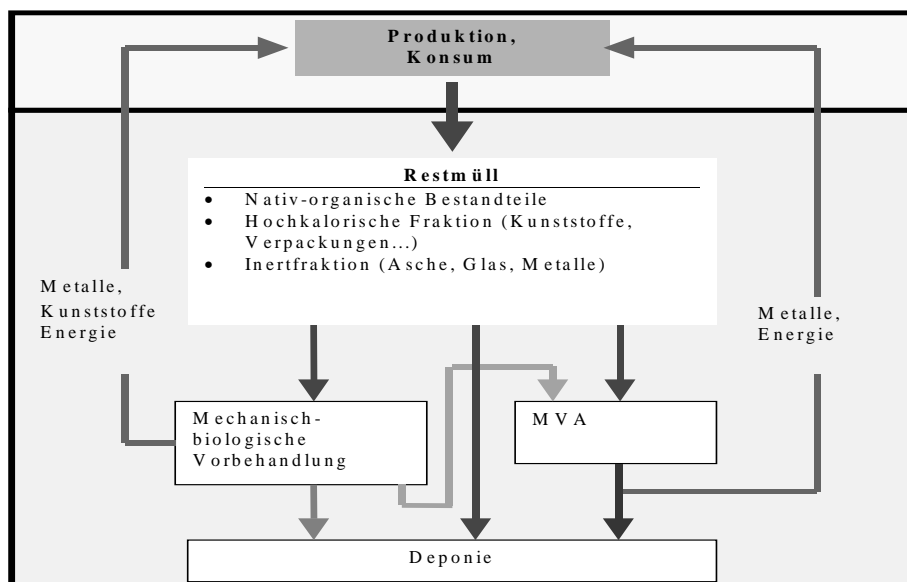


Abb. 1 Stoffstromoptionen der Restabfallbehandlung

Ziel einer nachhaltigen Restabfallentsorgung muss es sein, aus der Vielzahl der potenziellen Entsorgungsoptionen zu einem Entsorgungskonzept zu finden, das unter den gegebenen abfallwirtschaftlichen, infrastrukturellen und stoffwirtschaftlichen Rahmenbedingungen in der Gesamtbilanz die geringsten Umweltbelastungen und hinsichtlich der Energie- und Ressourceneffizienz die größten Vorteile aufweist. Als hilfreiches Werkzeug für die ökologische Analyse und Bewertung hat sich die Methodik der Ökobilanzierung erwiesen. Die ökobilanzielle Betrachtung erlaubt es, die möglichen Umweltwirkungen der betrachteten Entsorgungsoptionen systematisch zu analysieren und zu quantifizieren und Hinweise auf Schwachstellen und Optimierungspotentiale aufzuzeigen. Damit können den Entscheidungsträgern in der Abfallwirtschaft dringend benötigte Entscheidungsgrundlagen für eine nachhaltige Restabfallentsorgung an die Hand gegeben werden. Im Folgenden werden die im Rahmen einer solchen Vorgehensweise ermittelten Ergebnisse zur ökologischen Gesamtbewertung und zur stoffstromspezifischen Optimierung der häuslichen Restabfallentsorgung unter besonderer Berücksichtigung mechanisch-biologischer Verfahren vorgestellt.

Ökobilanzieller Bewertungsansatz

Die wesentlichen Schritte einer ökobilanziellen Betrachtung sind

- die Festlegung von Ziel und Untersuchungsrahmen,
- die Sachbilanz,
- die Wirkungsabschätzung
- und die Auswertung.

Die Festlegung von Ziel und Untersuchungsrahmen betrifft u. a. das Ziel der ökobilanziellen Untersuchung, die funktionelle Einheit des betrachteten Systems, die Systemgrenzen und weitere Festlegungen zu Annahmen und Einschränkungen, Datenanforderungen, Bewertungsgrößen und methodischen Fragen.

Die Sachbilanzierung liefert aus der Bilanzierung aller systemrelevanten Transporte, Speicherungen und Wandlungen von Stoffen und Energien eine auf das untersuchte System und die Bezugsgröße (funktionale Einheit) bezogene Zusammenstellung von Emissionen, Flächen- und Ressourcenverbräuchen. Diese Daten bilden die Grundlage für die Wirkungsabschätzung und die Auswertung.

Bei der Wirkungsabschätzung werden die Ergebnisse der Sachbilanz im Hinblick auf die (ökologischen) Schutzziele beurteilt und Umweltproblembereichen, sogenannten Wirkungskategorien, zugeordnet. Der Zusammenhang zwischen Schutzziele, Umweltwirkungen und den hierfür verantwortlichen Schadstoffen wird in Abbildung 2 veranschaulicht.

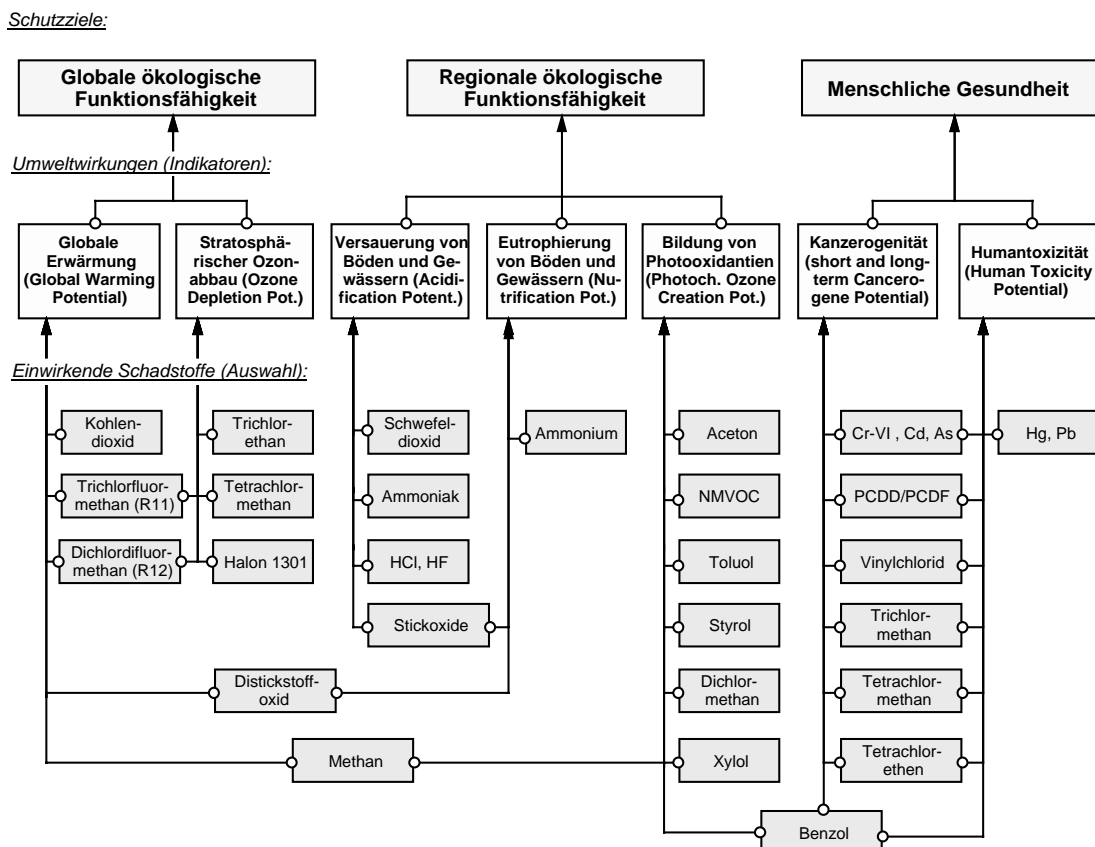


Abb. 2 Zusammenhang zwischen Schadstoffemissionen und Schutzziele

In der Auswertung werden die Ergebnisse der Sachbilanz und der Wirkungsabschätzung entsprechend dem festgelegten Ziel und Untersuchungsrahmen zusammengefasst. Davon ausgehend können unter

Berücksichtigung von Sensitivitäts- und Optimierungsanalysen ggf. Schlussfolgerungen und Empfehlungen für Entscheidungsfindungen abgeleitet werden.

Vergleichende Betrachtung der Umweltrelevanz der Restabfallentsorgung

Beschreibung der Standardvarianten

Für eine vergleichende Betrachtung der Umweltrelevanz der Restabfallentsorgung wurden 5 typische Entsorgungsoptionen ausgewählt und auf der Basis durchschnittlicher Leistungswerte berechnet. Die Varianten direkte Deponierung (Dir_Dep) und MVA stellen dabei die Grenzen bezüglich des Abbaus der organischen Materie dar, innerhalb derer sich die verschiedenen Optionen der mechanisch-biologischen Vorbehandlung (MBV) bewegen und dienen als Vergleichsmaßstab für die Einordnung der mechanisch-biologischen Verfahren. Während bei der direkten Deponierung überhaupt kein Organikabbau vor der Deponie stattfindet, wird bei thermischer Behandlung die Organik nahezu vollständig vor der Deponie umgesetzt.

Innerhalb dieser Grenzen bewegt sich die MBV, die in der biologischen Stufe einen Teil der biologisch zugänglichen Organik abbaut und darüber hinaus häufig einen Teil der fossilen Organik für stoffliche oder thermische Verwertung ausschleust. Die Extensivvariante (Ext_MBA) steht als Vertreter für Verfahren, die bei geringem baulichen Aufwand auf eine Intensivierung des Rotteprozesses verzichten, und die in der Regel weder eine umfangreiche mechanische Behandlung mit dem Ziel der Ausschleusung von verwertbaren Fraktionen noch eine Fassung und Reinigung der Abluft vorsehen. Hier ist mit Behandlungszeiten von mindestens 52 Wochen zu rechnen. Die zwei Intensivvarianten (Int_MBA; erw. Int_MBA) repräsentieren Anlagen der mechanisch-biologischen Vorbehandlung, in denen durch eine intensive mechanische Vorbehandlung (Zerkleinerung, Homogenisierung, Sichtung etc.) und durch eine Zwangsbelüftung eine Optimierung des Rotteprozesses und damit ein beschleunigter Abbau erreicht wird. Diese Anlagen sind mit einer Abluffassung und -reinigung ausgestattet. Die beiden Varianten unterscheiden sich hinsichtlich des Ausmaßes, in dem einzelne Fraktionen des Restmülls für eine stoffliche oder energetische Nutzung aufbereitet und ausgeschleust werden. Während in Variante Int_MBA nur eine Abscheidung der Fe-Fraktion vorgenommen wird, beinhaltet die Variante erw. Int_MBA auch eine Vergärungsstufe für die organische Feinfraktion und die Ausschleusung einer hochkalorischen Fraktion für die Verwertung in industriellen Feuerungsanlagen (Zementwerk).

In den Untersuchungen berücksichtigt sind die betrieblichen Aufwendungen für Vorbehandlung und Deponie, soweit sie Energieträger betreffen (z. B. Öl und Gas für die Stützfeuerung in MVAs) und deren Emissionen, sowie (je nach Entsorgungslinie) Gutschriften für eine stoffliche und/oder energetische Nutzung bzw. Verwertung von Fraktionen des Restmülls. Bezugsgröße für die Bewertungsergebnisse ist die jährlich in Deutschland zu entsorgende Restabfallmenge.

Die Ergebnisse zeigen, dass kein Entsorgungsweg in allen obengenannten Bewertungskriterien eindeutig vorteilhaft ist, vielmehr zeigen sich im Vergleich untereinander Vor- und Nachteile. Dieser Sachverhalt ist in Abbildung 3 anhand der spezifischen Beiträge zu den Bewertungskriterien dargestellt. Allerdings ist auch zu erkennen, dass die direkte Deponierung und die Extensivvariante in keinem Kriterium Umweltvorteile erzielen, während die Intensiv-MBA, besonders wenn Stoffströme für eine Verwertung ausgeschleust werden und die MVA in einzelnen Kriterien auch Entlastungseffekte für die Umwelt aufweisen.

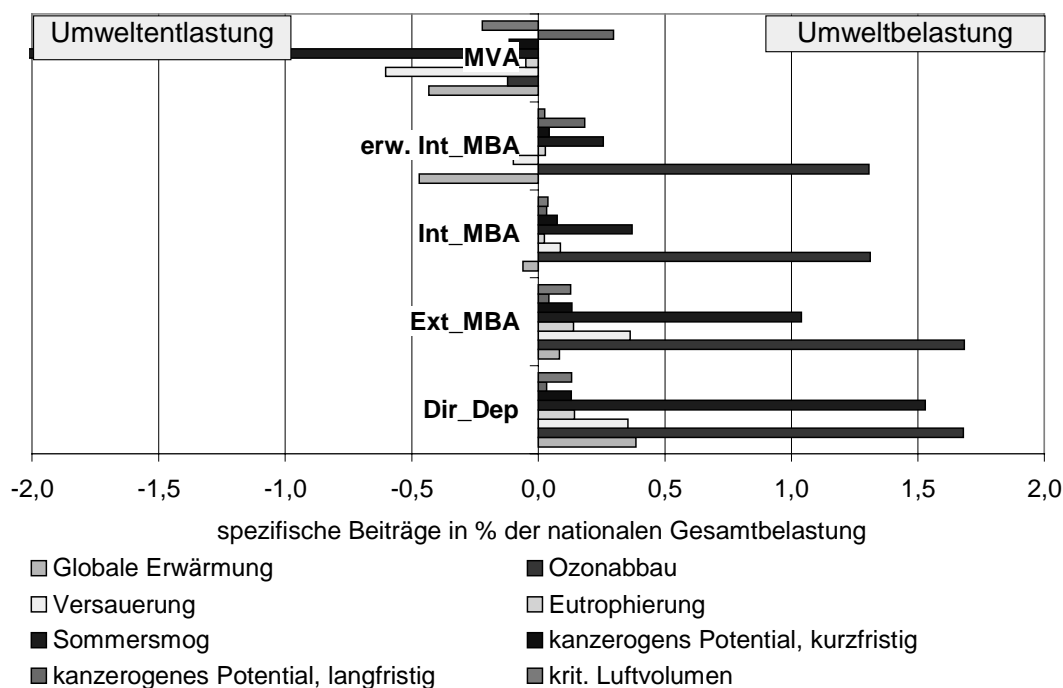


Abb. 3 Entsorgungswege im Vergleich

Ökologische Charakterisierung

Globale Erwärmung. Wesentliche Einflussgrößen bezüglich der globalen Erwärmung sind die CO₂ und CH₄-Emissionen bzw. –Gutschriften. Es zeigen sich Vorteile für die Varianten, die Stoffströme für eine energetische oder stoffliche Verwertung ausschleusen. Die Beiträge zum globalen Erwärmungspotenzial bei der direkten Deponierung (*Dir_Dep*) resultieren im wesentlichen aus den Methanemissionen aus der Deponie. Die Gutschriften für die energetische Verwertung des Deponiegases gleichen diese Belastungen bilanziell nicht aus. Die mechanisch-biologische Vorbehandlung in einer extensiven Anlage ohne Stoffstromausschleusung (*Ext_MBA*) kann zwar die potenziellen Methanemissionen aus der Deponie und damit mögliche Beiträge zur Globalen Erwärmung reduzieren, aber die verbleibenden Methanemissionen und die mit dem Energieverbrauch verbundenen klimarelevanten Emissionen werden aufgrund fehlender Verwertungsmaßnahmen nicht ausgeglichen. Die Intensiv-MBA-Varianten (*Int_MBA*, *erw. Int_MBA*) und die thermische Behandlung (*MVA*) weisen in der ökobilanziellen Gesamtbetrachtung eine Umweltentlastung auf. Diese resultieren aus der Minderung der Inanspruchnahme fossiler Ressourcen (bzw. der mit ihrer Inanspruchnahme verbundenen Umweltbelastungen).

Ozonabbau. Das Ozonabbaupotenzial wird fast ausschließlich durch die FCKW R11, R12 gebildet, die in den üblichen Ablufteinigungsanlagen von MBAs (Biofilter bzw. Biowäscher) kaum zurückgehalten bzw. abgebaut werden, während sie bei der thermischen Behandlung zerstört werden. Im Vergleich zur thermischen Restabfallbehandlung weisen daher alle Verfahren der mechanisch-biologischen Behandlung und die direkte Deponierung ein höheres Ozonabbaupotenzial auf. Mit der Umsetzung des Montreal-Abkommens von 1989 und dem schrittweisen Ausstieg aus Produktion und Verwendung von FCKW ist für die nächsten Jahre aber ein Rückgang der FCKW-Belastung von Restabfällen und damit der bei der Entsorgung emittierten Frachten zu erwarten.

Sommersmog. Das Sommersmogpotenzial der mechanisch-biologischen Verfahren wird im wesentlichen durch eine Reihe leichtflüchtiger Kohlenwasserstoffe (LCKW) gebildet, die bei der Vorbehandlung freigesetzt werden und durch die (auch) nach der Vorbehandlung verbleibenden Methanemissionen aus der Deponie. Die derzeit in MBAs eingesetzten Biofilter reduzieren die Emissionen leicht-

flüchtiger Kohlenwasserstoffe nur teilweise. Nur bei einer Intensiv-MBA mit weitgehenden Verwertungsmaßnahmen (*erw. Int_MBA*) werden diese Emissionen durch entsprechende Gutschriften in der Gesamtbilanz ausgeglichen. Bei der thermischen Abfallbehandlung werden dagegen die LCKW nahezu vollständig zerstört. Hieraus und aus der höheren Energieausschleusung resultiert der Vorteil gegenüber den anderen Varianten.

Versauerung. Zum Versauerungspotenzial tragen vor allem SO_2 , NO_x und NH_3 -Emissionen bei. Es ergeben sich relative Vorteile für die Varianten, die Anteile des Restabfalls einer energetischen Nutzung zuführen. Die Gutschriften für eingesparte SO_2 , NO_x und NH_3 -Emissionen führen in der Gesamtbilanz allerdings nur bei der MVA und bei der Intensiv-MBA mit Stoffstromausschleusung und -verwertung (*erw. Int_MBA*) zu ökologischen Entlastungen.

Eutrophierung. Die Eutrophierungspotenziale werden vor allem durch Ammoniak/Ammonium- und Stickoxidemissionen verursacht. Sie bewegen sich für alle Entsorgungssysteme in einem vergleichsweise niedrigen Bereich mit Vorteilen für die Intensiv-MBA-Varianten und die MVA.

Die Bilanzen zum kanzerogenen Potenzial zeigen für alle betrachteten Systeme vergleichsweise niedrige spezifische Beiträge an den nationalen Gesamtbelastungen, in der Regel deutlich unter 0,5%. Das **langfristige kanzerogene Potenzial** wird von den Schwermetallen Nickel, Chrom VI und Cadmium dominiert. Diese werden bei den Verfahren, die den gesamten Restabfall oder Fraktionen einer energetischen Nutzung zuführen, in höherem Maße mobilisiert, als bei der Deponierung, bei der mit einer überwiegend langfristigen Festlegung zu rechnen ist. Die thermische Behandlung oder Verwertung von Restabfall oder Restabfallfraktionen in MVAs, Kraft- oder Zementwerken führt daher (auch bei Berücksichtigung von Strom- und Wärmegutschriften) zu insgesamt höheren Schwermetallemissionen und einem größeren langfristigen kanzerogenen Potenzial (Varianten *erw. Int_MBA*, MVA). Zum **kurzfristigen kanzerogenen Potenzial** trägt eine Reihe leichtflüchtiger Kohlenwasserstoffe bei, die während der Vorbehandlung emittiert werden. Angesichts der Unsicherheiten bei der Sachbilanzierung zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Entsorgungswegen.

Die **kritischen Luftvolumina** werden von einer Vielzahl organischer und anorganischer Schadstoffe geprägt mit relativ hohen Anteilen von SO_2 und NO_x . Hier zeigen sich Vorteile für die Verfahren, die in größerem Umfang thermische oder elektrische Energie bereitstellen.

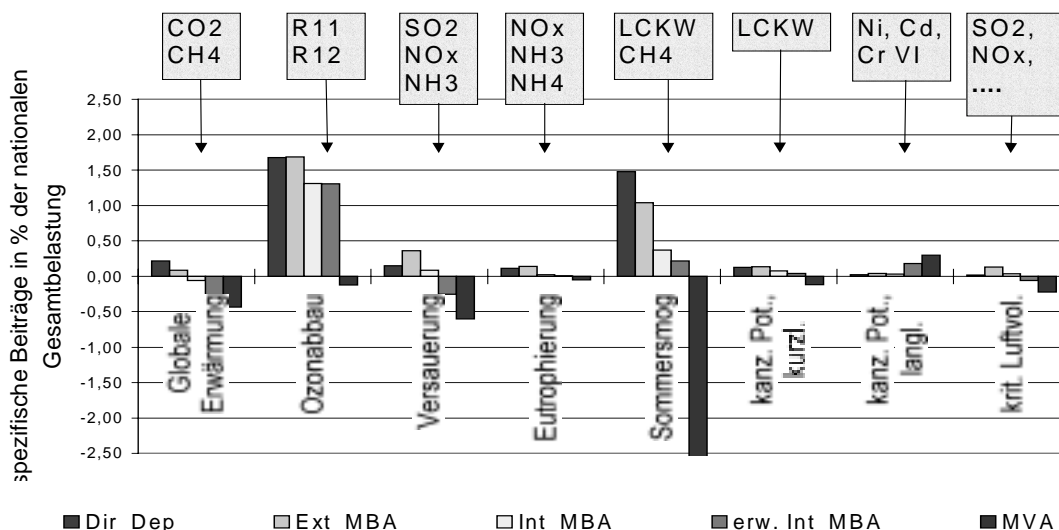


Abb. 4 Ökologische Charakterisierung unterschiedlicher Entsorgungsoptionen für Restabfall

Ökologische Optimierung durch Stoffstrommanagement

Stoffstromoptionen der Restabfallbehandlung

Restabfall enthält eine Reihe von Stoffen oder Fraktionen, die im Rahmen einer stoffstromspezifischen Behandlung ausgeschleust und stofflich oder energetisch genutzt werden können. Die Abscheidung von **Eisen-Metallen** ist bereits weitgehende Praxis in MBAs. Der Anteil der Metalle im Restabfall liegt zwischen 2,5 und 10 Gew.%. Mindestens 75% davon sind der Fe-Fraktion zuzurechnen. Diese kann aus den vorzerkleinerten und homogenisierten Abfällen vergleichsweise einfach über Magnetscheider abgegriffen werden; dabei werden Abscheidegrade von über 95% erreicht.

Nichteisen-Metalle können in mechanisch-biologischen Behandlungsstufen über Wirbelstromabscheider abgetrennt werden, was in der Praxis bislang jedoch kaum erfolgt. Der Anteil an Nichteisen-Metallen im Restabfall beträgt 0,6 bis 2,5% und besteht zu 30 bis 50% aus Aluminium. Auch für die Nichteisen-Fraktion kann bei einer entsprechenden Aufbereitung und Verfahrensgestaltung mit einer Abschöpfungsrate von über 95% gerechnet werden.

Die Vergärung der **organischen Feinfraktion** bietet gegenüber der aeroben Behandlung den Vorteil, dass im Prozess Biogas entsteht, das z.B. in Blockheizkraftwerken genutzt werden kann. Man kann damit von einer energetischen Nutzung des organischen Anteils des Restabfalls sprechen. Die Vergärung von Restabfällen wird bislang überwiegend in Versuchsanlagen erprobt. Vorliegende Daten lassen spezifische Gaserträge im Bereich von 27,5 - 96,6 m³/Mg MBA-Input bei einem Methangehalt von etwa 60 % erwarten.

