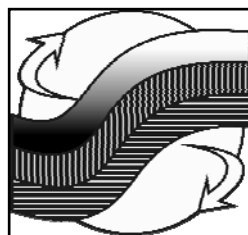


Berichte des Institutes für Landschafts- und Pflanzenökologie der Universität Hohenheim