Die Ausschleusung einer **heizwertreichen Leichtfraktion** (Kunststoffe, Papier und Kartons, Verpackungen und Verbundstoffe) erfolgt bislang vornehmlich zum Zweck einer thermischen Verwertung bzw. Beseitigung in Kraftwerken, industriellen Feuerungsanlagen (z. B. Zementwerken) oder Müllverbrennungsanlagen. Der Einsatz von Sekundärbrennstoffen aus Restabfall in Industriefeuerungen und in Kraftwerken wird kontrovers diskutiert: Neben Vorteilen hinsichtlich des Klimaschutzes durch die Nutzung des Heizwerts der Abfälle ist auch mit Nachteilen hinsichtlich humantoxischer Belastungen insbesondere durch zusätzliche Schwermetallemissionen zu rechnen, da Kraftwerke und industrielle Feuerungsanlagen oft nicht die hohen Emissionsstandards von MVAs einhalten. Neben der Ausschleusung für eine thermische Verwertung kommt bei den Kunststoffen auch eine stoffliche Verwertung in Betracht. Es kann mit einem Kunststoffanteil im Restmüll im Bereich von 7-15 Gew.% gerechnet werden. Für die Abschätzungen des ökologischen Potenzials wird im Folgenden angenommen, dass die Kunststofffraktion zu 80% abtrennbar ist, vollständig aus Polyethylen besteht und dass von den abgetrennten Kunststoffen 70% verwertbar sind.

Optimierungspotenziale durch Stoffstrommanagement

Die Auswertung der Bilanzierung zeigt, dass sich, auch bei verschiedenen Siedlungsstrukturen für alle zusätzlichen Varianten der Ausschleusung und Verwertung von Wertstoffen aus dem Restmüll (Stoffstromoptionen) positive Effekte einstellen. In Abbildung 6 ist dargestellt, welche ökologischen Effekte die einzelnen Stoffstromoptionen auf verschiedene Wirkungskategorien haben. Negative Werte bedeuten in der Gesamtbilanz eine Gutschrift und weisen auf eine Umweltentlastung hin. Die Umweltentlastungen entstehen dadurch, dass durch die Verwertungsmaßnahme Primärstoffe substituiert und dadurch die mit deren Herstellung verbundenen Emissionen und negativen Umwelteffekte eingespart werden. Außerdem werden bei der energetischen Verwertung der heizwertreichen Fraktion bzw. des bei der Vergärung gewonnen Biogases andere Energieträger substituiert. Mit Ausnahme der Verwertung einer hochkalorischen Fraktion in Zementwerken und der Biogasverwertung, ergeben sich bei keiner Variante zusätzliche Umweltbelastungen in den einzelnen Bewertungskriterien. Bei einer Verwertung hochkalorischer Fraktionen in Zementwerken erhöhen sich durch die Schwermetallemissionen die kritischen Volumina, das Sommersmog- und das Versauerungspotenzial. Bei der Verwertung von Biogas kann es zu geringfügigen Erhöhungen beim Eutrophierungspotenzial und bei der Emission langwirkender Kanzerogene kommen.

In Abbildung 7 werden verschiedene Varianten der Restabfallbehandlung bezüglich ihrer Umweltauswirkungen verglichen. Die zwei Intensivvarianten in der Abbildung (Intensiv-MBA bzw. optimierte Intensiv-MBA) repräsentieren in Bezug auf die Stoffausschleusung zwei gegensätzliche Entsorgungskonzepte. Während in der Variante Intensiv-MBA nur eine Abscheidung der Fe-Fraktion vorgenommen wird, beinhaltet die Variante optimierte Intensiv-MBA auch eine Vergärungsstufe für die organische Feinfraktion, die Ausschleusung von Aluminium für die Wiederverwertung, die Ausschleusung von Kunststoffen für eine Weiterverwertung und die Ausschleusung der (danach noch verbleibenden) hochkalorischen Fraktion für die Verwertung in industriellen Feuerungsanlagen (Zementwerk). Deutlich erkennbar sind Verbesserungen für die mechanisch-biologische Restabfallbehandlung, die bei einer Kombination verschiedener Verwertungsmaßnahmen erzielt werden können. Die MBV kann dadurch in fast allen Bewertungsgrößen in der Gesamtbilanz Umweltentlastungspotenziale erzielen und mit Ausnahme des Bewertungskriteriums Ozonabbau mit der MVA zumindest gleichziehen. Gegenüber der Intensiv-MBA ohne Stoffstromausschleusung kommt es nur hinsichtlich der Emission langfristig wirkender Kanzerogene zu einer Verschlechterung, die durch die vergleichsweise höheren Schwermetallemissionen bei einer Verwertung hochkalorischer Fraktionen im Zementwerk verursacht wird.

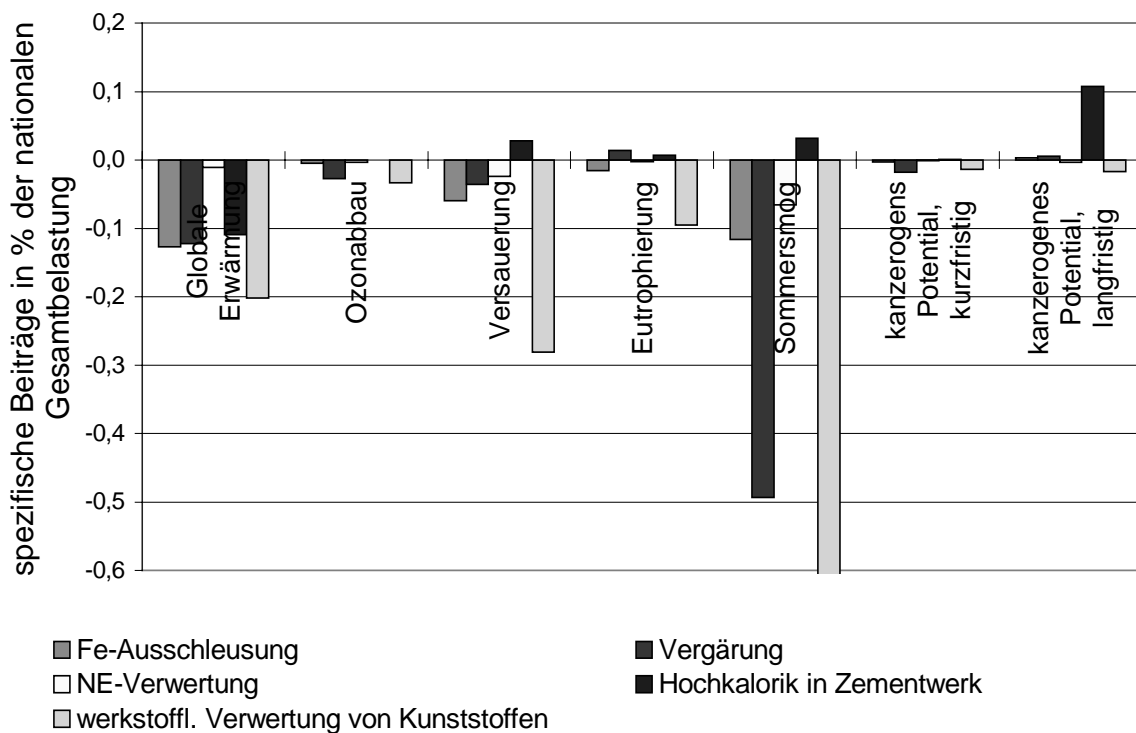


Abb. 6 Optimierungspotenziale durch stoffliche/energetische Nutzung von Restabfallfraktionen

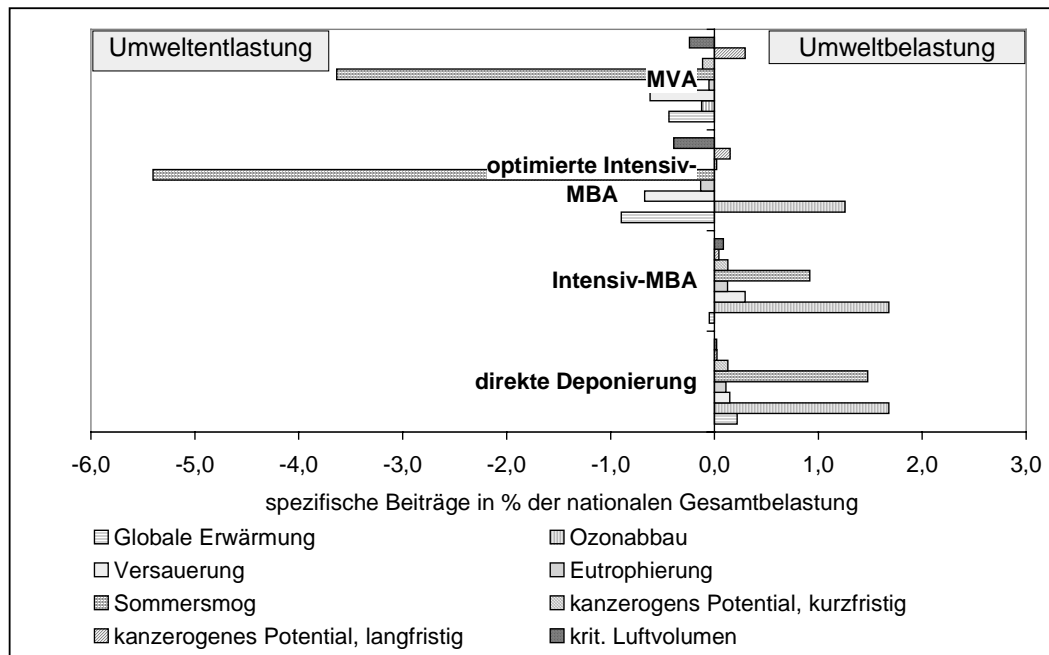


Abb. 7 Abfallentsorgungsoptionen im Vergleich

Literatur

FRICKE, K. et al. (1999): Stabilisierung von Restmüll durch mechanisch-biologische Behandlung und Auswirkungen auf die Deponierung. Kurzfassung des Endberichts zum BMBF-Verbundvorhaben „Mechanisch-biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“, Teilvorhaben 2/1, Witzenhausen, Juli 1999

KOLLER, M. et al. (1999): Ökologische Bewertung der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung, In: Tagungsband Ergebnispräsentation des BMBF-Verbundvorhabens, Potsdam, 7.-8.9.1999, S. 25 - 42

KOLLER, M. et al. (2000): Ökologischer Stellenwert anaerober Behandlungsstufen in der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung. In: B. Bilitewski (Hrsg.): Anaerobe biologische Abfallbehandlung, Erfahrungen – Konzepte – Produkte, Dresden, 21.-22.2.2000

PLICKERT, S. (1998): Ermittlung des Hausmüllaufkommens aus dem Güterumsatz : Entwicklung eines Rechenmodells unter besonderer Berücksichtigung der Einflussgrößen in den Kreisen des Landes Brandenburg, Berlin: TU, Fachbereich 06, Diplomarbeit März 1998

SOYEZ, K. et al. (1999): Testphase abgeschlossen – Zur Einsatzfähigkeit der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung liegen jetzt umfangreiche Ergebnisse vor. In: Müllmagazin 4/1999. Rhombos-Verlag, Berlin 1999.

SOYEZ, K. et al. (1999a): Systembewertung der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung - Übersicht. In: Tagungsband Ergebnispräsentation des BMBF-Verbundvorhabens, Potsdam, 7. - 8.9.1999, S. 1-24

Anschrift der Autoren

Matthias Koller
Tim Hermann
UP Transfer
Park Babelsberg 14, Haus 7
D - 14482 Potsdam
Tel.: 0331/977-4447, Fax: 0331/977-4433
e-mail: koller@rz.uni-potsam.de, hermann@rz.uni-potsam.de

Solarthermie 2000

E. Schmeer

Zusammenfassung

Mit dem Förderprogramm "Solarthermie 2000" des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) wird die aktive thermische Nutzung der Solarenergie durch solarthermische Anlagen (Fläche > 100 m²) in den fünf neuen Bundesländern und im östlichen Teil von Berlin untersucht. Die Universität Potsdam, Forschungsgruppe Solarenergie am Institut für Berufspädagogik, wurde mit der wissenschaftlich-technischen Programmbegleitung für die zu errichtenden Anlagen in den Ländern Brandenburg und Berlin beauftragt.

Summary

With the research program "Solarthermie 2000" of the Federal Ministry of Economics and Technology (BMWi) the active thermal use of solar energy will be tested on solar thermal plants in the five new lands of the Federal Republic of Germany and in the eastern part of Berlin. The University of Potsdam, research team solar energy of the institute of vocational training, was engaged to realize the scientific-technical accompanying of the program for the solar thermal plants in Brandenburg and Berlin.

Projektbeschreibung

Mit dem Förderprogramm "Solarthermie 2000" des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) (Beginn: 1994, Bundesministerium für Forschung und Technologie, dann BMBF) sollte im Rahmen der drei Teilprogramme die aktive thermische Nutzung der Solarenergie durch solarthermische Anlagen nachgewiesen werden.

Im Teilprogramm I konnten Effizienzuntersuchungen zur Betriebszuverlässigkeit und zum Alterungsverhalten an solarthermischen Versuchsanlagen durchgeführt werden, die im Rahmen des Zukunftsinvestitionsprogramms (ZIP) der Bundesregierung im Zeitraum 1978 bis 1983 in den alten Bundesländern errichtet wurden.

Für das Teilprogramm 3 wurde die Erstellung und Untersuchung von großen solarthermischen Anlagen in größeren Wohngebieten (Kollektorfläche > 1000 m²) vorgesehen, mit denen Untersuchungen zum Betriebsverhalten dieser Anlagen zur Warmwasserbereitung und zur Heizungsunterstützung und zur saisonalen Wärmespeicherung gewonnen werden sollten.

Das Teilprogramm 2 umfaßte die Installation von bis zu 100 solarthermischen Demonstrationsanlagen mit einer Kollektorfläche größer 100 m² in den fünf neuen Bundesländern und im östlichen Teil von

Berlin, die auf öffentlichen Gebäuden zu errichten sind und eine umfangreiche Meßtechnik erhalten sollen.

Die wissenschaftlich-technische Projektbegleitung für die im Rahmen des Förderprogramms "Solarthermie 2000, Teilprogramm 2" zu errichtenden solarthermischen Versuchsanlagen in Brandenburg und Berlin wurde der Universität Potsdam übertragen. Zu den Projektaufgaben gehören die Begutachtung und Bewertung von öffentlichen Gebäuden bezüglich der Errichtung von solarthermischen Anlagen, die Erstellung von Leistungsverzeichnissen und die Überprüfung von Ausschreibungen, die Installation von Meßsystemen und die Durchführung von wissenschaftlichen Meßprogrammen einschl. der Interpretation und Weiterverarbeitung der Meßergebnisse.

Aufgrund der Anforderungen des Demonstrationsprogramms "Solarthermie 2000" wurde eine Forschungs- und Versuchsanlage zur Solarthermie an der Universität Potsdam in Golm (Haus 8) errichtet, mit der das Betriebsverhalten von Solarkollektoren bei unterschiedlichen klimatischen Verhältnissen und verschiedenen Betriebsbedingungen untersucht werden sollte. Diese Forschungsanlage zur Solarthermie besteht aus drei parallel angeschlossen verschiedenartigen Solarkollektortypen (Absorber, Flachkollektor, Vakuumröhrenkollektor), die auch im Einzelbetrieb untersucht werden können.

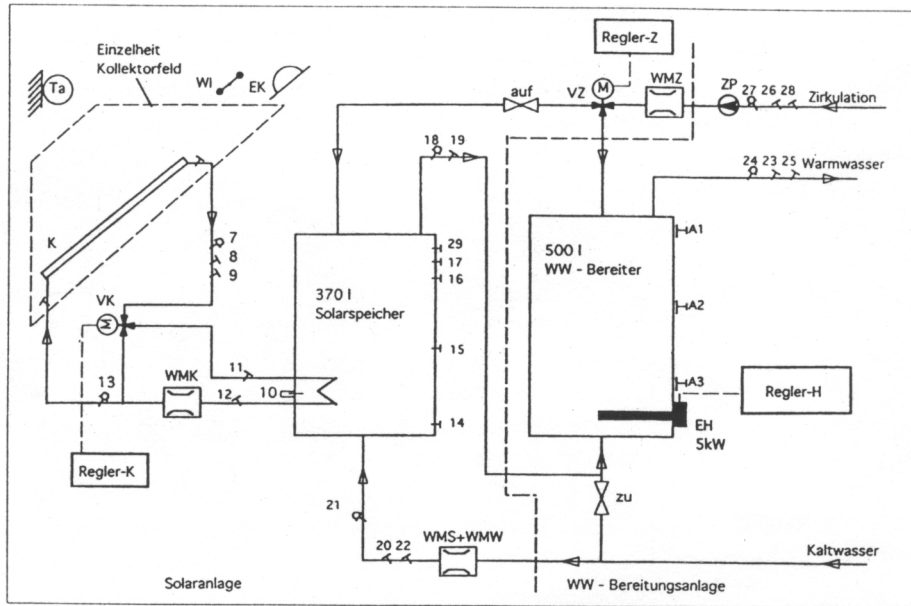
Folgende Fragestellungen wurden untersucht, deren Ergebnisse für die wissenschaftlich-technische Programmbegleitung der solarthermischen Großanlagen von Bedeutung waren:

- Einfluß klimatischer Bedingungen (Einstrahlung, Umgebungstemperatur, Windgeschwindigkeit, Abschattung, Feuchtigkeit, Verschmutzung) auf die Leistungsfähigkeit verschiedener Kollektortypen
- Einfluß der Betriebsbedingungen der Anlage (Warmwasserverbrauch, Volumenströme, Wassertemperatur im Solarspeicher) auf den Ertrag des Kollektors
- Ermittlung optimaler Betriebsbedingungen für verschiedene Kollektortypen
- Optimierung der Arbeitsweise des Kollektorkreises
- Ermittlung von Systemparametern wie Kollektorkreisnutzungsgrad, Systemnutzungsgrad, solarer Deckungsanteil, Verlustgrade (Solarspeicher, Warmwasserbereiter, Zirkulation), Arbeitszahl, Auslastung
- Erstellung qualitativer Energieflußbilder
- Betriebsverhalten von Anlagenkomponenten

Die drei Kollektoren der Forschungs- und Versuchsanlage sind jeweils mit einer Umwälzpumpe ausgestattet und können daher einzeln oder im parallelen Verbund betrieben werden. Für spezielle experimentelle Untersuchungen ist eine Handsteuerung der Anlage vorgesehen. Anstelle des Absorbers können Kollektorprototypen im Anlagenbetrieb untersucht werden.

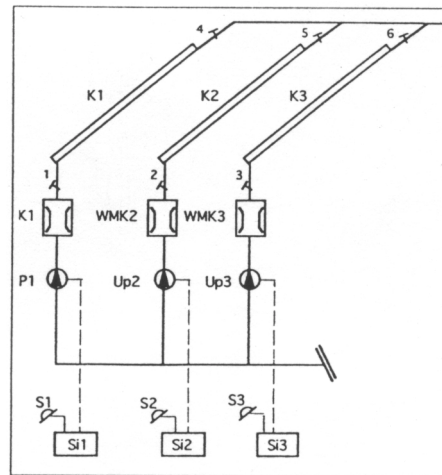
Das durch die Solarstrahlung erwärmte Wärmeträgermedium gelangt von den Kollektorkreisen über eine Sammelleitung zu einem Wärmetauscher, der sich in einem Solarspeicher (Volumen: 370 l) befindet. Das nachströmende kalte Wasser wird dadurch vorgewärmt und dem eigentlichen Warmwasserspeicher (Volumen: 500 l) zugeführt.

Im Warmwasserspeicher befindet sich eine elektrische Heizeinrichtung (5 kW), die das vorgewärmte Wasser auf die Gebrauchstemperatur von 60° C erwärmt. Das aufbereitete Warmwasser dient zur Versorgung der Wasch- und Duschräume eines Werkstattgebäudes der Universität Potsdam.



Schema der Versuchsanlage an der Universität Potsdam mit Meßstellen

Abbildung 1: Schema der solarthermischen Versuchsanlage



Die drei Kollektoren der Potsdamer Versuchsanlage können einzeln oder parallel betrieben werden.

Abbildung 2: Kollektorfeld der Versuchsanlage

Literatur

STRÄBNER, H. (1997): Eine solarthermische Versuchs- und Demonstrationsanlage. XV. Internationale Wissenschaftliche Konferenz Inzynieria procesowa w ochronie srodowiska, Universität Opole 1997, Tagungsband, S. 130-140

STRÄBNER, H.; LIERMANN, A. (1998): The long-term subsidy-program "Solarthermie 2000." VVI. Internationale Wissenschaftliche Konferenz Inżynieria procesowa w ochronie środowiska, Universität Opole 1998, Tagungsband

SCHMEER, E. (1998): Requirements on a test centre for solar thermal plants. Srodkowo-Europejska Konferencja "Ecopole 98. Conference Proceedings: Chemja i inżynieria ekologiczna 1998

SCHMEER, E.; STRÄBNER, H. (1999): Solarthermische Versuchs- und Demonstrationsanlage für Forschung und Lehre. In: Sonnenenergie. 24. Jahrg. (1999), H.4, S. 23-25

STRÄBNER, H.; LEDWON, K.: The application of small solar thermic systems for seasonal use. In: Chemja i inżynieria ekologiczna 1999 (im Druck)

Anschrift des Autors

Prof. Dr. Ernst Schmeer
Universität Potsdam
Institut für Berufspädagogik/
Berufliche Fachrichtungen Elektro- und Metalltechnik
Postfach 60 15 53
14415 Potsdam

Forschungs- und Demonstrationsanlage zur Photovoltaik

E. Schmeer

Zusammenfassung

Mit Hilfe der Forschungs- und Demonstrationsanlage zur Photovoltaik kann das Verhalten solcher Anlagen unter Praxisbedingungen untersucht werden. Der Vergleich verschiedener Anlagenkonzepte, Einzelkomponenten und Solarzellentypen hinsichtlich ihrer Effektivität, Lebensdauer und Praxistauglichkeit ist möglich.

Summary

The photovoltaic-system for research and demonstration gives the possibility to analyze the function of such systems under practice conditions. We can compare different system-conceptions, parts of components and solar-cells with regard to efficiency, operating life and fitness for use.

Projektbeschreibung

Die Forschungs- und Demonstrationsanlage zur Photovoltaik konnte im Jahr 1994 mit Fördermitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) und des Landes Brandenburg aufgebaut werden. Sie besteht aus einem feststehenden Anlagenteil mit einer installierten Leistung von ca. 5 kW_p bei einer Gesamtfläche von ca. 50 m² und einem dem Sonnenstand nachgeführten Anlagenteil mit einer installierten Leistung von ca. 2,5 kW_p mit einer Gesamtfläche von ebenfalls ca. 50 m². In der Gesamtfläche der nachgeführten Anlage sind Booster-Spiegel enthalten, durch die die Energieausbeute erhöht werden soll. In einem Containergebäude ist die zum Betrieb der Anlage notwendige Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik und die technische Ausstattung zur Messwerterfassung untergebracht. (Abb. 1)

Der feststehende Anlagenteil ist unter einem Neigungswinkel von 45° nach Süden ausgerichtet und mit zwei verschiedenen Solarzellentypen bestückt. Zur Erstinstallation wurden neben monokristallinen Siliziumsolarzellen (M55-Module der Fa. Siemens) auch Metall-Isolator-Silizium (MIS) - Inversions-schicht-Solarzellen (PS 184 MC 180 - Module der Fa. Nukem) ausgewählt. Die erzeugte elektrische Energie wird zu 90 % über netzgeführte Wechselrichter in das Netz der Energieversorgung Potsdam (EVP) eingespeist. Die restlichen 10 % werden zur Demonstration des Inselbetriebs im Kleinspannungsbereich mit Batteriespeicher im Messcontainer verwendet.

Der drehbare Solargenerator ist ebenfalls mit monokristallinen Siliziumsolarzellen (M55-Module der Fa. Siemens) bestückt. Außerdem sind Booster-Spiegel, die zusätzlich Solarstrahlung auf die Solar-module reflektieren, installiert. Die Anlage wird zweiachsig der für den geographischen Standort berechneten Jahressonnenbahn nachgeführt. Die vom nachgeführten Solargenerator erzeugte elektrische Energie wird ebenfalls in das Energieversorgungsnetz der EVP eingespeist.



Abb. 1: Solaranlage der Universität Potsdam

Im Bereich der Forschung stehen Fragen zum Einfluß der klimatischen Bedingungen, zur Energiebilanz verschiedener Solarzellentypen, zu den Wirkungsgraden der Wechselrichter, zum Gesamtnutzungsgrad der Anlage, zur Betriebssicherheit, zum Energieverbrauch für den Eigenbedarf der Anlage, zum Inselbetrieb u.a. im Vordergrund.

Tabelle 1 gibt für die Jahre 1995 bis 1999 die Energiebilanz der einzelnen Anlagenteile und der gesamten Anlage wieder. In Tabelle 2 ist ein Vergleich der Energieausbeute der Anlagenteile zusammengestellt.

Tab. 1: Energiebilanz der Photovoltaik-Anlage der Universität Potsdam 1995 bis 1999

	Energie in kWh		
	fest Siemens	fest Nucem	nachgeführt Siemens
1995	1850	1720	2800
1996	1690	1570	2940
1997	1890	1770	3470
1998	1590	1500	2880
1999	1770	1630	3240
Mittelwert	1758	1638	3066

Tab. 2: Energieausbeute der Anlagenteile im Vergleich

	spezifische Energie in kWh/m ²			Verhältnis spez. Energien		
	fest Siemens	fest Nucem	nachgeführt Siemens	n.Si./f.Si.	n.Si./f.Nu.	f.Si./f.Nu.
1995	108	78	137	1,26	1,76	1,39
1996	99	71	144	1,45	2,02	1,39

1997	111	80	169	1,53	2,12	1,38
1998	93	68	141	1,51	2,07	1,37
1999	104	74	158	1,53	2,15	1,41
				1,46	2,02	1,39
Mittelwert	103	74	150	1,45	2,02	1,39

Der feststehende Anlagenteil mit Siemens-Modulen (M 55) lieferte pro Jahr auf 1 m² Modulfläche ca. 40 % mehr Energie als die auf der gleichen Anlage montierten Nukem-Module (PS 184 MC 180). Die Differenz ist zumindest teilweise auf die um 26 % höhere Nennleistung pro m² Modulfläche der Siemens-Module gegenüber den Nukem-Modulen zurückzuführen.

Bei der nachgeführten Anlage mit den Siemens-Modulen ergibt sich gegenüber der feststehenden Anlage mit den gleichen Modulen eine um ca. 45% höhere Energieausbeute, die von der Nachführung der Anlage zum Sonnenstand und vom Einfluß der Booster-Spiegel abhängig ist. Bei störungsfreiem Betrieb der nachgeführten Anlage ist die Ausbeute im Jahresmittel sogar um ca. 50% höher, liegt aber auch damit unter den Herstellerangaben, die gegenüber einer feststehenden Anlage einen doppelt so hohen Ertrag versprochen. Dieses Ergebnis wird nur an Tagen mit optimalen Einstrahlungsbedingungen erreicht. Abb. 2 zeigt das Verhältnis der Energieausbeuten beider Anlagenteile bezogen auf 1 m² für einzelne Tage im Jahresverlauf. Gegenüber der feststehenden Anlage mit Nukem-Modulen ergibt sich eine ca. doppelt so hohe Ausbeute.

In Abb. 3 wird die 1998 erzeugte und ins Netz der EVP eingespeiste elektrische Energie, aufgeschlüsselt nach den einzelnen Monaten, dargestellt. Die nachgeführte Anlage liefert bei direkter Sonneneinstrahlung eine höhere Ausbeute als eine feststehende Anlage. Dabei kann die Effizienz nachgeführter Anlagen durch Behebung aufgetretener Probleme, die auf die hohe Störanfälligkeit der Steuereinrichtung (Ausfallzeiten), die unzulängliche Optimierung der Steuerung (nicht optimale Anpassung an die Einstrahlungsbedingungen und dadurch höherer Eigenverbrauch der Anlage) und die schlechte Abstimmung der Generatorleistung zur Wechselrichterleistung zurückzuführen sind, noch gesteigert werden.

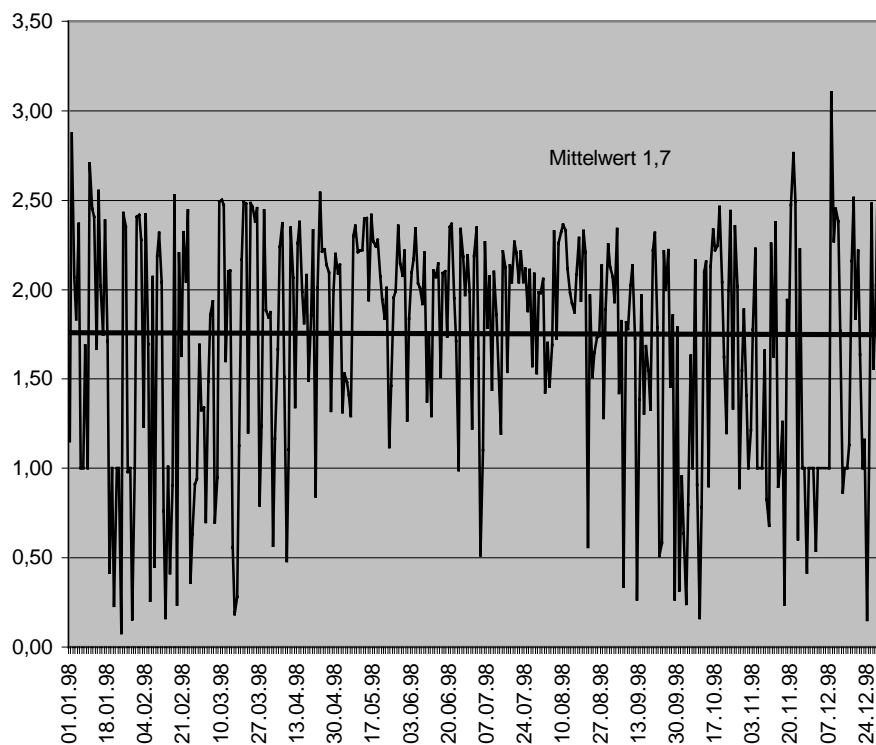


Abb.2: Verhältnis der Energieausbeuten der nachgeführten und der feststehenden bezogen auf 1 m²

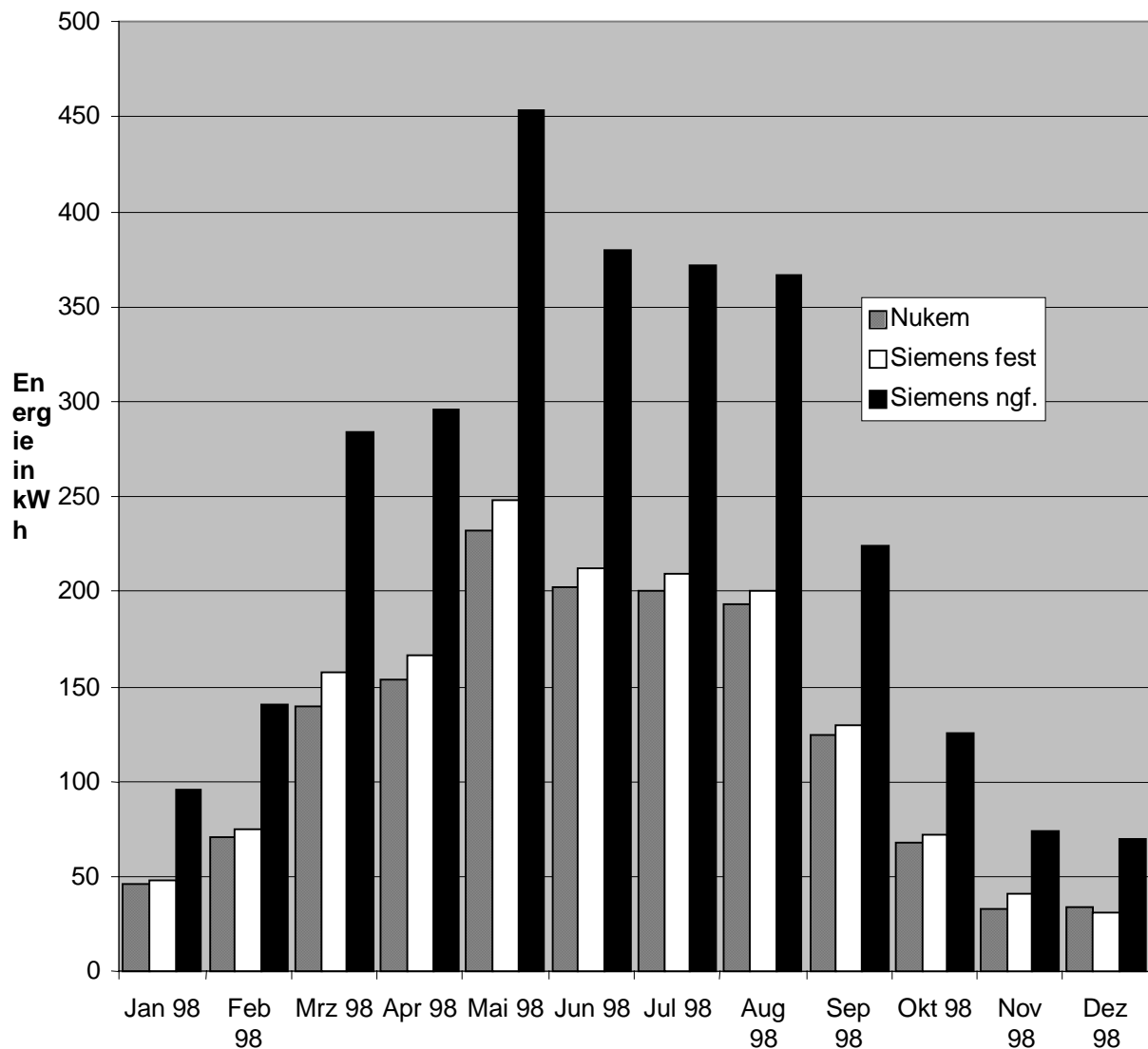


Abb.3: Ins Netz der EVP eingespeiste elektrische Energie im Jahr 1998

Literatur

STRÄBNER, H.; LIERMANN, A.: System fotowoltaiczny dla celów adawczych i dydaktycznych. chemja, dydaktyka, ekologia R1/1996/Nr.1-2, S. 61-64

STRÄBNER, H.; LIERMANN, A.: Eine Photovoltaikanlage für Forschung und Ausbildung. XIV. Internationale Wissenschaftliche Konferenz Inżynieria procesowa w ochronie środowiska, Universität Opole 1996, Tagungsband S. 211-219

SCHMEER, E.; LIERMANN, A.; SEVERIN, W.; THIELE, W.: Photovoltaik in Lehre und Forschung. Die PV-Anlage der Universität Potsdam. In: Sonnenenergie. 22. Jahrg. (1997), H.2, S. 38-42

STRÄBNER, H.: Elektroenergie aus Sonnenstrahlung – Photovoltaik (1. Teil). In: Arbeit und Technik in der Schule. 8. Jahrg. (1997), H.8, S. 166–169

STRÄBNER, H.: Elektroenergie aus Sonnenstrahlung – Photovoltaik (2. Teil). In: Arbeit und Technik in der Schule. 8. Jahrg. (1997), H. 11, S. 378-383

STRÄBNER, H.; LIERMANN, A.; SCHOLZ, V.: Standörtlich und meßtechnisch bedingte Abweichungen von Meßergebnissen verschiedener Stationen. In: Sonnenenergie. 22. Jahrg. (1997), H.5, S. 46-48

Anschrift des Autors

Prof. Dr. Ernst Schmeer
Universität Potsdam
Institut für Berufspädagogik/
Berufliche Fachrichtungen Elektro- und Metalltechnik
Postfach 60 15 53
14415 Potsdam

Verbundvorhaben „Mechanisch-biologische Restabfallbehandlung“

K. Soyez, D. Thrän, M. Koller, T. Hermann

Zusammenfassung

Im BMBF-Verbundvorhaben „Mechanisch-biologische Restabfallbehandlung“ wurde die Leistungsfähigkeit dieser neuen Verfahren umfassend untersucht, um ihre praktische Anwendung einzurichten. Aerobe, anaerobe und kombinierte Verfahren zeigten sich gleichermaßen geeignet. Der biologisch behandelte Abfall führt auf der Deponie nur noch zu geringen Gas- und Sickerwasserbelastungen. Als Beurteilungskriterien werden der Sauerstoffbedarf in vier Tagen bzw. die Gasbildung in 21 Tagen empfohlen. Ihre labortechnische Bestimmung wurde für die praktische Anwendung vereinheitlicht. Für den Anlagenbetrieb wurden an drei verschiedenen Anlagen Optimierungen der Behandlungsdauer vorgenommen und detaillierte Abluftuntersuchungen vorgenommen. Diese Daten erlauben auch eine gesamtökologische Einordnung der Verfahren in Hinblick auf eine umweltverträgliche Abfallwirtschaft.

Summary

The Federal Ministry of Education, Science, Research and Technology subsidied an integrated project to study the Mechanical-biological pre-treatment of residual waste to find out their conditions for coming into use. The results showed that aerobic, anaerobic and combined processes can be used to reach low level of contamination on air and seepage after land filling. For evaluation the parameters „breathing activity in 4 days“ and „gas formation in 21 days“ are recommended. To optimize the treatment itself three plants were investigated more deeply, e.g. influences of the processing time were evaluated and the waste-air was analysed detailed. Furthermore the collected data can be used for a cumulated assessment of the Mechanical-biological pre-treatment with regard to an eco-efficient waste management.

Einleitung

Das vom BMBF geförderte Verbundvorhaben „Mechanisch-biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“ (MBV) erarbeitet 1995 bis 1999 unter Koordination der FG Ökotechnologie in 18 Vorhaben die Grundlagen, um eine wissenschaftliche Basis für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit dieser Verfahren zu schaffen. Dabei umfaßt die MBV:

- die mechanische Vorbehandlung zur Stoffstromtrennung und Konditionierung des Abfalls für die biologische Behandlung
- die biologische Behandlung in aeroben, anaeroben und alternierenden Verfahren

Entscheidend für die Umweltrelevanz sind dabei einerseits Ressourcenverbrauch und Emissionen der Behandlungsverfahren, andererseits das langfristige Ablagerungsverhalten des behandelten Abfalls auf der Deponie.

Für die Beurteilung der Verfahren mußten geeignete Parameter ermittelt und standardisiert werden. U.a. wurde die Bestimmungsmethode des Parameters „biologischer Sauerstoffverbrauch in vier Tagen (AT₄)“ vereinheitlicht und soll nach Ansicht des Umweltbundesamtes auch in Zukunft genutzt werden.

Ablagerungsqualität

Die Untersuchung des Deponieverhaltens von gerottetem Abfall stellte eine der zentralen Forschungsfragen dar, zumal hier zu Beginn des Vorhabens so gut wie keine belastbaren Daten vorlagen. Um den hohen Standards der Abfallentsorgung zu genügen, ist zu gewährleisten, daß der Abfall durch die MBV weitgehend stabilisiert wird und so die Gas- und Sickerwasseremissionen gegenüber herkömmlichen Deponien mit unbehandeltem Abfall ganz erheblich reduziert sind.

Das Deponieverhalten wurde in 84 Deponiesimulationsreaktoren (DSR) untersucht, in die insgesamt 22 m³ unterschiedlich vorbehandelte Abfälle eingebaut wurden. Die Reaktoren stellen Deponie-Modellsysteme dar, an denen Aussagen über die Emissionsverläufe und -qualitäten gewonnen werden können.

In den DSR wurden - nach Abtrennung der heizwertreichen Fraktion und einer drei- bis viermonatigen biologische Behandlung - Einbaudichten von über 1 Mg/m³ (trocken) erreicht und nur geringe Setzungen erzielt (Abbildung 1). Die hydraulische Leitfähigkeit des eingebauten Materials liegt bei 10⁻⁶ bis 10⁻⁸ m/s. Nun ist zu prüfen, ob diese Werte auch im Deponiebetrieb erreicht bzw. dort sogar noch verbessert werden können. Wenn die Korngröße des abzulagernden Materials begrenzt ist, können die Gesetzmäßigkeiten und Techniken des Erdbaus angewendet werden können.

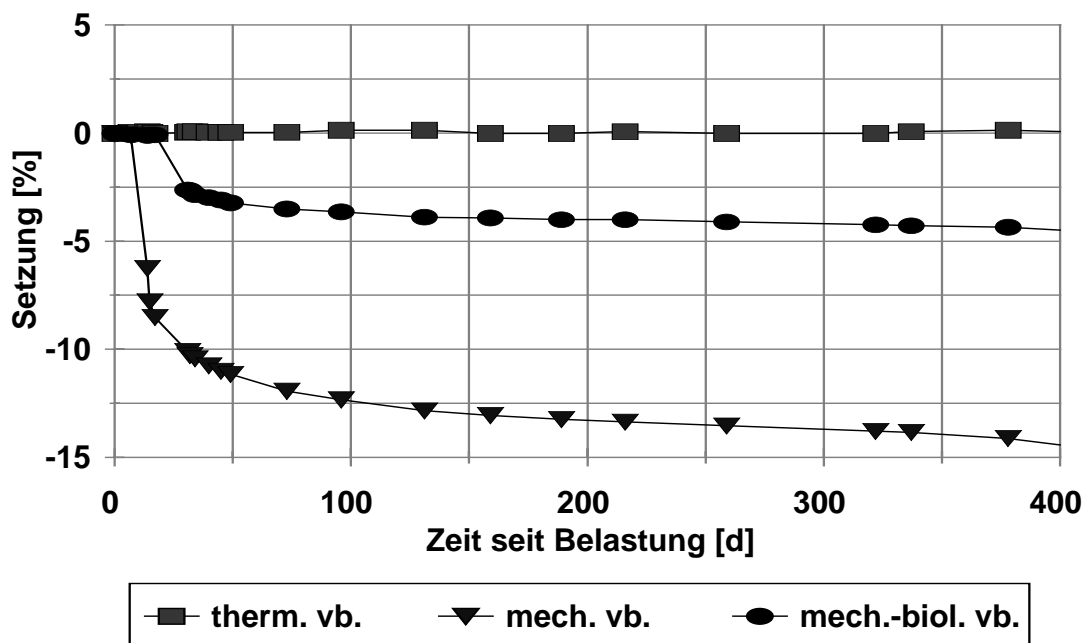


Abb. 1 Relative Oberflächensetzung (Bezugshöhe ca. 3 m) bei unterschiedlich vorbehandelten Restabfällen infolge einer Kiesauflast von ca. 30 kN/m² (Bidlingmaier et al 1999)

In den Simulationsreaktoren war das Emissionspotential der Sickerwasserbelastung von MBV-Material gegenüber dem von unbehandelten Abfällen um ca. 90% reduziert. Weiterhin konnte der bei den Abfällen bestimmte Parameter „biologischer Sauerstoffverbrauch in vier Tagen (AT₄)“ mit den nach der Ablagerung ermittelten Sickerwasserbelastungen korreliert werden (Tabelle 1).

Das Gasbildungspotential von MBV-Material wird auf 20-40 NI/kg, bezogen auf Trockensubstanz (TS) geschätzt und beträgt damit 10 % des Gasbildungspotentials von unbehandeltem Abfall. Für eine 20 m hohe Deponie ergeben sich dann noch Restgasemissionen von weniger als 2 l/m² /h. Das darin enthaltene Methan kann ohne aktive Entgasungsmaßnahmen bereits durch die Methanoxidation in einer gasdurchlässigen Deponiedeckschicht zu 90 -95 % eliminiert werden.

Tab. 1 Wertebereiche relevanter Alternativparameter in Abhängigkeit von der Zielgröße Sickerwasserbelastung (Höring et al 1999)

mittlere Sickerwasserbelastung TOC [mg/l]	TOC [mg/l]	Eluat AT ₄ [mg O ₂ /gTS]
< 600	< 200	< 5
600 – 1000	200 – 300	5 – 20
1000 – 2000	300 – 500	5 – 20
> 2000	> 500	10 – 50
mittlere Sickerwasserbelastung ges. N [mg/l]	ges. N [mg/l]	Eluat AT ₄ [mg O ₂ /gTS]
200 – 400	30 – 50	< 5
400 - 1000	50 – 100	5 – 20
> 1000	100 – 250	> 20

Beurteilungsparameter

Zur Beschreibung der zu erwartenden Ablagerungsqualität wurden über 20 verschiedene chemische, biochemische und biologische Parameter getestet. Diese sollten vor allem mit den Gas- und Sickerwasseremissionen im Deponiesimulationsreaktor korrelieren, damit sie zur Beurteilung des Behandlungserfolges in den Anlagen verwendet werden können.

Eine Korrelation konnte bei folgenden Parametern nachgewiesen werden:

- Gasbildung in 21 Tagen (GB₂₁)
- Biologischer Sauerstoffverbrauch in vier Tagen (AT₄)
- Organisch gebundener Kohlenstoff (TOC) im Eluat
- Cellulose-Lignin-Quotient (C/L-Verhältnis)

Der AT₄ (Abbildung 2) erreicht zwar eine geringfügig niedrigere Korrelation mit der Gasbildung im Deponiesimulationsreaktor als der GB₂₁, ist allerdings schneller und unempfindlicher in der Bestimmung.

Das C/L-Verhältnis beschreibt - da sich der Ligninanteil während der biologischen Behandlung praktisch nicht ändert - den Grad des Cellulose-Abbaus. Von Anfangswerten um 4,0 in unbehandeltem Restabfall sinkt er mit zunehmender Stabilisierung auf Werte um 0,5.

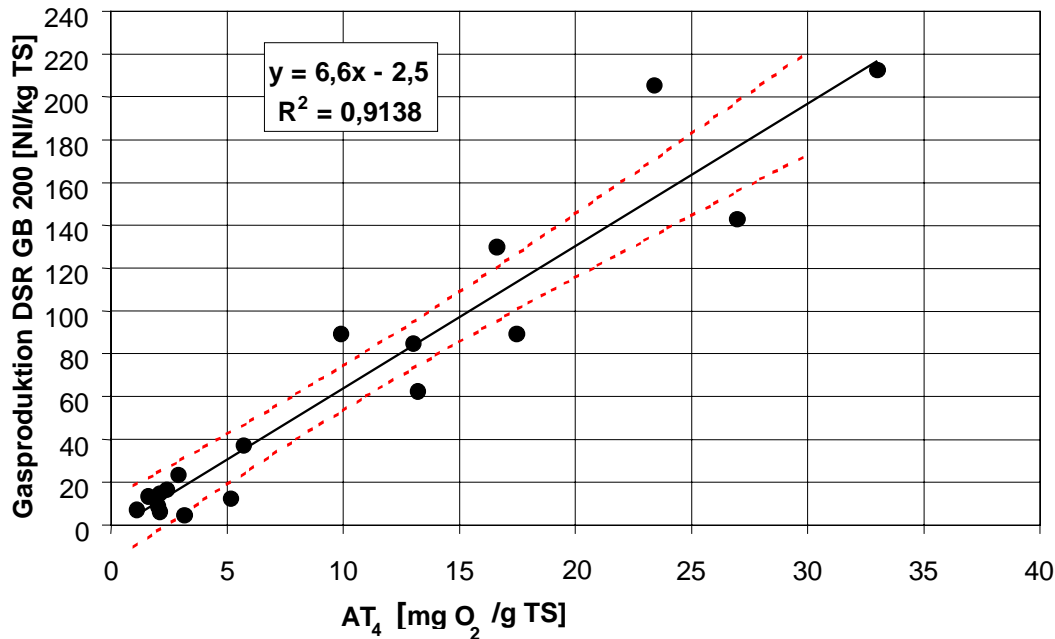


Abb. 2 Korrelation zwischen AT₄ und Gasbildung im Deponiesimulationsreaktor (Höring et al 1999)

Behandlungsverfahren

Zur Beschreibung des Leistungsstandes der MBV wurden sieben verschiedene Verfahrenskonzepte untersucht. Sie umfaßten Anlagen vom 8,5-Liter-Labormaßstab bis zur Großanlage mit einer Kapazität von 150.000 Jahrestonnen (Tabelle 2).

Die große Bandbreite der untersuchten Verfahren, sowohl bei der Stofftrennung als auch bei der biologischen Behandlung, erlaubt nun eine übergreifende Beurteilung der Leistungsfähigkeit der mechanisch-biologischen Vorbehandlung.

- Unabhängig von der Verfahrenskonzeption wird die Abtrennung und energetische Verwertung der heizwertreichen Fraktion als vorteilhaft gesehen.
- Die eingesetzten Zerkleinerungsaggregate unterschieden sich in ihrer Wirkung sehr stark: Während Walzenmühlen kaum eine Zerkleinerung bewirkten, zeigten Rottetrommeln und Hammermühlen bessere Ergebnisse.
- Die zur Stofftrennung eingesetzte große Bandbreite von Siebschnitten (Abbildung 3) ergab keine Hinweise auf besonders geeignete Siebgrößen. Eine signifikante Anreicherung der abbaubaren Organik im Unterkorn läßt sich durch die Kombination aus Zerkleinerung und Siebung nicht erzielen. Die systematische Stofftrennung bedarf daher ergänzender Verfahren (z.B. Windsichtung, Schwimm-Sink-Verfahren).

Tab. 2 Maßstab und gerätetechnische Ausstattung der am Verbund beteiligten MBA

TV	Anlage / Standort	Typ *	Betriebsform	Geräteausstattung	
				Mechanik	Biologie
2/1	Quarzbichl (Kreis Bad Tölz)	G	Umstellungsbetrieb	Walzen- und Schneckenmühle, Homogen. in Rottetrommel, Trommelsieb (150mm), Spannwellensieb (40–60mm), Magnetscheider	Ursprünglich belüftete Tafelmieten; umgestellt auf Rottecontainer und Kleinrotteboxen mit temperaturgest. Belüftung; Nachrotte in unbelüfteter Miete
		V	Batchbetrieb	Hammer-, Kaskaden- und Schneidmühle	einstufige Trockenvergärung (BRV) in Kombination mit verschiedenen Nachrottesystemen (Miete, Rottebox)
2/3	Scharfenberg (Kreis OPR)	V	Batchbetrieb	Hammermühle, Trommelsiebe 20 u. 60mm	Prozeßgesteuerte Rottecontainer
2/4	Horm (Kreis Düren)	G	Einfahren der Anlage (150.000 Mg/a)	Trommelsiebe 350 u. 180 mm Walzenmühle, Hammerbrecher Magnetscheider, Homogenisierungstrommel	gekapselter Rottetunnel; Nachrotte in unbelüfteter Miete auf der Deponie
2/5	Lichtweiß-Institut / TU Braunschweig	L/V	Batchbetrieb (140 l – 14 m ³)	Siebung (80 mm), Zerkleinerung	alternierende Behandlung in speziell konstruierten, statischen oder rotierenden Bioreaktoren
2/6	Dr.-Ing. Steffen (Essen)	V	Batchbetrieb (je 5 m ³)	Shredder (80 u. 150mm)	alternierende Behandlung nach dem 3-A-Verfahren
2/7	BTN (Nordhausen)	L	Batchbetrieb (je 8,5 l)	Naßtrennung	ein- bis dreistufige Vergärung nach dem BTN-Verfahren
2/8	Fraunhofer-Institut (Stuttgart)	L	Batchbetrieb (je 30 l)	Siebung, Windsichter Naßtrennung	zweistufige Vergärung nach dem Schwarting-Uhde-Verfahren

* L = Laboranlage; V = Versuchsanlage; G = Großanlage

- Gemessen an oben beschriebenen Beurteilungsparametern sind alle untersuchten Verfahren in der Lage, in der biologischen Behandlungsstufe bei entsprechender Rottedauer, weitgehend stabilisierte Produkte zu erzeugen. Beim Einsatz gesteuerter Intensivrottesysteme wird dafür ein Zeitraum von 12-16 Wochen benötigt.
- Vergärungsverfahren benötigen eine aufwendigere Stoffstromtrennung. Für die abgetrennten Fraktionen sind geeignete Verwertungswege vorzusehen. Aus der biologischen Behandlungsstufe kommen nur sehr geringe Mengen zur Ablagerung. Diese sind sehr weitgehend stabilisiert. Bei mehrstufigen Verfahren kann auf die aerobe Nachbehandlung verzichtet werden.
- Aerobe Verfahren können - im Gegensatz zu Vergärungsverfahren - abwasserarm betrieben werden.

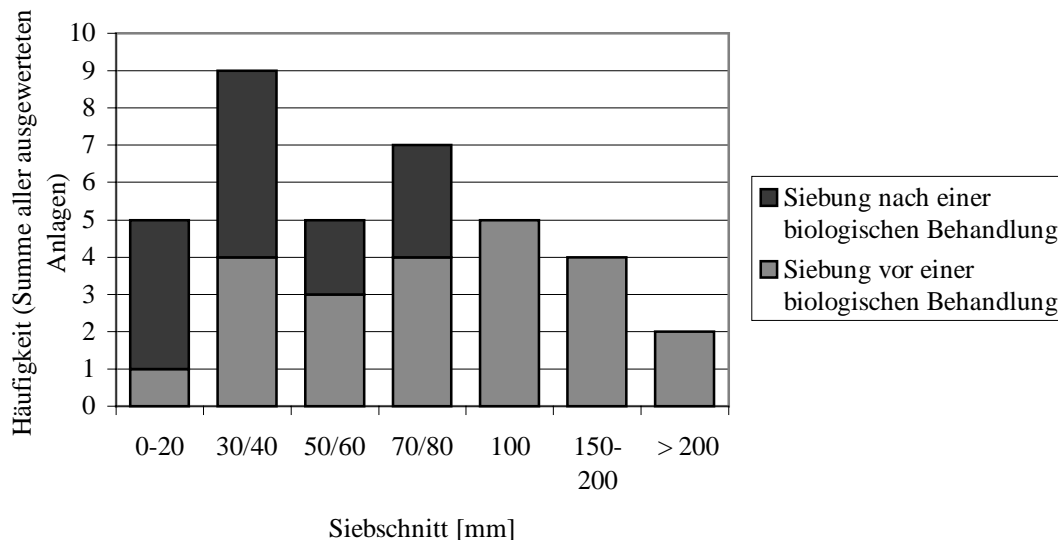


Abb. 3 Häufigkeit von Siebschnitten in Abhängigkeit vom Behandlungskonzept in 22 Forschungs- und Großanlagen zur MBV

Emissionen bei der Behandlung

Zur Bestimmung der Abluftemissionen der MBV wurden von der Universität Hannover fünf großtechnische Anlagen untersucht. Bei aeroben Behandlungsverfahren treten relevante gasförmige Emissionen überwiegend während des Temperaturanstieges zu Beginn des Rotteprozesses auf. Während der ersten zwei Wochen der Behandlung werden daher gekapselte Anlagenkonzepte und geschlossene Abluffassungen empfohlen.

Hinsichtlich der Abluftzusammensetzung wurden Vielstoffgemische aus organischen Komponenten ermittelt, die teilweise bei der Rotte als Zwischenprodukte des Stoffabbaus gebildet werden (Tabelle 3). Durch Biofiltration der Abluft können die Anforderungen der TA Luft eingehalten werden. Zur Einschränkung der organischen Belastung nach dem Stand der Technik wird vorgeschlagen, die NMVOC (Leichtflüchtige organische Kohlenstoffverbindungen außer Methan) zu begrenzen auf:

➤ $\leq 80 \text{ mg Gesamt-C}_{\text{FID}}/\text{m}^3$ im Tagesmittel und $300 \text{ g C/Mg Inputmaterial}$ (Cuhls et al 1999).

Staubemissionen lassen sich durch effektive Trenntechniken auf kleiner 10 mg/m^3 senken. Die Metallkonzentrationen im Abgas liegen weit unter den Vorgaben für Müllverbrennungsanlagen (17. BImSchV).

Für Ammoniak (NH_3), das in der Rotteabluft gefunden und in der TA Luft nicht geregelt ist, werden zusätzliche Maßnahmen zur Emissionsminderung - z.B. in Form eines vorgeschalteten Biowäschers - empfohlen, da Ammoniak zu Sekundäremissionen von Stickoxiden im Biofilter führt.

Keimuntersuchungen über den Sortierbändern der großtechnischen Anlage in Horm haben zudem gezeigt, daß die Gesamtkeimbelastung der von Wertstoffsortieranlagen ähnelt. Auch die Zusammensetzung von über 90% Pilzen ist vergleichbar. Mit einer mittleren Belastung von $75.000 \text{ KBE Schimmelpilzen pro m}^3$ sind sowohl weitergehende hygienische Maßnahmen als auch organisatorische und technische Schutzmaßnahmen notwendig.

Ermittelt wurde außerdem eine Korrelation der Konzentrationen von Pilzen und Feinstaub der Partikelgröße $2\text{-}5\mu\text{m}$. Wenn diese durch weitere Untersuchungen bestätigt werden kann, lassen sich meßtechnische Vereinfachungen bei Routinemessungen, z.B. im Rahmen der arbeitsmedizinischen Vorsorge erreichen. Dort könnte dann auf die bewährte Meßgröße „Staubgehalt“ zurückgegriffen werden.

Tab. 3 Zusammenstellung von Min./Max.-Konzentrationen und Filterwirkungsgraden für massenrelevante Stoffe der Nr. 3.1.7 TA Luft (Cuhls et al 1999)

3.1.7 TA Luft Klas- se	Komponente	Roh- gas Bas- sum max. µg/m ³	Roh- gas Bas- sum min. µg/m ³	η <i>Bio- filter Mittel</i> %	Rein- gas Bas- sum max. µg/m ³	Rein- gas Bas- sum min. µg/m ³	Roh- gas Horm max. µg/m ³	Roh- gas Horm min. µg/m ³	η <i>Bio- filter Mittel</i> %	Rein- gas Horm max. µg/m ³	Rein- gas Horm min. µg/m ³
1	Isopropylbenzol	45	< BG	5	35	< BG	155	40	38	95	< BG
1	Naphthalin	585	20	55	55	< BG	150	35	71	36	< BG
1	Tetrachlorethen	75	< BG	35	45	< BG	475	47	20	340	42
1	n-Butylacetat	295	< BG	65	180	< BG	980	160	94	130	< BG
1	Dimethyldisulfid	1.155	170	48	805	< BG	560	55	62	100	30
1	Acetaldehyd	3.700	< BG	68*	1.400	< BG	12.00 0	4.100	99	200	21
1	Crotonaldehyd	180	< BG	52	190	< BG	1.500	640	100	< BG	< BG
1	Dichlormethan	945	< BG	-12*	1.235	< BG	210	21	- 83	200	< BG
1	Chloroform	100	< BG	18	122	< BG	110	< BG	51	40	< BG
2	Toluol	695	24	-1*	3.055	27	1.490	460	34	740	300
2	3/4-Ethyltoluol	560	40	49	405	< BG	2.000	230	60	965	80
2	2-Ethyltoluol	195	20	34	185	< BG	2045	80	44	495	50
2	Ethylbenzol	575	35	25*	1.720	25	970	250	42	485	205
2	m/p-Xylol	1.765	95	21	2.370	95	2.990	720	41	1.510	450
2	o-Xylol	685	25	15	560	25	980	200	45	760	156
2	Limonen	9.140	480	90	3.435	< BG	11.27 5	1.300	56	5.850	530
2	Acetonitril	350	< BG	91	33	< BG	2.000	470	69	680	< BG
3	Cyclohexan	70	< BG	- 4	100	< BG	120	40	22	30	< BG
3	n-Decan	435	65	86	125	< BG	2.665	440	64	710	65
3	Aceton	7.600	< BG	83*	6.600	< BG	8.200	3.700	96	330	< BG
3	2-Butanon	5.165	80	81*	2.750	< BG	43.00 0	370	100	630	< BG
3	Ethanol	2.400	< BG	95	1.200	< BG	39.00 0	9.500	100	50	< BG

Bassum 14 Meßpaare, Horm 6 Meßpaare (*: ein Ausreißer nicht berücksichtigt)

Ökologische Gesamtbewertung

Den Vergleich zwischen Behandlungsaufwand und Restemission leistet die ökologische Gesamtbewertung. Verschiedene ökosystemare Gesamtbetrachtungen untersuchten das Belastungsprofil der MBV und anschließender Ablagerung sowohl im nationalen Kontext als auch im Vergleich zur Müllverbrennung. Dabei zeigt sich, daß die Abfallbehandlung und -ablagerung, unabhängig vom Entsorgungsweg, nur zu weniger als 1% an der nationalen Gesamtbelastung (gemessen in den Wirkungskategorien globale Erwärmung, Ozonabbau, Sommersmog, Versauerung, Eutrophierung, kurz- und langfristige Kanzerogene, Humantoxizität und kritischen Volumina) beteiligt ist.

Diese Belastungen lassen sich reduzieren, wobei als wesentliche Einflußfaktoren auf die ökologische Gesamtbeurteilung ermittelt wurden:

- der Herstellungsaufwand der Behandlungsanlagen
- die Rahmenbedingungen beim Einsatz von Energieträgern und bei der Verwertung von ausgeschleusten Stoffströmen

- Verbleib von Einzelsubstanzen mit hohem Wirkungspotential, z.B. FCKW und N₂O

Mit Hilfe der ökobilanziellen Gesamtbetrachtung lassen sich auch ökologische Kompromissituationen innerhalb der MBV-Technik lösen: Beispielweise kann das von der Abfallentsorgung verursachte Treibhauspotential minimiert werden, indem das Optimum aus technischem Aufwand und deponieseitigen Restemissionen ermittelt wird (Abbildung 4).

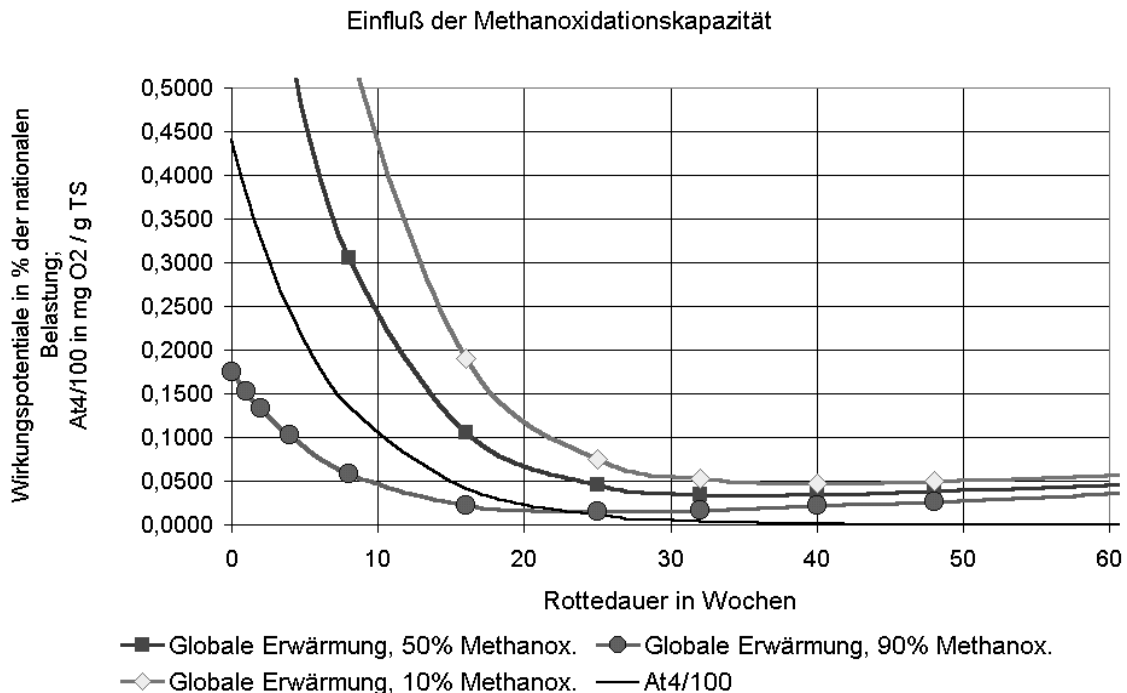


Abb. 4 Einfluß der Methanoxidationskapazität von Deponie-Deckschichten auf den Zusammenhang von Rottedauer und Treibhauspotential

Gegenüber der Müllverbrennung konnte - wie bereits in früheren Untersuchungen - kein eindeutiger Vor- oder Nachteil festgestellt werden. Vielmehr zeigen beide Konzepte charakteristische Belastungsprofile, die sich auf die Umweltkompartimente unterschiedlich auswirken. Damit ist eine abschließende Verfahrensentscheidung nur für die spezifische Einzelsituation möglich, in die sowohl die lokalen Randbedingungen als auch die umweltpolitischen Prioritäten einfließen.

Zuordnungswerte

Bei der Festlegung von Anlagenstandards ist nicht die anlageninterne Verfahrenstechnik, sondern die Umweltverträglichkeit nach der Ablagerung ausschlaggebend.

Der AT₄ liefert, neben den bereits in Tabelle 1 und Abbildung 4 dargestellten Korrelationen zur Sickerwasserbelastung und zum Treibhauspotential, auch Aussagen zur ökosystemaren Einordnung von Restabfällen: Unbehandelter Restabfall mit einem AT₄ von 20-60 mg O₂/gTS ist mit AT₄-Werten von kaum abgebautem Streumaterial aus L-Horizonten von Waldböden vergleichbar. Dagegen entspricht der Abbauzustand der Restorganik im behandelten Abfall demjenigen von humifizierter organischer Substanz in Oberböden (O- und A-Horizonte), die Atmungsaktivitäten von weniger als 6 mg CO₂-C/gTOC aufweist.

Damit sind bei einem AT_4 von maximal $5 \text{ mgO}_2/\text{gTS}$ zusammenfassend folgende Materialeigenschaften zu erwarten:

- geringe, in der Deponie abbaubare Methanemission
- tolerierbare Sickerwasserbelastung
- Abbaugrad vergleichbar mit der organischen Substanz in Oberböden
- Minimierung des aus Behandlungsaufwand und deponieseitigen Methanemissionen entstehenden Treibhauspotentials in der ökologischen Gesamtbetrachtung

Dieser Wert korrespondiert mit einem GB_{21} von maximal $20 \text{ NI}/\text{kgTS}$, einem TOC im Eluat von maximal $200\text{-}300 \text{ mg}/\text{l}$ und einem C/L-Verhältnis von maximal 0,5.

Fazit

Mit den Ergebnissen des Forschungsvorhabens wurde eine fundierte Basis geschaffen, die nun erlaubt, für MBV-Anlagen strenge, auf die charakteristischen Emissionen zugeschnittene Grenzwerte festzulegen, die ökologisch begründet und ökonomisch realisierbar sind.

Mit dem neuen abfallpolitischen Ziel der Bundesregierung, bis zum Jahr 2020 alle Siedlungsabfälle zu verwerten, ist darüber hinaus zu entscheiden, wie die MBV – zusammen mit den anderen Entsorgungswegen - in den nächsten zwanzig Jahren so eingesetzt werden kann, daß einerseits eine umweltverträgliche Abfallentsorgung gewährleistet ist, andererseits die Schaffung von hochwertigen Verwertungssystemen und Stoffkreisläufen nicht behindert wird.

Literatur

Alle Literaturquellen sowie die vollständigen Ergebnisse des Verbundvorhabens sind im Tagungsband „Mechanisch-biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“ zusammengestellt, dem auch die hier präsentierten Abbildungen und Tabellen entnommen sind. Er kann bezogen werden bei der FG Ökotechnologie der Universität Potsdam, Park Babelsberg 14, 14482 Potsdam. Fax: 0331 – 9774433. Email: gfried@rz.uni-potsdam.de

Anschrift der Autoren

Dr.-Ing. Konrad Soyez
Daniela Thrän
Dipl.-Ing. Matthias Koller
Dipl.-Ing. Tim Hermann
Universität Potsdam
Zentrum für Umweltwissenschaften
Forschungsgruppe Ökotechnologie
Park Babelsberg 14
14482 Potsdam

Carbohydrates as raw material from a Green BioRefinery Carbohydrates analysis of green plant juices after wet-fractionation of grass

I. Starke, A. Holzberger, B. Kamm, E. Kleinpeter

Zusammenfassung

Grüner Presssaft von BioRaffinerie-Originalrohstoffen (Wiesenmischgras und Luzerne nach einer Nassfraktionierung und der Protein-Abtrennung) wurde mittels Gaschromatographie/Massenspektrometrie untersucht. Die im Presssaft enthaltenen Kohlenhydrate wurden derivatisiert und identifiziert mittels ihrer Retentionszeiten im Gaschromatogramm bzw. ihrer EI Massenspektren im Vergleich mit Daten der reinen Vergleichssubstanzen. Zusätzlich wurden CI Massenspektren zur besseren Charakterisierung der anwesenden Kohlenhydrate herangezogen. Die Kohlenhydrate, die auf diesem Wege identifiziert werden konnten, wurden mittels ‚response signals‘ bezüglich des inneren Standards β -Phenyl-D-glucopyranosid quantifiziert.

Summary

Green juices from Green Biorefinery original raw-material (*wild mixed grass* and *alfalfa* after wet fractionation and protein separation) have been investigated by gas chromatography/mass spectrometry. The Carbohydrates, involved in the green juices, were derivatized and identified by both their retention times in the gas chromatogram and EI mass spectra compared to those of pure reference compounds. Additionally, chemical ionisation mass spectra were recorded for better characterizing of the carbohydrates present. The carbohydrates which could be identified in this way, were quantified by response signals with respect to that of the internal standard β -phenyl-D-glucopyranoside.

Introduction

The Green BioRefinery (figure 1) is a system for whole substantial and energetic utilisation of green plant and waste biomass. The renewable resources, especially grass from an extensive land cultivation, or natural resources and alfalfa from an intensive land cultivation, are an excellent BioRefinery-raw material. Carbohydrates inherent in plant materials are fundamental secondary raw materials beside proteins, amino acids, fibres, hormones, enzymes and dyes etc.

The first step of the technology is the so-called wet-fractionation. This process separates the plant material into its water-insoluble contents (Press Cake) and a carbohydrates- and protein-rich water-soluble fraction (Green Juice or Brown Juice) by using pressure. A carbohydrate-rich juice (carbohydrate fraction) is available after precipitation of the plant protein by acidifying or heating. These juices are an excellent fermentation medium e.g. for the production of lactic acid. Additionally, the carbohy-

drates are suitable for application in pharmaceuticals, surfactants, medicine and building blocks for synthesis (chirality pool) [1].

Problems

In the first step we were looking for an appropriate analytical method that would be able to detect the different single carbohydrates in the juice.

Juice from BioRefinery original raw-material (*wild-mix grass*) after fractionation and protein separation has been investigated by this method. GC-MS (gas chromatography-mass spectrometry) is the method of choice for the identification of small oligosaccharides, especially capillary GC-MS is made a routine technique.

The main problem for us was to optimise the method for the identification and reproducible quantification of derivatized carbohydrates from green juice in a short time.

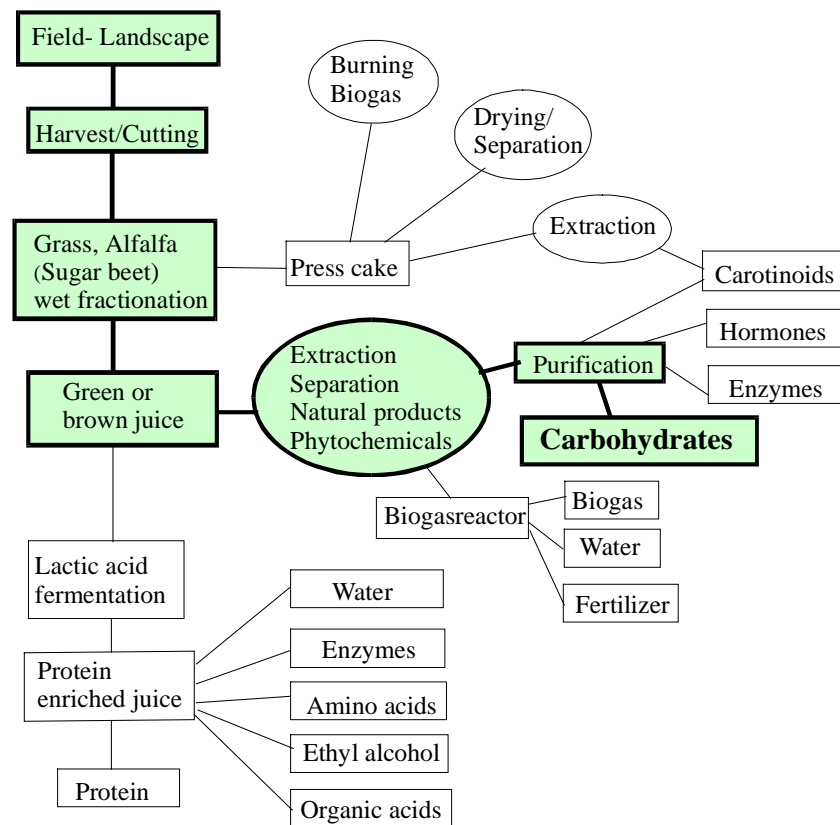


Figure 1: Carbohydrates from a system of a Green BioRefinery (see also Kiel, P. & Kamm in [1])

Raw materials and methods

Raw materials from a Green BioRefinery:

A) *wild mixed grass*

The green juices were obtained from the wild mixed grass of the area Vietnitz/Havelland. The grass was pressed and then the juice heated 10 hr at 80°C and later stored at 5° degree in the refrigerator.

B) *alfalfa*

The alfalfa (*Medicago sativa*) cutted from a field in the region of Selbelang/Havelland was used; the whole plant not only the leafs was used for the analysis. The proteins was separated according to the method *Carrez I* and *Carrez II*. The samples thus obtained were sterilly filtrated and then fast frozen at -18°C .

The sample preparation involves the hydrolysis of the saccharides in TFA; the sugars are dissolved in anhydrous pyridine and treated with HMDS or BSTFA to form the TMS- ether [2]. The saccharides-trimethylsilylethers were identified by their retention time on the GC compared to external standards (as well as their mass spectra). Additionally chemical ionisation spectra were taken for the characterisation. All identified saccharides were quantified by the response relating to an internal standard such as beta-Phenylglucopyranoside [3].

Results and Discussion

In the GC-MS study of the plant samples all components of more than 5% intensity of the peak area of the inner standard were identified.

The chromatogram of the detectable components in a grass mixture is shown in Fig. 2.

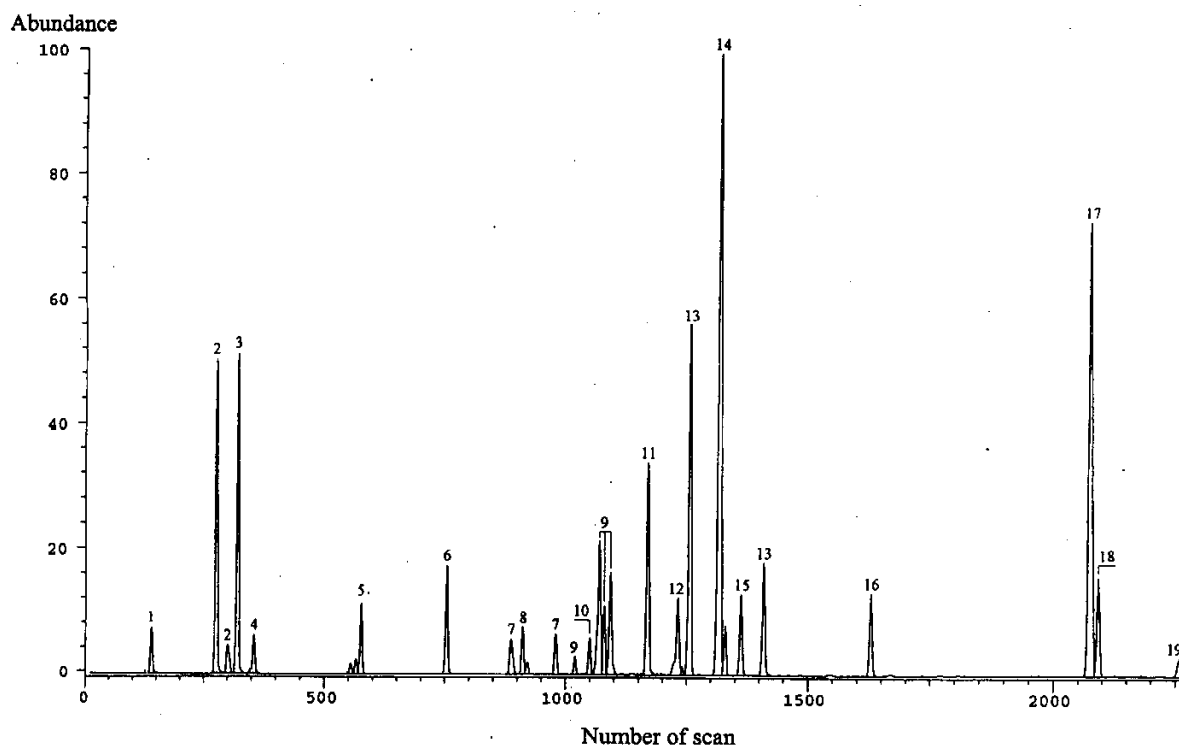


Figure 2: Gas Chromatogram of the TMS derivates of sample A) *wild mixed grass juice* (see also table 1.)

Linear relationships between the integrated peak areas A_{carb}/A_{st} on the total ion current (TIC) and the analyte/standard concentration C_{carb}/C_{st} were found for all carbohydrates (see Table 1). The reproducibility proved to be of very good quality since the repeated estimation of the areas [%] of the different sugars change only $< 10\%$.

Table 1: The results of the quantification of the carbohydrates of nonhydrolyzed and hydrolyzed samples of *wild mixed grass* juice (see also figure 2)

Peak number	carbohydrates	Concentration of carbohydrates in grass juices [mg/l]	
		nonhydrolyzed juice	hydrolyzed juice
2	Glycerol	80	77
5	Erythrose	12	8
6	Rhamnose	17	11
7	Xylose	8	7
9	Fructose	71	102
11	Galctose	52	64
12	Mannose	15	21
13	Glucose	85	91
14	Mannit	173	182
15, 16	Myo-Inositol	44	25
19	Maltose	56	8

All obtained results from *wild mixed grass* juice and *alfalfa* juice are described in [4].

Conclusions

The application of the method GC/MS described above proved to be effective for monosaccharides and carboxylic acids of green juices of wild mix grass and freshly pressed alfalfa juices. These investigations are the first steps for possible industrial application of natural sugars. If sufficient amounts of carbohydrates could be extractet, there is the possibility tot their further use in pharmacy, medicine and cosmetic.

References

KAMM, B.; KAMM, M.: The Green Biorefinery – Principles, Technologies and Products. Proc. 2nd Intern. Symp. Green Biorefinery, October, 13 - 14, 1999, Feldbach, Austria, [SUSTAIN (ed), TU-Graz, Feldbach, Austria, 1999] S. 46-69

DUTTON G.S.: Advances in Carbohydrate Chemistry and Biochemistry, 28 (1997) 11 - 49

HAVLICEK, S.C.; BRENNAN, M.R.; SCHEUER, P.J.: J. Org. Mass. Spectrom., 5 (1971) 1273 - 76

STARKE, I.; HOLZBERGER, A.; KAMM, B.; KLEINPETER, E.: Qualitative and quantitative analysis of carbohydrates in green juices (wild mixed grass and alfalfa) from a green biorefinery by gas chromatography/ mass spectrometry. Fresenius Journal Analytical Chemistry 367 (2000) 1, 65 - 72

Adressen der Autoren

Prof. Dr. Erich Kleinpeter
Dr. Ines Starke, DC Anja Holzberger
Universität Potsdam
Institut für Org. Chemie und Strukturanalytik
Am Neuen Palais 10
14469 Potsdam

Dr. Birgit Kamm
Universität Potsdam
Zentrum für Umweltwissenschaften
AG Grüne Bioraffinerie
Kantstraße 55
14513 Teltow-Seehof

**ARBEITSGRUPPEN
PROFESSUREN**

Arbeitsgruppe: Angewandte Geophysik

Leiterin:

Dr. Erika Lück
(Universität Potsdam)

Mitarbeiter:

Dr. Manfred Eisenreich, Dipl.-Geophys. Ute Spangenberg

Kontakt:

Anschrift: Dr. Erika Lück
Universität Potsdam
Institut für Geowissenschaften
Postfach 60 15 53
14415 Potsdam

Telefon: (0331) 977-2249

Fax: (0331) 977-2087

e-mail: elueck@geo.uni-potsdam.de

website: <http://www.uni-potsdam.de/u/Geowissenschaft/index.htm>

Arbeitsschwerpunkte:

Der Einsatz geophysikalischer Methoden ist praktisch für alle Tiefenbereiche der Erde möglich. Die Auswahl der Methoden und der entsprechenden Parameter erfolgt in Abhängigkeit von den Zieltiefen. Die Arbeitsgruppe hat sich insbesondere auf eine hochauflösende, oberflächennahe Strukturerkundung spezialisiert, wobei fast alle geophysikalischen Verfahren (Geoelektrik, Elektromagnetik, Geomagnetik, Georadar, Seismik) zum Einsatz kommen. Die hauptsächlichen Anwendungsfelder liegen auf dem Gebiet der Umweltgeophysik, dem Einsatz der Geophysik für Landwirtschaft und Bodenkunde und der geophysikalischen Prospektion archäologischer Fundstellen.

Kooperationsbeziehungen:

- Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung e. V. (ZALF)
- Institut für Agrartechnik Bornim (ATB)
- AG Stoffdynamik in Geosystemen am Zentrum für Umweltwissenschaften der Universität Potsdam
- KSG Agrar GmbH Kassow
- Landwirtschaft Golzow Betriebs-GmbH
- PROGEO monitoring GmbH
- Brandenburgisches Landesmuseum für Ur- und Frühgeschichte
- Humboldt-Universität Berlin, Institut für Geschichtswissenschaften, Ur- und Frühgeschichte
- Universität Rostock, FB Landeskultur und Umweltschutz, Institut für Geodäsie und Geoinformatik
- Institut für Technologie und Umweltschutz e. V. (INTUS)

Arbeitsgruppe: Betriebliches Umweltmanagement / Umweltbewußtes Konsumentenverhalten (Zentrum für Umweltwissenschaften)

Leiter:

Univ.-Prof. Dr. Ingo Balderjahn
(Universität Potsdam)

Mitarbeiter:

Dipl.-Ing. Hans-Jörg Aleff, Dipl.-Kfm. Gerd Pollok, Dipl.-Psych. Joachim Scholderer, Dipl.-Kff. Simone Will

Kontakt:

Anschrift: Prof. Dr. Ingo Balderjahn
Universität Potsdam
Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche Fakultät
Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre
mit dem Schwerpunkt Marketing
August-Bebel-Str. 89
14482 Potsdam

Telefon: (0331) 977-3595

Fax: (0331) 977-3350

e-mail: balderja@rz.uni-potsdam.de

website: http://www.uni-potsdam.de/u/ls_marketing

Arbeitsschwerpunkte:

- Betriebliches Umweltmanagement und Ökologisches Marketing
- Umweltbewußtes Konsumentenverhalten
- Risikowahrnehmungsforschung/Risikomanagement

Serviceleistungen:

- Projekte: Balderjahn, I.; Krueger, C.: Marketing, Kommunikation und Informationsmanagement. Abschlußbericht zur Projekt: Vordringliche Aktion (VA) des BMBF "Produkte und Prozesse mit dem Ziel der Nachhaltigkeit" (S. 55)
- Lehrveranstaltungen: Vorlesung Umweltmanagement (2 SWS), regelmäßig im Sommersemester
Übung "Umweltmanagement" (2 SWS), regelmäßig im Sommersemester
Seminar "Umweltmanagement" (2 SWS), unregelmäßig

Arbeitsgruppe: Bio-Organische Synthesechemie

Leiterin:

Dr. Birgit Kamm

Mitarbeiter:

DC Matthias Fischbach, DC Michael Kamm, DC Anja Riebel, DI Gerlinde Salzsieder, Axel Schranz

Kontakt:

Anschrift: Dr. Birgit Kamm
Universität Potsdam
Institut für Organische Chemie und Strukturanalytik
(Leitung: Prof. Dr. Martin G. Peter)
FG Bio-Organische Synthesechemie
Kantstrasse 55
14513 Teltow-Seehof

Telefon: (03328) 4 65 31 oder 4 64 25

Fax: (03328) 4 65 24

e-mail: kamm@rz.uni-potsdam.de

Arbeitsschwerpunkte:

Der laborseitige Arbeitsschwerpunkt ist die Synthese von N- und O-Heterocyclen sowie Monomere auf Basis von natürlichen oder biotechnologisch herstellbaren α -Hydroxycarbonsäuren, α -Aminocarbonsäuren und Betainen sowie deren Konvertate für biologisch abbaubare Wirk- und Werkstoffe. Die synthetisierten Heterocyclen werden auf Wirkstoffwirksamkeit und Polymerisierbarkeit untersucht. Dabei wird angestrebt, für die Zielsynthesen notwendige Zwischenprodukte und Derivate soweit wie möglich und sinnvoll, in die biotechnologischen Verfahrensschritte einzugliedern und aus diesen zu isolieren. Idealziel wäre z.B. die Synthese und Isolierung eines gut polymerisierbaren Monomers aus einer Einfärmenter-Reaktion. Ein besonderer Schwerpunkt wird dabei auf Nutzung der originär gering konzentrierten α -Hydroxy-carbonsäuren und α -Aminosäuren aus biotechnologisch gestützten BioRaffinerieprozessen gelegt. Dieses verlangt neue Ansätze in den Syntese Konzepten der Organischen Chemie. Solches Synthesematerial sind beispielsweise zu Milchsäure oder L-Lysin fermentierte Gras- bzw. Luzernesäfte aus agro-industriellen Grünguttrockenwerken (Futtermittel) oder Kartoffelsäften der Stärke- und Nahrungsmittelindustrie. Neben der Weiterarbeit an der Thematik Dilactidsynthese aus biotechnologisch hergestellten organischen Aminiumlactaten liegt der Syntheseschwerpunkt der FG derzeit darauf, das physiologisch und chemisch interessante natürlich vorkommende L-Carnitin für polymere Materialien und Anwendungen nutzbar zu machen. Dabei wird die Strategie verfolgt, Heterocyclen auf Basis von Carnitin, biogener Milchsäure und Äpfelsäure bzw. einfacher z. T. neuartiger Konvertate zu synthetisieren und auf ihre Fähigkeit zur Ringöffnungspolymerisation zu untersuchen. Des weiteren beschäftigt sich die FG BIOSC mit der Entwicklung von neuen nachhaltigen und ganzheitlichen Konzepten zur Nutzung der Potentiale der Organischen Chemie für moderne, ökologische bzw. ökologisch orientierte Stoffwandlungen-, Stoffwandlungsprozesse und -systeme. Im Vordergrund steht dabei die Betrachtung von BioRaffinerie-Systemen, insbesondere Systeme der Grünen BioRaffinerie aus dem Blickwinkel der ökologischen, nachhaltigen Organischen Chemie. Eine Grüne BioRaffinerie ist ein System zur ganzheitlichen stofflichen und energetischen Verwertung von Grünen Biomassen unter Beachtung der Synthesevorleistungen der Natur (Kurzdefinition, vgl. dazu. Kapitel der AG Grüne BioRaffinerie). Kurz gefasst geht es darum, die Leistungen der klassischen Organischen Chemie, mit den Potentialen der modernen Chemie, Biochemie und Biotech-

nologie zu verknüpfen und so BioRaffinerie-Systeme für die Organische Chemie nutzbar zu machen. („Chemisierung von Grünen BioRaffinerie-Systemen“).

Forschungsschwerpunkte:

Grundlagenforschung zum Thema Neue Synthesen zur Darstellung cyclischer Monomere für biologisch abbaubare Werkstoffe auf Basis biogener Milchsäure und kurzkettiger α -Aminosäuren
Förderung: DBU (Habilstipendium), MWFK (HSP III)

Grundlagenforschung zur Synthese und Ringöffnungspolymerisation von Heterocyclen auf Basis von Carnitin und Milchsäure. Förderung: DFG

Grundlagen- und produktorientierte Forschung zur Derivatisierung bzw. Monomerisierung des Naturstoffes und Biotech-Produktes L(-)-Carnitin [(R)- γ -Amino- β -hydroxybuttersäure-trimethylbetain] für biologisch abbaubare Wirk- und Werkstoffe. Förderung: Industrie

Grundlagen- und Angewandte Forschung zur Derivatisierung von L-Lysin aus *Italien rye grass* - Fermentationsbrühen für Wirkstoffe. Förderung: Dansk Biomass AS, Oelgod, Dänemark (8/2000)

Feasibility-Studie: Kennwort Lactide. Förderung: Industrie

Grundlagen- und Angewandte Forschung zur Synthese und Isolierung von organischen Aminiumlactaten aus *German rye grass*-Silagen. Förderung: Technische Universität Graz, Österreich (9/2000)

Grundlagen- und Produktorientierte Forschung zur Synthese von oligomeren Materialien für Klebstoffe und Bindemittel auf nachwachsender Rohstoff-Basis, als Synthesebausteine fungieren polymerisationsfähige cyclische Verbindungen auf Basis von Milchsäure, Lävulinsäure sowie Oxogundchemikalien, wie Acrylate und Glycerin, gewinnbar aus nachwachsenden Rohstoffen. Förderung: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe

Kooperationsbeziehungen:

National

Universitäten und Forschungseinrichtungen

- ATB- Institut für Agrartechnik Bornim (ATB) e.V.
- Biopos - Forschungsinstitut Bioaktive Polymersysteme e. V., Teltow
- Fachhochschule Flensburg
- Fraunhofer Institut für Angewandte Polymerforschung (IAP)
- Friedrich Schiller Universität Jena
- Humboldt Universität zu Berlin
- Institut für Angewandte Proteinchemie (ProChem e.V.), Kleinmachnow
- Universität Heidelberg
- Universität Trier

Firmen

- Wella AG Darmstadt, Abt. Forschung Polymere, Dr. Thomas Krause

Wissenschaftliche Vereine, Verbände und Stiftungen

- Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), Osnabrück;
- Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), AK Umwelt- und Ressourcenschonende Synthesen und Prozesse, Frankfurt/ Main, Herr Prof. Dr. Jürgen Metzger;

- Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), Liebig-Vereinigung für Organische Chemie, Frankfurt/Main;
- Deutsche Gesellschaft für Chemisches Apparatewesen, Chemische Technik und Biotechnologie (ECHEMA), Frankfurt/Main;
- Forschungs-, Entwicklungs- und Praxisverbund (ARGE) „Grüne BioRaffinerie Brandenburg“ Selbelang, Dipl.-Ing. Bernd Müller

International

Universitäten und Forschungseinrichtungen

- | | |
|------------|---|
| Dänemark | University of Southern Denmark, Centre for Agro-Industrial Biotechnology, Esbjerg, Prof. Pauli Kiel; |
| Island | University of Iceland, Faculty of Engineering, Reykjavik, Prof. Dr. Valdimar K. Jónsson; |
| Israel | Hebrew University Jerusalem, Prof. Dr. Avraham Baniel |
| Italien | Università La Sapienza, Dipartimento di Chimia, Rom, Dr. Fabio Giannessi |
| Österreich | Technische Universität Graz, Institut für Grundlagen der Verfahrenstechnik, Prof. Dr. Michael Narodoslawsky, MSci Stefan Kromus; |
| U.S.A. | Michigan State University, Department of Chemical Engineering, East Lansing, MI, Prof. Dr. Bruce E. Dale; |
| U.S.A. | U.S. Department of Energy, Pacific Northwest National Laboratory, Environmental Technology Division, Bioprocessing Group, Richland, WA, Ph.D. Jianwei Gao |

Wissenschaftliche Vereine, Verbände, Netzwerke

- | | |
|------------|--|
| Österreich | Sustain, Verein zur Koordination von Forschung über Nachhaltigkeit, Graz |
| Europa | Network for the Implementation of Biorefineries in European Rural Areas as new Perspectives for less favoured regions with the target of sustainable regional development (NIB), Koordination: TU Graz |
| U.S.A. | American Chemical Society (A.C.S.), Green Chemistry and engineering subdivision, Columbus, OH |
| U.S.A. | Greenchemeng group, Columbus, OH, U.S.A. |

Arbeitsgruppe: Grüne Bioraffinerie (Zentrum für Umweltwissenschaften)

Leiterin:

Dr. Birgit Kamm

Mitarbeiter:

Prof. Dr. Jens Born, Dr. Günther Filler, DC Michael Kamm, DC Uwe Kertscher, MSci Stefan Kromus, DÖ Manfred Kuhnt, DI(agr.) Bert Lange, PD Dr. habil. Bernd Linke, DC Ursula Lubahn, Prof. Dr. Gerald Muschiolik, Prof. Michael Narodoslawsky, Prof. Dr. Bernd Ondruschka, Dr. Matthias Plöchl, Dr. Thomas Schmiedel, Prof. Dr. Klaus-Dieter Schwenke, Dr. Astrid Segert, Dr. Ines Starke, Dr. Irene Zierke

Kontakt:

Anschrift: Dr. Birgit Kamm
Kantstrasse 55
14513 Teltow-Seehof

Telefon: (03328) 4 65 31 oder 4 64 25

Fax: (03328) 4 65 24

e-mail: kamm@rz.uni-potsdam.de

Arbeitsschwerpunkte:

Folgende Arbeits- und Forschungsschwerpunkte werden durch die AG Grüne BioRaffinerie bearbeitet:

- Erarbeitung der wissenschaftlichen und technologischen Grundlagen für BioRaffinerie-Prozesse BioRaffinerie- Produktlinien und BioRaffinerie-Systeme unter Einbeziehung des Wissensstandes der Fachgebiete Biotechnologie, Ökotechnologie, ‚sanfte‘ und ‚grüne‘ Chemie bzw. nachhaltige Chemie sowie Methoden der Nichtklassischen Chemie
- Forschungs- und Entwicklungsarbeiten an konkreten BioRaffinerie-Produkten, wie organische Grundprodukte für definierte Wirk- und Werkstoffe, Produkte mit funktionellen Applikationen, und Energieprodukten
- Betrachtung der BioRaffinerie-Rohstoffe, Prozesse und Systeme unter betriebswirtschaftlichen, ökologischen, makroökonomischen, sozial- und raumordnungspolitischen Gesichtspunkten
- Moderierung einer integrierten Bewertung der Produktionskette BioRaffinerie zur Nachhaltigen Entwicklung aus den vorgenannten Gesichtspunkten und Finden von Kompromißlösungen
- Mitarbeit am Praxisvorhaben BioRaffinerie-*Typ-Havelland* am Grüngut-Trockenwerk Selbelang in Zusammenarbeit mit dem Forschungs-, Entwicklungs und Praxisverbund (F, E & P.-Verbund) Bioraffinerie Selbelang/ Havelland
- Mitarbeit im InnoRegio-Projekt ‚Pflanze als Wirtschaftsfaktor‘ in Zusammenarbeit mit dem Mittelstandsverband Oberhavel
- Mitarbeit im European Network for the Implementation of Biorefineries (NIB)
- Vorbereitung Brandenburgische Umweltberichte (BUB) Bd.10 unter dem Arbeitstitel: Grüne BioRaffinerie

Kooperationsbeziehungen:

- Region Süd-Jütland, um Oelgod, Zentraler Ansatz BioRaffinerie, um Grüngut-Trockenwerk (University of Southern Denmark, Dansk Biomass A/S);
- Bundesland Schleswig-Holstein, Bundesland Bayern, Region Mittelfranken Bundesland Rheinland-Pfalz) Dezentrale Ansätze über Silage-Erzeugung oder Trockenwerke (FHS Flensburg, ARGE Biogas, München, Uni Trier);
- Regionen um Hvergagerol und Öxarfjörður, Verwertung von *Alaska Lupinus nootkaensis* in Kombination mit geothermischer Energie (University of Iceland, Icelandic Biomass A/S);
- Steiermark, Region Feldbach: Dezentrale Ansätze über Silage-Erzeugung (TU Graz, Forschungsverein Sustain);
- Kanton Thurgau, Region um Dübendorf und Märwil (ETH Zürich, 2B AG Dübendorf);
- Staat Wisconsin, Region um Madison und Keokuk (Iowa), Arizona und Oakland, Agro-Industrielle BioRaffinerie-Ansätze (EnerGenetics Int. Inc.)
- der Gesellschaft Deutscher Chemiker, AK Umwelt- und Ressourcenschonende Synthesen und Prozesse, Frankfurt/ Main;
- Deutsche Gesellschaft für Chemisches Apparatewesen, Chemische Technik und Biotechnologie (ECHEMA), Frankfurt/Main;
- Forschungs-, Entwicklungs- und Praxisverbund (ARGE) „Grüne BioRaffinerie Brandenburg“, Selbelang, Dipl.-Ing. Bernd Müller;
- Sustain, Verein zur Koordination von Forschung über Nachhaltigkeit, Graz (Österreich);
- BM VALLA, Biomasse-Verbund Island, Reykjavik (Island);
- Paulinenauer Arbeitskreis Grünland und Futterwirtschaft, Paulinenaue;
- ARGE Biogas, München

Partnerinstitutionen, Universitäten, Forschungseinrichtungen sowie F&E-nahe Unternehmen

- Institut für Agrartechnik Bornim (ATB) e.V.; Abt. Bioverfahrenstechnik;
- FI Bioaktive Polymersysteme e. V.;
- FHS Flensburg, Institut für chemische Technologie;
- Friedrich-Schiller Universität Jena, Institut für Technische Chemie und Umweltchemie;
- Institut für Angewandte Proteinchemie e.V., Kleinmachnow;
- MAFO Systemtechnik, Dr. A. Zacharias GmbH und Co. KG;
- Universität Gesamthochschule Kassel, Institut für Nutzpflanzenkunde;
- Universität Potsdam, Institut für Organische Chemie und Strukturanalytik;
- Entec Ingenieurgesellschaft mbH, Neuruppin;
- Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V., Potsdam;
- Humboldt Universität zu Berlin (HUB), Institut für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbau
- Humboldt Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät;
- Institut für Technische Trocknung mbH, Gattersleben;
- FMS Futtermittel GmbH Selbelang;
- Biopos-Forschungsinstitut Bioaktive Polymersysteme (biopos) e. V., Teltow
- Fraunhofer Institut für Angewandte Polymerforschung (IAP), Teltow und Potsdam-Golm
- Brandenburgisches Umweltforschungszentrum (BUFT e. V.), Alt Ruppin

- Paulinenauer Arbeitskreis Gründland- und Futterwirtschaft e. V., Paulinenaue
- Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Abt. Gründland- und Futterwirtschaft, Paulinenaue
- Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Abt. Analytik, Potsdam
- Universität Trier, FB VI-Analytische und Ökologische Chemie;
- Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung e. V.: (ZALF), Müncheberg, Paulinenaue;
- University of Southern Denmark, Centre for Agro-Industrial Biotechnology, Esbjerg;
- University of Iceland, Faculty of Engineering, Reykjavik Technische Universität Graz, Institut für Grundlagen der Verfahrenstechnik;
- Michigan State University, Department of Chemical Engineering, East Lansing, MI;
- Dansk Biomass A/S, Denmark;
- Icelandic Biomass A/S, Iceland

Arbeitsgruppe: Humanökologie (Zentrum für Umweltwissenschaften)

Leiterin:

Prof. Dr. Holle Greil
(Universität Potsdam)

Mitarbeiter:

Prof. Dr. Dr. Hans W. Jürgens, Elke Lange, Dr.
Christiane Scheffler, Anja Schilitz, Dr. Inge
Schröder

Kontakt:

Anschrift: Prof. Dr. Holle Greil
Universität Potsdam
Institut für Biochemie und Biologie
Fachgebiet Humanbiologie
Lennéstr. 7a
14471 Potsdam

Telefon: (0331) 977-4874 oder -4876

Fax: (0331) 977-4861

e-mail: greil@rz.uni-potsdam.de

website: <http://www.uni-potsdam.de/u/biologie/uebersbb.htm>

Arbeitsschwerpunkte:

- Anthropometrische Datenbank
- Umweltbedingte Einflußfaktoren auf das Wachstum und die körperliche Entwicklung von Kindern und Jugendlichen (säkulare Akzeleration)
- Ernährungsgewohnheiten und körperliche Veränderungen während des Erwachsenenalters
- Anthropometrische Grundlagen zur altersgerechten Gestaltung der körpernahen Umwelt junger und älterer Erwachsener (Körperbau, Körperbeweglichkeit, Reaktionsgeschwindigkeit, Konzentrationsfähigkeit)
- Anthropometrische Grundlagen für die Entwicklung maßgerechter 2D- und 3D-Computersimulationen des menschlichen Körpers zum Einsatz bei der Gestaltung körpernaher Umweltelemente (Ergonomic Software Tools)

Kooperationsbeziehungen:

- Anthropologisches Institut der Universität Kiel
- Arbeitskreis Gesundheit, Universität Potsdam
- Fachhochschule Potsdam, Fachbereich Design
- Institut für Arbeitswissenschaften, Technische Universität Darmstadt

Arbeitsgruppe: Integrierter Arten- und Biotopschutz (Zentrum für Umweltwissenschaften)

Leiter:

Prof. Dr. Dieter Wallschläger
(Universität Potsdam)

Mitarbeiter:

Wolfgang Beier, Dr. Michael Burkart, Prof. Dr.
Dr. Arne Hinrichsen, Dr. Matthias Kühling,
Susanne Oehlschlaeger

Kontakt:

Anschrift: Prof. Dr. Dieter Wallschläger
Universität Potsdam
Institut für Biochemie und Biologie
Maulbeerallee 2a
14469 Potsdam

Telefon: (0331) 977-1915

Fax: (0331) 977-1948

e-mail: wallsch@rz.uni-potsdam.de

website: <http://www.uni-potsdam.de/u/biologie/uebersbb.htm>

Arbeitsschwerpunkte:

- Artenschutz
- Ökoethologie
- Offenlandschaften
- Bioakustik

Kooperationsbeziehungen:

- Brandenburgische Technische Universität Cottbus
- Albrecht-Ludwigs-Universität Freiburg
- Naturkundemuseum Görlitz
- Institut für Agrartechnik Bornim e.V.
- Professur für Geofernerkundung, Geoinformatik und Kartographie der Universität Potsdam
- Arbeitsgruppe Umweltsoziologie der Universität Potsdam

Arbeitsgruppe: Landschaftsentwicklung (Zentrum für Umweltwissenschaften)

Leiter:

Prof. Dr. Hans-Rudolf Bork
(Christian-Albrechts-Universität zu Kiel)

Mitarbeiter:

Christine Dahlke, Karl Geldmacher, Dr. Matthias
Kühling, Dr. Bernd Tschochner

Kontakt:

Anschrift: Dr. Bernd Tschochner
Universität Potsdam
Institut für Geoökologie
Postfach 60 15 53
14415 Potsdam

Telefon: (0331) 977-2011

Fax: (0331) 977-2068

e-mail: tschochn@rz.uni-potsdam.de

website: <http://www.uni-potsdam.de/u/Geoookologie/>

Arbeitsschwerpunkte:

- Aufnahmen des gegenwärtigen Landschafts- und Bodenzustandes in Modellregionen; detaillierte Rekonstruktion der früheren Landschaftsentwicklung
- Prozesse der Bodenbildung, -erosion und -ablagerung; chemische und physikalische Analyse der Bodenhorizonte und der Sedimentschichten
- Flächennutzungs- und Vegetationskartierungen; Darstellung und Ermittlung verschiedener Nutzungsansprüche und -einflüsse; wirtschaftliche Bewertung von Flächen
- Bewertung naturraumtypischer Elemente in den Untersuchungsgebieten, etwa hinsichtlich Natürlichkeit, Repräsentanz und Vollständigkeit
- Ermittlung der Empfindlichkeit von Lebensgemeinschaften und Landschaftsräumen gegenüber externen Störungen
- Erarbeitung von integrierten Schutzkonzepten, Zonierungskonzepten und Lenkungsmaßnahmen für den Tourismus

Kooperationsbeziehungen:

- Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF) e.V.
- Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Ökologiezentrum
- Staatliche Museen zu Berlin, Preussischer Kulturbesitz
- University of Natal, Pietermaritzburg, Faculty of Science, Department of Geography

Arbeitsgruppe: Landschaftsplanung

Leiterin:

Prof. Dr. Beate Jessel
(Universität Potsdam)

Mitarbeiter:

Dipl.-Ing. Daniel Jenny, PD Dr. Dieter Knothe,
Dr. Holger Rössling, Dipl.-Geoökol. Manuela
Zapel, Dipl.-Ing. Andrea Zschalich

Kontakt:

Anschrift: Prof. Dr. Beate Jessel
Universität Potsdam
Lehrstuhl für Landschaftsplanung
am Institut für Geoökologie
Postfach 60 15 53
14415 Potsdam

Telefon: (0331) 977-2116 oder 2110

Fax: (0331) 977-2068

e-mail: jessel@rz.uni-potsdam.de
knothe@rz.uni-potsdam.de
roessling@rz.uni-potsdam.de

website: www.uni-potsdam.de/u/Geoökologie/index.htm

Arbeitsschwerpunkte:

- Erfolgskontrollen in der Umweltplanung, insbes. in der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung
- Landschaftsbild und Landschaftsästhetik
- Visualisierung von Landschaftsveränderungen
- Aufbereitung geoökologischer Daten für die Planung
- Methodenentwicklung in der ökologisch orientierten Planung

Arbeitsgruppe: LIDAR-Inversion (Zentrum für Umweltwissenschaften)

Leiterin:

Dr. Christine Böckmann
(Universität Potsdam)

Mitarbeiter:

Alexander Franke, Dr. Alexander Mekler, Janos Sarközi, Lars Schneidenbach, Elena Vorobjowa

Kontakt:

Anschrift:	Dr. Christine Böckmann Universität Potsdam Institut für Mathematik Am Neuen Palais 10 14415 Potsdam
Telefon:	(0331) 977-1743
Fax:	(0331) 977-1578
e-mail:	bockmann@rz.uni-potsdam.de
website:	http://www.math.uni-potsdam.de/~bockmann/

Arbeitsschwerpunkte:

- Atmosphärenforschung
- Inverse schlecht gestellte Probleme
- Aerosol
- Fernerkundung
- Lidar

Kooperationsbeziehungen:

- Institut für Troposphärenforschung e.V. Leipzig
- Max-Planck-Institut für Meteorologie Hamburg
- Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung Potsdam
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Fernerkundungsstation Neustrelitz
- Leibniz-Institut für Atmosphärenphysik an der Universität Rostock e.V. Kühlungsborn
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Oberpfaffenhofen
- Universität Politècnica de Catalunya, Barcelona, Spain
- Aristoteleio Panepistimio Thessalonikis, Greece
- Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Switzerland
- Institute of Physics, National Academy of Sciences, Minsk, Belarus
- Laboratoire Meteorologie Dynamique, Palaiseau, France
- Försvarets Forskningsanstalt, Linköping, Sweden
- Observatoire Cantonal de Neuchâtel, Switzerland
- Ethnikon Metsovion Polytechnion Athinon, Athens, Greece
- Service d'Aéronomie du CNRS, Paris, France
- Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal
- Fraunhofer-Institut für Atmosphärische Umweltforschung, Garmisch-Partenkirchen
- Physics Department, University of Wales, Aberystwyth, UK
- Università degli Studi – L'Aquila, Italy
- Istituto Nazionale per la Fisica della Materia, Napoli, Italy
- Ludwig-Maximilians-Universität, München

Arbeitsgruppe: Mineralogie von Baustoffen

Leiter:

Prof. Dr. Roland Oberhänsli
(Universität Potsdam)

Mitarbeiter:

Dr. Uwe Altenberger, Carmen Brechlin, Dr.
Steffen Laue, Ulrike Raulien

Kontakt:

Anschrift:	Dr. Steffen Laue Universität Potsdam Institut für Geowissenschaften PF 60 15 53 14415 Potsdam
Telefon:	(0331) 977-5409
Fax:	(0331) 977-5060
e-mail:	laue@geo.uni-potsdam.de

Arbeitsschwerpunkte:

Die Forschungsgruppe bearbeitet vielfältige Fragestellungen hinsichtlich der Erhaltung von historischen Gebäuden sowie von Kunst und Kulturgut.

Arbeitsschwerpunkte sind:

- Dokumentation, Kartierung, Bau-, Nutzungs- und Restaurierungsgeschichte eines Gebäudes
- Schadensanalyse, Ermittlung von Schadensprozessen, Konservierungsvorschläge
- Bausteinuntersuchung: Herkunft, Genese, petrophysikalische Baustoffeigenschaften
- Salze: Salzverwitterung, Verhalten von Salzsystemen in porösen Baustoffen
- Klimauntersuchungen und ihre Auswirkungen auf die Gebäudeverwitterung
- Putz- und Mörtelzusammensetzung, Bindemittel und Zuschlaganalyse
- Pigmente und Antrichuntersuchungen
- Tonmineraluntersuchungen

Kooperationbeziehungen:

- Stiftung Preußische Schlösser und Gärten Berlin - Brandenburg, Abteilung Restaurierung
- Fachhochschule Potsdam, Studiengang Restaurierung
- Brandenburgisches Landesamt für Denkmalpflege

Arbeitsgruppe: Ökotechnologie (Zentrum für Umweltwissenschaften)

Leiter:

Dr. Konrad Soyez
(Universität Potsdam)

Mitarbeiter:

Dipl.-Ing. Dieter Baier, Gerlinde Friedrich, Dipl.-Ing. Tim Hermann, Dr. rer. nat. Jürgen Kaiser, Dipl.-Ing. Matthias Koller, Dr. rer. nat. Werner Lachmann, Dr.-Ing. Erwin Pfeffer, Dipl.-Biol. Peter Schultz, Dipl.-Ing. Daniela Thrän

Kontakt:

Anschrift: Dr. Konrad Soyez
Universität Potsdam
Zentrum für Umweltwissenschaften
Park Babelsberg 14
14482 Potsdam

Telefon: (0331) 977-4477

Fax: (0331) 977-4433

e-mail: gfried@rz.uni-potsdam.de

website: www/uni-potsdam.de/u/oekotech

Arbeitsschwerpunkte:

Arbeitsgebiet: Ökologische Technologien bedeutet die Einbettung jeglicher technologischer Aktivität in die Biosphäre durch Nutzung der gesamten Breite der natürlichen Diversität und in einer ganzheitlichen, gering invasiven Weise mit dem Ziel, die menschliche Wohlfahrt unter Beachtung ökologischer Prinzipien zu erhöhen. Ökologische Technologien sind damit Technologien für die nachhaltige Entwicklung insgesamt.

Tätigkeitsfelder: Die Arbeitsgruppe erarbeitet Grundlagen für eine nachhaltige ökologische Technologie und Werkzeuge für die Anwendung in der Stoffwirtschaft, insbesondere für die Verwertung von biogenen Ressourcen und von Abprodukten.

Hauptfelder sind:

- die Ausarbeitung und Begründung des Optimalitätsprinzips der ökologischen Technologie (Optimalitätsbedingungen, ökologische Prinzipien, Bewertungskriterien, Modellbildung bei stoffwirtschaftlichen Prozessen)
- Regionales Stoffstrommanagement (Stoffstromanalysen, Regionale Stoffstrombilanzen, Erhebung von Abfallkatastern)
- Biologische Verfahren der Abfallwirtschaft (Kompostierung, mechanisch-biologische Behandlung von Abfällen)
- Verfahrensentwicklung zur Verwertung von biogenen Ressourcen (Dekontaminationsverfahren, Abgasreinigung durch Plasmapyrolyse; Bioraffinerieprozesse; Einzellerproteingewinnung, Kombinierte Verfahren der Kreislaufwirtschaft)
- Ökonomische und Ökologische Bilanzierung (Ökobilanzen, Life Cycle Assessment, Verfahrens- und Technologiebewertung)

Kooperationsbeziehungen (Auswahl):

National:

- Umweltbundesamt
- VDI
- BWK
- Bundesgütegemeinschaft Kompost
- Verband der Erdenwirtschaft Berlin/Brandenburg
- TINA Brandenburg
- Universität Hamburg-Harburg
- Universität Braunschweig
- Universität Hannover
- Universität-GH Wuppertal
- TU München
- Bauhausuniversität Weimar
- RWTH Aachen
- TU Dresden
- TU Darmstadt
- MLU Halle-Wittenberg (Merseburg)
- TU Bergakademie Freiberg
- Internationales Hochschulinstitut Zittau
- FH Hamburg
- FH Nordhausen
- FH Wildau
- FH Aachen
- FH Trier
- FH Zwickau
- FhI Ökotoxikologie Schmallebenberg
- FhI für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik Stuttgart
- AG Material- und Energieflußrechnungen beim Statistischen Bundesamt, Wiesbaden
- Öko-Institut Darmstadt
- Wuppertal-Institut
- UFZ Leipzig-Halle.

International:

- Europäische Föderation Biotechnologie (Frankfurt/M)
- Arbeitsgemeinschaft Biotechnologie bei der DECHEMA, Frankfurt/Main
- SETAC (London)
- SUSTAIN (Graz)
- Universität Esbjerg/DK
- Handelshochschule Kopenhagen/DK
- Universität Lund/S
- TU Graz/A
- Institut of Waste Management, Südafrika

Arbeitsgruppe: Regenerative Energien (Zentrum für Umweltwissenschaften)

Leiter:

Prof. Dr. Ernst Schmeer
(Universität Potsdam)

Mitarbeiter:

Dipl.-Ing. Hans-Dieter Bircken, Dr.-Ing. Angelika Liermann, Dr.-Ing. Wolfgang Thiele

Kontakt:

Anschrift: Prof. Dr. Ernst Schmeer
Universität Potsdam
Institut für Berufspädagogik/Berufliche Fachrichtungen
Elektro- und Metalltechnik
Postfach 60 15 53
14415 Potsdam

Telefon: (0331) 977-2407

Fax: (0331) 977-2077

e-mail: schmeer@rz.uni-potsdam.de

website: <http://www.uni-potsdam.de/u/berufspaed/strom.htm>

Arbeitsschwerpunkte:

- Solarenergie
- Photovoltaik

Kooperationsbeziehungen:

- Institut für Solartechnik Frankfurt (Oder)
- Institut für Werkstoffe der Elektrotechnik der Technischen Universität Berlin
- Universität Opole, Katheder für Prozeßtechnik
- Institut für Agrartechnik Bornim
- Forschungszentrum Jülich, Projektträger Biologie, Energie, Umwelt (BEO)
- Hochschulen im Programm "Solarthermie 2000"

Arbeitsgruppe: Stoffdynamik in Geosystemen (Zentrum für Umweltwissenschaften)

Leiter:

HD Dr. habil. Oswald Blumenstein
(Universität Potsdam)

Mitarbeiter:

Dr. Wolfgang. Bechmann, Dr. Heinz Bukowsky, Dr. Dorothea Cerovsky, Prof. Dr. Axel Gzik, Prof. Dr. Ralph Jänkel, Dr. Matthias Kühling, Dr. Andreas Meixner, HD Dr. Hartmut Schachtzabel, Prof. Dr. Ingo Schneider, Dr. Uta Steinhardt, Dr. Bernd Tschochner, Stud. Frank Glaßer, Stud. David Kneis, Stud. Maik Köllnick, Stud. Stephanie Lück, Stud. Christoph Müller, Stud. Kai Schünke; Stud. Wiebke Wendler

Kontakt:

Anschrift: Dr. habil. Oswald Blumenstein
Universität Potsdam
Institut für Geoökologie
PF 60 15 53
14415 Potsdam

Telefon: (0331) 977-2113

Fax: (0331) 977-2068

e-mail: oblustei@rz.uni-potsdam.de

website: <http://zfu.uni-potsdam.de/stoffdyn/>

Arbeitsschwerpunkte:

- die umfassenden Erforschung von Umweltproblemen, speziell der Kontamination von Böden, Gewässern und im Nahrungsnetz;
- die Vorhersage natürlicher und anthropogener Veränderungen in Geosystemen und die
- Erarbeitung von Entscheidungshilfen und Planungsgrundlagen (z.B. Sanierung durch Nutzung).

Hierbei werden die grundlegende Konflikte komplexer Umweltuntersuchungen berücksichtigt:

1. Der Charakter der Geosysteme zwingt einerseits zu einer möglichst umfassenden Darstellung, andererseits besteht der Zwang zu einer Beschränkung infolge begrenzter Ressourcen sowie Möglichkeiten der Analytik und Rechentechnik.
2. Es entstehen bei dem Übergang von einem Element zu einem System neue Eigenschaften, welche die einzelnen Bestandteile nicht oder nur in geringem Maße besitzen. Deshalb wird versucht, nicht nur die Einzelprozesse, sondern die Funktionalität des Gesamtsystems zu erfassen. Die grundlegenden Ansatzpunkte bestehen deshalb in der Vernetzung spezifischer Resultate verschiedener Fachdisziplinen, der Modellbildung und der theoretischen Durchdringung des Untersuchungsgegenstandes.

Es wurden bisher Drittmittel im Umfang von 1,5 Mio. DM realisiert (Auswahl):

1. Rieselfelder südlich Berlin - Altlasten, Grundwasser, Oberflächenwasser. Teilprojekt 1: Bodenkundliche Untersuchungen
2. Rieselfelder südlich Berlin - Multivalente Beurteilung der ökologischen Relevanz von Last- und Schadstoffen -Aufbau eines Bodeninformationssystems

3. Anforderungen des Bodenschutzes an die stoffliche Verwertung von Bioabfällen - Erarbeitung einer Handlungsempfehlung
4. Voruntersuchungen zu hydrogeochemischen und geophysikalischen Methoden der Neubemessung von Trinkwasserschutzzonen
5. Änderung der Sickerwasserbeschaffenheit unter einer typischen Rieselfeldfläche nach Einstellung der Abwasserbeaufschlagung
6. Limnologische Charakterisierung des Lindenweihers in Falkensee / Finkenkrug
7. Zur Belastung der Marginalbereiche des Kiefbruches in Folge der militärischen Nutzung der Döberitzer Heide

Kooperationsbeziehungen:

- Universität Pretoria, Environmental School, Institutes of Geography, Institut of Geology, Institut of Biology
- Tobacco and Cotton Institute Rustenburg
- Umweltkomitees Kroondal und Rustenburg
- Universität Cluj
- Universität Alba Iulia
- Umweltforschungszentrum Leipzig/Halle, Angewandte Landschaftsökologie
- Water Conservancy Research Institute of Tianjin
- WASY Berlin
- Insitut für Angewandte Gewässerökologie Seddin
- Bioplan Groß Kreuz
- Hettler & Partner Berlin
- Schulz & Matthes Berlin
- TU Cottbus, Lehrstuhl Umweltgeologie, Lehrstuhl Gewässerschutz
- TU Dresden, Institut für Siedlungs- und Industrierwasserwirtschaft

Arbeitsgruppe: Umweltbildung (Zentrum für Umweltwissenschaften)

Leiter:

Prof. Dr. Klaus-Peter Berndt
(Universität Potsdam)

Mitarbeiter:

Ines Bastian, Dr. Renate Wipper
studentische Hilfskraft: Christian Fiedler

Kontakt:

Anschrift: Prof. Dr. Klaus-Peter Berndt
Dr. Renate Wipper
Universität Potsdam
Zentrum für Umweltwissenschaften
Professur Umweltbildung
Park Babelsberg 14
14482 Potsdam

Telefon: (0331) 977-4666

Fax: (0331) 977-4433

e-mail: oekbildung@rz.uni-potsdam.de

website: <http://www.uni-potsdam.de/u/zfu/ub/index.htm>

Arbeitsschwerpunkte:

- Lehre und Forschung zur Umweltbildung, speziell Gestaltung und Einsatz von Medien in der Umweltbildung
- Entwicklung von interaktiver, multimedialer Lernsoftware für die Umweltbildung

Serviceleistungen:

- Umweltbildung in der grundständigen universitären Ausbildung und in der Erwachsenenbildung
- Beratung zu konkreten Projekten mit Kindern und Jugendlichen (inhaltliche und didaktische Gestaltung)
- Fortbildungsveranstaltungen zur Umweltbildung für unterschiedliche Zielgruppen:
 - Planung und Gestaltung von konkreten Umweltprojekten, AGENDA 21, Nachhaltige Entwicklung
 - Naturwahrnehmung und -erleben
 - Umweltspiele
 - Umweltmedien (Video, Lernsoftware auf CD-ROM)
- Literaturrecherchen und -ausleihe zu unterschiedlichsten Projektideen in der Umweltbildung

Kooperationsbeziehungen:

- Fachhochschule Eberswalde
- Schutzgemeinschaft Deutscher Wald
- Arbeitskreis Wald und Bildung
- Naturschutzbund Deutschland
- Vereinigung Deutscher Gewässerschutz

Arbeitsgruppe Umweltsoziologie

Leiter:

Prof. Dr. Thomas Edeling
(Universität Potsdam)

Mitarbeiter:

Dr. Astrid Segert, Dr. Irene Zierke

Kontakt:

Anschrift: Prof. Dr. Thomas Edeling
Universität Potsdam
Lehrstuhl für Verwaltungs und Organisationssoziologie
August-Bebel-Str. 89
14482 Potsdam

Telefon: (0331) 977-3240

Fax: (0331) 977-3214

e-mail: edeling@rz.uni-potsdam.de

website: <http://www.uni-potsdam.de/u/lседeling/index.htm>

Arbeitsschwerpunkte:

- Lebensstil- und Milieuentwicklung
- Akteure regionaler Nachhaltigkeit
- Organisationswandel und Lebensstile

Kooperationsbeziehungen:

- Sektionen Umweltsoziologie und Ungleichheitsforschung der DGS
- Zentrum für Sozialforschung Halle e. V. an der Martin-Luther-Universität

Arbeitsgruppe: Umwelttechnik - Wasseruntersuchungen

Leiter:

Dr. Sabine Friedrich
(Universität Potsdam)

Mitarbeiter:

studentische Hilfskräfte

Kontakt:

Anschrift: Dr. Sabine Friedrich
Universität Potsdam
Institut für Berufspädagogik
14469 Potsdam-Golm

Telefon: (0331) 977-2901

Fax: (0331) 977-2077

e-mail: frieds@rz.uni-potsdam.de

website: <http://www.uni-potsdam.de/u/berufspaed/mitarb.htm>

Arbeitsschwerpunkte:

Untersuchung von Oberflächengewässern, auch mit dem Schwerpunkt späterer Sanierungen

Kooperationsbeziehungen:

- Chemische Institute der Universität Potsdam
- Landesanstalt für Landwirtschaft
- Stadtverwaltung Potsdam

Arbeitsgruppe: Wassertransfer

Leiter:

HD Dr. habil. Klaus Kaden
(Universität Potsdam)

Mitarbeiter:

Beatrix Ebert, Uta Fritsch, Dr. Sibylle Itzerott,
Marc Zebisch

Kontakt:

Anschrift: Dr. habil. Klaus Kaden
Universität Potsdam
Institut für Geoökologie
PF 60 15 53
14415 Potsdam

Telefon: (0331) 977-2107 oder 2114

Fax: (0331) 977-2068

e-mail: kkaden@rz.uni-potsdam.de
itzerott@rz.uni-potsdam.de

website: www.uni-potsdam.de/u/Geoekologie/index.htm

Arbeitsschwerpunkte:

- Umweltmonitoring auf der Grundlage von Fernerkundungsdaten
- Verdunstungsmodellierung
- Naturraumkennzeichnung und -bewertung
- Flußauenökologische Untersuchungen
- Landschaftsökologische Bewertung mit Fernerkundungsdaten im Uvs-Nuur-Gebiet (Mongolei)

Kooperationsbeziehungen:

- Institute für Hydrologie und Landschaftsmodellierung des ZALF e.V. in Münchberg
- Zentrale Agrarmeteorologische Forschungsstelle des DWD in Braunschweig
- Institut für Meteorologie und Klimatologie der Universität in Hannover
- Institut für Physik der Atmosphäre der DLR in Oberpfaffenhofen
- Institut für Geographie der Universität in München

Professur für Analytische Biochemie

Leiter:

Prof. Dr. Frieder W. Scheller
(Universität Potsdam)

Mitarbeiter:

Anita Chojnacki, Dr. Dieter Kirstein, Andrea Kühn, Angelika Lehmann, Dr. Fred Lisdat, Dr. Alexander Makower, Dr. Wolfgang Stöcklein, Karin Tiepner, Dr. Axel Warsinke, Dr. Ursula Wollenberger

Kontakt:

Anschrift: Prof. Dr. Frieder W. Scheller
Universität Potsdam
Institut für Biochemie und Molekulare Physiologie
Karl-Liebknecht-Str. 24 - 25
14476 Golm

Telefon: (0331) 977-5121

Fax: (0331) 977-5050

e-mail: fschell@rz.uni-potsdam.de

website: <http://www.uni-potsdam.de/u/biologie/uebersbb.htm>

Arbeitsschwerpunkte:

- Biochemische Grundlagen der Biosensorik
- Entwicklung von Biosensoren für Medizin, Umwelt, Lebensmittel
- Protein-Elektrochemie
- Messung von reaktiven Sauerstoff-Species (Radikale u.a.)
- Untersuchung und Einsatz von Enzymen, Antikörpern und Nucleinsäuren in der Biosensorik

Kooperationsbeziehungen:

- Arbeitsgruppen der Universität Potsdam (v.a. Chemie)
- Institut für Chemo- und Biosensorik (ICB) Münster
- viele Forschungseinrichtungen und Firmen in Berlin und Land Brandenburg,
- Fraunhofer- und Max-Planck-Institute
- Universität Athen
- internationale Kooperationen (z.B. Moskau, Lund, Barcelona, Athen, Vilnius)
- Humboldt-Universität (HU), Berlin
- Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächen-Forschung (MPI-KGF), Berlin
- Deutsches Institut für Ernährungsforschung (DIFE), Bergholz-Rehbrücke
- Forschungsinstitut für Molekulare Pharmakologie (IMP), Berlin
- Max-Delbrück-Centrum (MDC), Berlin
- Universität Saarbrücken
- Research Center for Molecular Diagnostics and Therapy, Moscow, Russian Federation
- Universität Lund, Schweden
- Department of Biological Organic Chemistry, Barcelona, Spanien
- BST Biosensor Technologie GmbH
- Department of Environmental Chemistry, Barcelona, Spanien
- AGBAR, Barcelona, Spanien

Projekte:

- BMBF, DFG, Landesförderung, EU
- Innovationskolleg, Innoregio,
- Sonderforschungsbereich in Vorbereitung

Professur für Finanzwissenschaft

Leiter:

Prof. Dr. Hans-Georg Petersen
(Universität Potsdam)

Mitarbeiter:

Dipl.-Vw. Klaus Müller

Kontakt:

Anschrift: Prof. Dr. Hans-Georg Petersen
Universität Potsdam
Lehrstuhl Finanzwissenschaft
August-Bebel-Str. 89
14482 Potsdam

Telefon: (0331) 977-3393

Fax: 0331) 977-3392

e-mail: Petersen@rz.uni-potsdam.de

website: <http://www.uni-potsdam.de/u/lsfiwi/index.htm>

Arbeitsschwerpunkte:

- Ressourcenökonomik
- Umweltpolitik
- Ökosteuern
- ökologisch-ökonomische Landnutzung

Kooperationsbeziehungen:

- Humboldt Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät, Fachgebiet Landwirtschaftliche Beratung und Kommunikationslehre sowie dem Fachgebiet Ressourcenökonomie
- Fachhochschule Eberswalde
- Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF) Müncheberg
- Institut für Agrartechnik Bornim (ATB) in Potsdam
- Institut für Regionalentwicklung und Strukturplanung in Erkner

Professur für Geofernerkundung, Geoinformatik und Kartographie

Leiter:

Prof. Dr. Hartmut Asche
(Universität Potsdam)

Mitarbeiter:

Dr. Reinhard Herzig, Dr. Rudolf Schubert

Kontakt:

Anschrift: Prof. Dr. Hartmut Asche
Universität Potsdam
PF 60 15 53
14415 Potsdam

Telefon: (0331) 977-2271

Fax: 0331) 977-2717

e-mail: gislab@rz.uni-potsdam.de

website: <http://www.uni-potsdam.de/u/Geographie/geogra-p.htm>

Arbeitsschwerpunkte:

Der Arbeitsbereich Geoinformatik befasst sich sowohl mit den theoretischen Grundlagen als auch der praxisbezogenen Anwendung der Strukturierung, Speicherung, Verwaltung und Verarbeitung (Modellierung) raumbezogener Informationen. Forschungs- und Anwendungsgegenstand des Faches sind Geoinformationssysteme (GIS) einschließlich der zugehörigen Informations- und Kommunikationstechnik.

Die Forschungsaktivitäten sind sowohl grundlagen- als auch anwendungsorientiert und dabei zugleich integrativ und interdisziplinär. Sie umfassen einerseits die Entwicklung von Methodenbanken und Expertensystemen, andererseits die Anwendung von GIS in Mensch-Umwelt-Systemen und hiermit vernetzten komplexen regionalen Systemen. Es werden überwiegend technisch-methodische und kommunikative Untersuchungen natur- und kulturräumlicher Potentiale und Gefährdungen (Geo-Hazards), räumlicher Mobilität sowie des Raumstrukturwandels (Raum-Zeit-Dynamik, Umweltveränderungen) mittels graphischer und nichtgraphischer Modellierung und Simulation (statisch, dynamisch, multimedial) in Geoinformationssystemen durchgeführt, ferner werden Expertensysteme für Anwendungen der Raumforschung und Umweltplanung entwickelt.

Kooperationsbeziehungen:

- Humboldt-Universität Berlin
- Technische Universität Berlin
- BTU Cottbus
- Geoforschungszentrum Potsdam (GFZ)
- Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung
- Landesvermessungsamt Brandenburg
- Universität Tirana

Professur für Geoökologie

Leiter:

Prof. Dr. Axel Bronstert
(Universität Potsdam)

Mitarbeiter:

Dipl.-Geogr. Andreas Bauer, Dr. Klaus Kaden, Dr.
Wolfgang Krüger, Dipl.-Geoök. Stefan Krause

Kontakt:

Anschrift: Prof. Dr. Axel Bronstert
Universität Potsdam
PF 60 15 53
14415 Potsdam

Telefon: (0331) 977-2548

Fax: 0331) 977-2068

e-mail: axelbron@rz.uni-potsdam.de

website: <http://www.uni-potsdam.de/u/Geoookologie/index.htm>

Arbeitsschwerpunkte:

Die Forschungstätigkeit des Lehrstuhls für Hydrologie und Klimatologie umfaßt Arbeiten zum Wasser- und Stofftransport in Oberflächen- und Grundwasser, Modellierung hydrologischer Prozesse und des Wasserkreislaufs in Einzugsgebieten, sowie Grundlagenforschung zu Abflußbildung. Hierbei handelt es sich um Feldmessungen sowie numerische Modellierungen, auch für die hydrologische und wasserwirtschaftliche Praxis. Angestrebt wird ein ausgewogenes Verhältnis zwischen grundlagenorientierter und angewandter Forschung, sowie der ständige direkte Erfahrungsaustausch zwischen Forschung und Praxis.

Besonderer Augenmerk wird gelegt auf das Zusammenwirken und die Bedeutung der verschiedenen hydrologischer Prozesse in typischen Maßstabsbereichen („Skalen“), und die skalenspezifische, angepasste Kopplung dieser Prozesse mit der Dynamik von Geoökosystemen. Direkt damit hängt die Frage der methodisch-quantitativen Übertragung von Prozeßbeschreibungen und Modellparametern („Regionalisierung“) sowie die Möglichkeit der flächendeckenden Datenerhebung und Parametrisierung durch Verfahren der Fernerkundung zusammen.

Kooperationsbeziehungen:

- Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung
- Landesumweltamt Brandenburg, Potsdam
- Universität Stuttgart, Lehrstuhl für Wassermengenwirtschaft
- Geoforschungszentrum Potsdam (Deutsches Forschungsnetz Naturkatastrophen: DFNK)
- Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz
- Departamento de Hidráulica, Bundesuniversität Ceará (UFC), Fortaleza, Brasilien
- Water Research Institute, Prag, Tschechien
- Danish Hydraulic Institute (DHI), Water Resources Division , Hørsholm, Dänemark
- Department of Land and Agroforest Environments, University of Padova, Italien
- Commission for Hydrology of the river Rhine (CHR), The Hague, Niederlande
- University of Utrecht, Department of Geography, Niederlande
- Institute of Hydrology (IH), Wallingford, England

Professur für Grundschulpädagogik / Lernbereich Sachunterricht

Leiter:

Prof. Dr. Hartmut Giest
(Universität Potsdam)

Mitarbeiter:

Dr. Peter Herrmann, Dr. Rainer Möller

Kontakt:

Anschrift: Prof. Dr. Hartmut Giest
Universität Potsdam
Institut für Grundschulpädagogik
Postfach 60 15 53
14115 Potsdam

Telefon: (0331) 977-2492 oder 2030 oder 2449

Fax: (0331) 977-2199

e-mail: giest@rz.uni-potsdam.de

website: <http://www.uni-potsdam.de/u/grundschule/giestweb/indexgie.htm>

Arbeitsschwerpunkte:

- Lern- Lehr- Forschung
- kognitive Entwicklung
- ökologische Grundbildung
- computergestütztes Lernen und Lehren (ODL, Multimedia, Internet)

Kooperationsbeziehungen:

- IPN - Kiel
- Pädagogische Akademie Burgenland Österreich
- Bundesakademie für musische Bildung und Medienerziehung Remscheid
- Naturfreundejugend Deutschlands
- Universidade de Espirito Santo - Brasilien
- Canterbury Christchurch College (UK)
- Akademie der Bildenden Künste, Braunschweig
- Universität Santa Maria RS/ Brasilien
- Staatliches Studienseminar Bernau bzw. 1. Grundschule Bernau
- Klasse 4d der 1. Grundschule Bernau

Leiterin:

Prof. Dr. Ursula Gaedke
(Universität Potsdam)

Mitarbeiter:

Dr. Silke Hochstädter, Dr. Jörg Tittel, Dr.
Guntram Weithoff, Dipl.-Biol. Vera Bissinger

Kontakt:

Anschrift: Prof. Dr. Ursula Gaedke
Universität Potsdam
Institut für Biochemie und Biologie
Maulbeerallee 2
14469 Potsdam

Telefon: (0331) 977-1900

Fax: (0331) 977-1948

e-mail: gaedke@rz.uni-potsdam.de

website: <http://www.uni-potsdam.de/u/biologie/uebersbb.htm>

Arbeitsschwerpunkte:

- Analyse von für Kohlenstoff und Phosphor simultan massenbilanzierten Flussdiagrammen für das pelagische Nahrungsnetz des Bodensees - Trophische Struktur - Nährstoff-Stöchiometrie - P-Limitation von Herbivoren - P-Remineralisation (Silke Hochstädter)
- Langzeit-Entwicklung der Ciliaten und des Phytoplanktons und ihrer möglichen direkten und indirekten Reaktionen auf sinkende Nährstoff-Konzentrationen und Klimavariabilität im Bodensee (Silke Hochstädter, Ursula Gaedke)
- Schätzungen der saisonalen Variabilität der metabolischen Aktivität des Bodensee-Planktons mit Hilfe von Biomassegrößenspektren und allometrischen Gleichungen im Vergleich mit direkteren, konventionellen Produktionsabschätzungen (Joris Spindler, Ursula Gaedke)
- Saisonale Veränderungen der Biomasse-Größenspektren des Planktons im Müggelsee im Vergleich mit weniger eutrophen Seen und potentielle Rückschlüsse über den Energietransfer im Nahrungsnetz (Ursula Gaedke, Angelika Seifried)
- Ökophysiologische Laborexperimente an Organismen aus sauren Tagebauseen, die in DOC-freiem Medium bei pH 2.65 kultiviert werden. Untersucht werden das maximale und Ressourcenlimitierte Wachstum, die Ressourcennutzung und ggf. die Wachstumseffizienz von Flagellaten (*Chlamydomonas*, *Ochromonas*; Vera Bissinger und Jörg Tittel), Ciliaten und Rotatorien (*Oxytricha*, *Brachionus*, *Cephalodella hoodii*; Guntram Weithoff, Vera Bissinger und Susanne Jeserigk).
- Freilandbeobachtungen und -Experimente zur Ressourcennutzung des Phytoplanktons in schwefelsauren Seen (Jörg Tittel). Untersuchungen zum Lichtklima, zur Vertikalverteilung des Phytoplanktons und zur Bedeutung der Mixotrophie (Aufnahme von DOC und Bakterien) durch die vorhandenen Flagellaten (*Chlamydomonas* und *Ochromonas*). Im Sommer 1999 *in-situ*-Experimente zur Stimulierung des Phytoplanktons durch Zugabe verschiedener Substrate (DOC, SRP, DIC, Spurenstoffe).

- Analyse der trophischen Beziehungen in extrem sauren Bergbau-Restseen mit stabilen Isotopen (Guntram Weithoff)
- Analyse von planktischen Räuber-Beute Zyklen mit Laborkulturen (Guntram Weithoff, in Kooperation mit der AG für nichtlineare Dynamik, FG Physik, Universität Potsdam)
- Empirische Untersuchungen an natürlichen Gewässern in der Umgebung von Potsdam (Silke Hochstädter)

Kooperationsbeziehungen:

- Umweltforschungszentrum Leipzig/Halle
- Brandenburgische Technische Universität Cottbus, AG Prof. Nixdorf
- Freie Universität Berlin, Dr. W. Gross
- Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei Berlin

Professur für Physikalische Chemie

Leiter:

Prof. Dr. Hans-Gerd Löhmannsröben
(Universität Potsdam)

Mitarbeiter:

Dr. Matthias Lemke, Dipl.-Phys. Carsten Illenseer, Dipl.-Chem. Rebecca Fernandez, Dr. Frank Schael, Dipl.-Chem. Oliver Reich, Staatl. gepr. Lebensmittelchemikerin Sonja Engelhard, Dr. Michael Kumke, Dr. Bernd Strehmel, Dipl.-Chem. Carsten Dosche

Kontakt:

Anschrift: Prof. Dr. Hans-Gerd Löhmannsröben
Universität Potsdam
Institut für Physikalische und Theoretische Chemie
Karl-Liebknecht-Str. 24 – 25
14469 Potsdam

Telefon: (0331) 977-5222

Fax: (0331) 977-5058

e-mail: pcs@serv.chem.uni-potsdam.de

website: http://www.chem.uni-potsdam.de/pc/pc_home.htm

Arbeits Schwerpunkte:

- Laserspektroskopie und Photochemie für Umwelt- und Bioanalytik

Kooperationsbeziehungen:

Forschungseinrichtungen:

- Laserlabor Göttingen LLG e.V.
- Kuwait Institute of Scientific Research (KISR, Kuwait)
- Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM, Berlin)
- Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL, Braunschweig)

Industrielle Partner:

- Bilfinger & Berger Bauaktiengesellschaft
- Bodensanierungsanlage (Roth)
- Deutsche Bahn AG (DB AG, Brandenburg,)
- Geosond (Mühlthal)
- Optimare GmbH (Wilhelmshaven)
- OrgaLab GmbH (Zirndorf, Erfurt, Suhl)
- Umweltschutz Nord GmbH (Ganderkesee)

Professur für Vegetationsökologie und Naturschutz

Leiter:

Prof. Dr. habil. Florian Jeltsch
(Universität Potsdam)

Mitarbeiter:

Dr. Rüdiger Knösche, Dr. Katja Tielbörger,
Gabriele Wende (TA)

Kontakt:

Anschrift: Prof. Dr. habil. Florian Jeltsch
Universität Potsdam
Institut für Biochemie und Biologie
Maulbeerallee 2
14469 Potsdam

Telefon: (0331) 977-1954

Fax: (0331) 977-1948

E-mail: jeltsch@rz.uni-potsdam.de

Website: <http://www.uni-potsdam.de/u/biologie/uebersbb.htm>

Arbeitsschwerpunkte:

- Entstehung, Dynamik und Bedeutung von räumlichen Strukturen in ökologischen Systemen
- Landnutzung, Desertifikation und langfristige Vegetationsdynamik in ariden und semiariden Systemen
- natürliche und anthropogen beeinflusste räumliche Vegetationsdynamiken in Flußauensystemen (neu)
- Phosphatremobilisierung in organischen Gewässersedimenten von Flußauen
- Entwicklung räumlich-expliziter, ökologischer Simulationsmodelle

Kooperationsbeziehungen:

- UFZ – Umweltforschungszentrum Leipzig/ Halle
- AG Naturschutz II, Universität Marburg
- AG Fernerkundung/GIS (Geographie), Universität Marburg
- AG Zoologie, Universität Bonn
- AG Ökologie, Universität Bielefeld
- Landschaftsökologie und Vegetationskunde, Universität Hohenheim
- Ökologie, Technische Universität Berlin
- Dept. Ecology, Iowa State University, Ames (USA)
- Dept. Nature Conservation, University Stellenbosch (South Africa)
- FitzPatrick Institute, Univ. Capetown (South Africa)
- Dept. Ecology, Univ. of Natal, Pietermaritzburg (South Africa)
- Dept. Botany, Univ. Pretoria (South Africa)
- DRFN (Namibia)
- Dept. Ecology, Univ. Buenos Aires (Argentinien)
- AG Botanik, Univ. Almaty (Kazakhstan)
- Dept. Evolution, Ecology and Systematics, Hebrew University of Jerusalem (Israel)
- Dept. Geography, Ben-Gurion University, Beer Sheva (Israel)

Zentrum für Umweltwissenschaften

Direktorium:

Prof. Dr. Ralph Jänkel (Gf. Direktor), Prof. Dr. Axel Gzik, Prof. Dr. Hans-Rudolf Bork

Geschäftsstelle:

Ines Bastian, Dr. Matthias Kühling

Kontakt:

Anschrift:	Geschäftsstelle des Zentrums für Umweltwissenschaften Universität Potsdam Park Babelsberg 14 Haus 7, Zi. 1.23, 1.22, 1.19 14482 Potsdam
Telefon:	(0331) 977-4666 (0331) 977-4667
Fax:	(0331) 977-4433
e-mail:	zfu@rz.uni-potsdam.de
website:	http://zfu.uni-potsdam.de/

Arbeitsschwerpunkte:

Als zentrale wissenschaftliche Einrichtung der Universität Potsdam dient das interdisziplinäre Zentrum für Umweltwissenschaften (ZfU) der Förderung von Lehre und Forschung auf dem Gebiet der Umweltwissenschaften. Es bietet Wissenschaftlern der Universität Potsdam sowie von außeruniversitären Einrichtungen umfassende Kooperationsmöglichkeiten in der integrativen ökologischen Forschung. Weitere Anliegen sind die fachübergreifende Ausbildung aller Studierenden, die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses, Fortbildungsangebote für Hochschulangehörige sowie die Mitwirkung bei der Fort- und Weiterbildung auf dem Gebiet der Umweltwissenschaften im Land Brandenburg. Das ZfU organisiert Kolloquien, Fachtagungen zu breit gefächerten umweltwissenschaftlichen Fragestellungen im weitesten Sinne, Ringvorlesungen, etc. Es informiert über inhaltliche und organisatorische Belange seiner Arbeit und publiziert Forschungsergebnisse.

Zehn interdisziplinäre Arbeitsgruppen stehen als tragende Elemente von Forschung und Lehre im Mittelpunkt der Aktivitäten des Zentrums für Umweltwissenschaften:

- AG Betriebliches Umweltmanagement / Konsumentenverhalten
- AG Grüne Bioraffinerie
- AG Humanökologie
- AG Integrierter Arten- und Biotopschutz
- AG Landschaftsentwicklung
- AG LIDAR Inversionen
- AG Ökotechnologie
- AG Regenerative Energien
- AG Stoffdynamik in Geosystemen
- AG Umweltbildung

Die thematische Kohärenz der bearbeiteten Projekte und ihre umfassenden wissenschaftlichen Ergebnisse gewährleisten für jede Arbeitsgruppe ein unverwechselbares fachliches Profil.

Personenregister

Ackermann, P.	2	Herrmann, P.	332
Aleff, H.-J.	305	Herzig, R.	330
Altenberger, U.	317	Hinrichsen, A.	313
Asche, H.	176, 330	Hochstädter, S.	333
Baier, D.	230, 235, 318	Holzberger, A.	298
Balderjahn, I.	54, 305	Illenseer, C.	335
Bastian, I.	2, 323, 337	Itzerott, S.	87, 163, 326
Bauer, A.	331	Jänkel, R.	2, 321, 337
Bechmann, W.	321	Jeltsch, F.	89, 91, 114, 116, 336
Beier, W.	2, 313	Jenny, D.	106, 315
Berndt, K.-P.	12, 323	Jessel, B.	95, 100, 106, 315
Bircken, H.-D.	320	Jürgens, H.W.	32, 312
Bissinger, V.	80, 118, 333	Kaden, K.	163, 326, 331
Blumenstein, O.	136, 321	Kadmon, R.	112, 114, 116
Böckmann, C.	2, 183, 316	Kaiser, J.	241, 318
Bork, H.	155	Kamm, B.	251, 260, 298, 306, 309
Bork, H.-R.	56, 83, 155, 314, 337	Kamm, M.	251, 260, 306, 309
Born, J.	309	Katzenmaier, D.	150
Bornkamm, R.	112	Kertscher, U.	309
Brechlin, C.	317	Kirstein, D.	327
Bronstert, A.	87, 145, 150, 331	Kleinpeter, E.	298
Bukowsky, H.	321	Kneis, D.	321
Burkart, M.	313	Knösche, R.	172, 336
Cerovsky, D.	321	Knothe, D.	95, 315
Chojnacki, A.	327	Koller, M.	270, 289, 318
Dahlke, C.	314	Köllnick, M.	321
Dalchow, C.	83, 155	Krause, S.	331
Dean, W.R.J.	89, 91	Kromus, S.	251, 260, 309
Domsch, H.	212	Krueger, C.	54
Dosche, C.	335	Krüger, W.	331
Dotterweich, M.	95	Kühling, M.	2, 313, 314, 321, 337
Ebert, B.	326	Kühn, A.	327
Edeling, T.	324	Kuhnt, M.	260, 309
Eisenreich, M.	207, 212, 304	Kumke, M.	335
Engelhard, S.	335	Lachmann, W.	318
Faust, B.	83, 155	Lahmer, W.	87
Felgentreff, C.	21	Lange, B.	260, 309
Fernandez, R.	335	Lange, E.	312
Fiedler, C.	323	Laue, S.	191, 317
Filler, G.	260, 309	Lehmann, A.	327
Fischbach, M.	306	Lemke, M.	197, 202, 205, 335
Fischer, C.	323	Liermann, A.	320
Franke, A.	316	Linke, B.	260, 309
Friedrich, G.	318	Lisdat, F.	327
Friedrich, S.	153, 325	Löhmannsröben, H.-G.	197, 202, 205, 335
Fritsch, U.	150, 326	Loschelder, W.	2
Gaedke, U.	109, 118, 132, 333	Lubahn, U.	260, 309
Geldmacher, K.	83, 95, 155, 314	Lück, E.	207, 212, 304
Giest, H.	23, 332	Lück, S.	321
Glaßer, F.	321	Makower, A.	216, 327
Greil, H.	32, 35, 37, 312	Meixner, A.	321
Gunia, I.	83	Mekler, A.	316
Güntner, A.	145	Milton, S.J.	89, 91
Gzik, A.	321, 337	Möller, R.	332
Hengstermann, T.	202	Moloney, K.	91
Hermann, T.	270, 289, 318	Müller, C.	321
		Müller, K.	56, 62, 329

Müller, M.	114, 116	Vorobjowa, E.	316
Muschiolik, G.	309	Walgenbach, W.	23
Narodoslawsky, M.	251, 260, 309	Wallschläger, D.	121, 313
O'Connor, T.	91	Warsinke, A.	327
Oberhänsli, R.	317	Weber, G.	89, 91
Oehlschlaeger, S.	313	Weithoff, G.	118, 132, 333
Ondruschka, B.	309	Wende, G.	336
Paruelo, J.	89	Wendler, W.	321
Peter, M.G.	306	Wiegleb, G.	121
Petersen, H.-G.	62, 329	Will, S.	305
Pfeffer, E.	318	Wipper, R.	2, 45, 323
Plöchl, M.	309	Woithe, F.	83, 155
Pollok, G.	305	Wollenberger, U.	224, 327
Prasse, R.	112	Wotke, A.	56
Raulien, U.	317	Zapel, M.	95, 315
Reich, O.	205, 335	Zebisch, M.	326
Richter, K.	260	Zierke, I.	40, 309, 324, 260
Riebel, A.	306	Zschalich, A.	100, 106, 315
Röpke, B.	83, 155		
Rößling, H.	106, 315		
Salzsieder, G.	306		
Sarközi, J.	316		
Schachtzabel, H.	321		
Schael, F.	205, 335		
Schaphoff, S.	83, 155		
Scheffler, C.	32, 35, 37, 312		
Scheller, F.W.	218, 220, 327		
Schilitz, A.	37, 312		
Schmeer, E.	280, 284, 320		
Schmiedel, T.	309		
Schneidenbach, L.	316		
Schneider, I.	2, 321		
Schnur, T.	83, 155		
Schober, L.	197, 202, 205		
Schranz, A.	306		
Schröder, I.	32, 35, 312		
Schubert, R.	330		
Schultz, P.	67, 318		
Schultze, R.	197, 202		
Schünke, K.	321		
Schütte, M.	207		
Schwenke, K.-D.	260, 309		
Segert, A.	40, 260, 309, 324		
Soyez, K.	67, 230, 235, 241, 289, 318		
Spangenberg, U.	207, 304		
Spindler, J.	109		
Starke, I.	260, 298, 309		
Steinhardt, U.	321		
Stöcklein, W.	222, 327		
Strehmel, B.	335		
Streurs, K.	235		
Thiele, W.	320		
Thrän, D.	72, 289, 318		
Tielbörger, K.	112, 114, 116, 336		
Tiepner, K.	327		
Tittel, J.	80, 118, 333		
Tschochner, B.	314, 321		
Tsoar, H.	112		
van Rooyen, N.	89, 91		

Stichwortregister

Abbaubarkeit, biologische	260, 306
Abfall	270, 289, 318
Abfallbehandlung	241, 289, 318
Aerosole	183, 316
Akteure	324
Analytik	80, 118, 153, 172, 191, 197, 202, 205, 216, 218, 220, 222, 224, 298, 321, 325, 327, 335
Analytische Biochemie (Professur)	216, 218, 220, 222, 224, 327
Angewandte Geophysik (AG)	207, 212, 304
Anthropometrie	32, 312
Antikörper	218
Ausgleichsmaßnahmen	100, 106, 315
Autobahn	106
Basiskarten, digitale	176, 330
Baumaterialien	191, 317
Bergbau	136, 321
Bergbau-Restseen	80, 118, 333
Betriebliches Umweltmanagement ... (AG)	54, 305
Beweidung	89, 112
Bewirtschaftung	87
Biomasse	72, 251, 298, 306, 309
Bio-Organische Synthesechemie (AG)	251, 260, 298, 306
Biosensoren	220, 222, 224, 327
Biotechnologie	260, 327
Boden	21, 56, 83, 95, 136, 155, 172, 197, 205, 207, 212, 314, 321, 335
Bodenkunde	205, 304, 314, 321
Brasilien	145, 331
Butyrylcholinesterase	216
Chemie, nachhaltige	260, 306, 309
Computersimulationen	32, 312
Dekontamination	230
Demografie	336
Denken, ökologisches	305, 324
Denkmalpflege	191, 317
Deponien	207, 289, 304, 318
Diuron	218
Dormanz	114
Energie	241, 280, 284, 320
Entsorgung	270, 289, 318
Enzymelektrode	224
Erosion	83
Ersatzmaßnahmen	100, 106, 315
Eutrophierung	336
Faktoren, wachstumbegrenzende	80
Fermenter	306
Fernerkundung	321, 326
Finanzwissenschaft (Professur)	62, 329
Fluoreszenztracer	202, 335
Flußbaue	172, 336
FLUTRAS	202, 335
Friedhof	67, 318
Gaschromatographie	298
Genossenschaft	40
Geofernerkundung ... (Professur)	176, 330
Geoökologie (Professur)	21, 87, 145, 150, 331
Geophysik	207, 212, 304
Gewässer	202, 331

GRANO	56, 62, 314, 329
Gras	260, 298, 309
Grasland	251
Grundschulpädagogik ... (Professur)	23, 332
Grüne Bioraffinerie	251, 260, 289, 298, 306, 309
Grüne Bioraffinerie, Europäisches Netzwerk	251, 309
Grüne Bioraffinerie (AG)	251, 260, 298, 309
Handlungsstrukturen, umweltbezogene	21, 23, 40, 54, 56, 62, 72, 87, 121, 136, 150, 155, 270, 289, 305, 309, 313, 314, 318, 321, 324, 329
Havel	87, 163, 172, 326
Heterocyclen	306
Hochwasser	21, 150, 331
Holz	72, 230, 318
Honorierung ökologischer Leistungen	62, 305, 329
Humanökologie	32, 35, 37, 312
Humanökologie (AG)	32, 35, 37, 312
Huminstoffe	205
Hydrologie	145, 331
Immobilisierung	220
Immunofließsystem	224
Indikatoren	37
Individualisierung	45
Informatik	330
Informationsmanagement	54
Informationssysteme	12, 32, 45, 145, 163, 176, 183, 207, 316, 323, 330, 331
Inhibitoren	216
Integr. Arten- und Biotopschutz (AG)	121, 313
Internet	251
Kartographie	330
Klee	260
Klima	150, 191, 317, 331
Kohlendioxid	205
Kohlenhydrate	298
Kommunikation	54
Kompostierung	235, 241, 318
Konsumentenverhalten	54, 305
KSG Agrargesellschaft mbH Kassow	212
Land Brandenburg	21, 37, 45, 87, 95, 163, 172, 176, 260, 309, 313, 318, 323, 330
- Landesumweltinformationssystem	176, 330
Landnutzung	150, 309, 313, 314, 315, 321, 331, 336
Landschaftsentwicklung	21, 83, 89, 91, 112, 116, 121, 155, 313, 314, 315
Landschaftsentwicklung (AG)	56, 83, 155, 314
Landschaftsplanung	21, 87, 95, 100, 106, 121, 313, 315
Landschaftsplanung (AG)	95, 100, 106, 315
Landwirtschaft	56, 212, 304, 309, 314
Leckagen	207
Lernen	23, 323, 332
LIDAR	183, 316
LIDAR-Inversion (AG)	183, 316, 316
Luft	136, 183, 207, 316
Luzerne	260, 298
Marketing, nachhaltiges	54
Mensch	32, 35, 37, 312
Meßtechnik	32, 80, 118, 183, 202, 205, 207, 212, 218, 220, 222, 224, 280, 284, 312, 316, 327
Messungen, multispektrale	183, 316
Methoden, mathematische	183, 316
Mineralogie von Baustoffen (AG)	191, 317
Mineralölkohlenwasserstoffe	197, 202, 205
Modellierung	163, 312, 326, 331, 333, 336

Molekularbiologie	218, 327
Monomere, cyclische	306
Mörtel	317
Multimedia	12, 23, 45, 323, 332
Nachhaltigkeit	40, 54, 56, 62, 67, 72, 87, 136, 260, 270, 280, 284, 289, 289, 305, 309, 313, 314, 318, 321, 324, 329
Nachhaltigkeit, Indikatoren	72
Nährstoffe	172, 336
Nahrungsnetze	109, 118, 333
Naturschutz	21, 45, 56, 62, 67, 87, 89, 100, 106, 112, 121, 313, 314, 315, 323, 329, 331, 333, 336
Naturstoffe	260
Neues Palais	191
Oberflächenplasmonresonanz	218
Oder	21
Offenland	121
Ökologie	12, 45, 67, 80, 89, 91, 109, 112, 114, 116, 118, 121, 132, 313, 315
Ökosystem-Modellierung ... (Professur)	80, 109, 118, 132, 333
Ökosysteme	12, 45, 205, 313, 314, 323, 333
Ökotechnologie	72, 230, 235, 241, 251, 260, 270, 280, 284, 289, 289, 298, 318
Ökotechnologie (AG)	67, 72, 230, 235, 241, 270, 289, 289, 318
Optroden	202
Oregon	83
Palouse	155
Paraffin	235
Peptide	218
Pestizide	216, 218
Phenole	224
Photovoltaik	284, 320
Physikalische Chemie (Professur)	197, 202, 205, 335
Plankton	80, 109, 118, 132, 333
Planungs- und Zulassungsverfahren	95, 315
Polymere	260
Populationsdynamik	114, 116
Potsdam	153, 191, 325
Presskuchen	260
Presssaft	260, 298
Produkte	54, 260, 306
Prototyp	224
Putz	317
Räuber-Beute-System	132
Raum-Zeit-Strukturen	314, 326, 336
Recherchen	12, 45, 323
Regenerative Energien (AG)	280, 284, 320
Regionen, ländliche	72
Ringversuch	197
Rohstoffe, nachwachsende	260, 289, 306, 309
Salz	317
Sanddünen	112
Sauerstoff	202
Schadstoffe	153, 222, 321, 325, 335
Sedimente	172, 336
Seenforschung	333
Sensorik	202
Software	12, 45, 323
Solarthermie	280, 320
Sonnenenergie	280, 284, 320
Sozialstrukturen	136, 321
Soziologie	324
Sozio-Ökonomie	251, 313

Spektrometrie, Massen-	298
Spektroskopie, Diodenlaser-	205
Spektroskopie, laser-induzierte Fluoreszenz-	197, 202, 205, 335
Stoffbilanzen	241
Stoffdynamik in Geosystemen (AG)	136, 321
Stoffströme	72, 318
Stoffumwandlung	260, 306
Stratosphäre	183, 316
Streuprobleme, inverse	183, 316
Südafrika	136, 321
Sukzession	112
Synthese	306
Technologie	251, 318, 327
Thermodynamik	241
Ton	317
Trockengebiete	145, 336
Trockensavanne	91, 136
Troposphäre	183, 316
Truppenübungsplätze	121, 313
Überwachung	222
Umwelt und Ökonomie	21, 40, 54, 56, 62, 72, 83, 87, 89, 95, 136, 155, 212, 230, 235, 251, 260, 289, 289, 305, 309, 329
Umwelt, körpernahe	32, 35, 312
Umwelt, Veränderungen	37
Umweltbildung	12, 23, 45, 323, 332
Umweltbildung (AG)	12, 45, 323
Umweltdaten	176, 330
Umweltmanagement	54, 305, 315, 321
Umweltqualität	136
Umweltsoziologie (Projektgruppe)	40, 324
Umwelttechnik ... (AG)	153, 325
Unterricht	23, 323, 332
USA	83, 155
Validierung	197
Vegetationsdynamik	336
Vegetationsökologie ... (Professur)	89, 91, 112, 114, 116, 172, 336
Vegetationsstruktur	91
Verbindungen, phosphororganische	216
Verbindungen, polycyclische aromatische	197
Verbundvorhaben	121, 289
Verdunstung	163, 326
Verpackungsmaterialien	235
Verwitterung	317
Vielfalt, biologische	12, 45, 91, 313, 314, 323
Wald	45, 323
Wärmehaushalt	241
Washington	155
Wasser	21, 80, 109, 118, 136, 145, 150, 153, 163, 172, 202, 207, 241, 325, 326, 335
Wasserkreislauf	326
Wassertransfer (AG)	163, 326
Werkstoffe	306, 306
Wüstenpflanzen, einjährige	116
Zentrum für Umweltwissenschaften	337
Zentrum für Umweltwissenschaften, AG's	305, 309, 312, 313, 314, 316, 318, 320, 321, 323, (324), (325)

Keywords

active agents	306
aerosols	183, 316
agriculture	56, 212, 304, 309, 314
air	136, 183, 207, 316
alfalfa	260, 298
alternative measures	100, 106, 315
analysis	80, 118, 153, 172, 191, 197, 202, 205, 216, 218, 220, 222, 224, 298, 321, 325, 327, 335
annual desert plants	116
anthropometry	32, 312
antibodies	218
balances of mass	241
basic digital maps	176, 330
biodegradability	260, 306
biodiversity	12, 45, 91, 313, 314, 323
biomass	72, 251, 306, 309
biosensors	220, 222, 224, 327
biotechnology	260, 327
Brazil	145, 331
building materials	191, 317
butyryl choline esterase	216
carbohydrates	298
carbon dioxide	205
cartography	330
cemetery	67, 318
changes in environment	37
clay	317
climate	150, 191, 317, 331
clover	260
co-operative	40
communication	54
compensation measures	100, 106, 315
composting	235, 241, 318
computer simulations	32, 312
construction materials	306
consumers behaviour	54, 305
conversion	260, 306
cultivation	87
cyclic monomers	306
decontamination	230
demographics	336
detection systems	32, 80, 118, 183, 202, 205, 207, 212, 218, 220, 222, 224, 280, 284, 312, 316, 327
diode laser spectroscopy	205
diuron	218
dormancy	114
dry areas	145, 336
dry savanna	91, 136
eco-system	12, 45, 205, 313, 314, 323, 333
ecology	12, 45, 67, 80, 89, 91, 109, 112, 114, 116, 118, 121, 132, 313, 315
energy	241, 280, 284, 320
environment and economy	21, 40, 54, 56, 62, 72, 83, 87, 89, 95, 136, 155, 212, 230, 235, 251, 260, 289, 289, 305, 309, 329
environmental data	176, 330
environmental education	12, 23, 45, 323, 332
environmental management	54, 305, 315, 321

environmental quality	136
environmental technology	72, 230, 235, 241, 251, 260, 270, 280, 284, 289, 289, 298, 318
environmental thinking	305, 324
enzyme electrode	224
erosion	83
eutrophication	336
evaporation	163, 326
fermentation unit	306
fluorescence tracer	202, 335
FLUTRAS	202, 335
food webs	109, 118, 333
forest	45, 323
gas chromatography	298
geophysics	207, 212, 304
GRANO	56, 62, 314, 329
grass	260, 298, 309
grassland	251
grazing	89, 112
green biorefinery	251, 260, 289, 298, 306, 309
green biorefinery - European Network	251, 309
growth limiting factors	80
heat level	241
heterocyclic compounds	306
highway	106
human body-near environment	32, 35, 312
human ecology	32, 35, 37, 312
humic substances	205
hydrology	145, 331
immobilisation	220
immuno-flow system	224
indication	37
indication of sustainability	72
individualisation	45
information management	54
information science	330
information systems	12, 32, 45, 145, 163, 176, 183, 207, 316, 323, 330, 331
inhibitors	216
internet	251
inverse Ill-posed problems	183, 316
investigations	12, 45, 323
lake research	333
land use	150, 309, 313, 314, 315, 321, 331, 336
landscape development	21, 83, 89, 91, 112, 116, 121, 155, 313, 314, 315
landscape planning	21, 87, 95, 100, 106, 121, 313, 315
laser-induced fluorescence spectroscopy	197, 202, 205, 335
leaks	207
learning	23, 323, 332
LIDAR	183, 316
man	32, 35, 37, 312
mass-spectrometry	298
materials stream	72, 318
mathematical methods	183, 316
mechanical-biological waste treatment	241, 289, 318
military training areas	121, 313
mining	136, 321
mining lakes	80, 118, 333
modelling	163, 312, 326, 331, 333, 336
molecular biology	218, 327
mortar	317

multi-spectral measurements	183, 316
multimedia	12, 23, 45, 323, 332
natural products	260
nature conservation	21, 45, 56, 62, 67, 87, 89, 100, 106, 112, 121, 313, 314, 315, 323, 329, 331, 333, 336
nutrients	172, 336
observation	222
open areas	121
optrodes	202
Oregon	83
oxygen	202
packaging	235
Palouse	155
paraffin	235
peptides	218
pesticides	216, 218
petroleum hydrocarbons	197, 202, 205
phenol	224
phosphorus organic compounds	216
photovoltaics	284, 320
plankton	80, 109, 118, 132, 333
planning and authorization procedures	95, 315
plant biomass	298
plaster	317
pollutants	153, 222, 321, 325, 335
polycyclic aromatic compounds	197
polymers	260
population dynamics	114, 116
Potsdam	153, 191, 325
predator-prey-system	132
press cake	260
press juice	260, 298
products	54, 260, 306
protagonists	324
protection of monuments	191, 317
prototype	224
refuse disposal site	207, 289, 304, 318
remote sensing	321, 326
renewable resources	260, 289, 306, 309
rewards for environmental performance	62, 305, 329
river flood plains	172, 336
river floods	21, 21, 150, 331
river Havel	87, 163, 172, 326
river Oder	21
round robin test	197
rural regions	72
salt	317
sand dunes	112
sediments	172, 336
sensing	202
social structures	136, 321
socio-economy	251, 313
sociology	324
software	12, 45, 323
soil	21, 56, 83, 95, 136, 155, 172, 197, 205, 207, 212, 314, 321, 335
soil science	205, 304, 314, 321
solar energy	280, 284, 320
solar-thermal energy	280, 320
South Africa	136, 321

state of Brandenburg	21, 37, 45, 87, 95, 163, 172, 176, 260, 309, 313, 318, 323, 330
- environmental information system	176, 330
stratosphere	183, 316
structure of environmental behaviour	21, 23, 40, 54, 56, 62, 72, 87, 121, 136, 150, 155, 270, 289, 305, 309, 313, 314, 318, 321, 324, 329
structures in time and space	314, 326, 336
succession	112
surface plasmon resonance	218
sustainability	40, 54, 56, 62, 67, 72, 87, 136, 260, 270, 280, 284, 289, 289, 305, 309, 313, 314, 318, 321, 324, 329
sustainable chemistry	260, 306, 309
sustainable marketing	54
synthesis	306
teaching	23, 323, 332
technology	251, 318, 327
thermodynamics	241
timber	72, 230, 318
troposphere	183, 316
United States of America	83, 155
validation	197
vegetation dynamics	336
vegetation structure	91
Washington	155
waste	270, 289, 318
waste management	270, 289, 318
water	21, 80, 109, 118, 136, 145, 150, 153, 163, 172, 202, 207, 241, 325, 326, 335
watercycle	326
waters	202, 331
weathering	317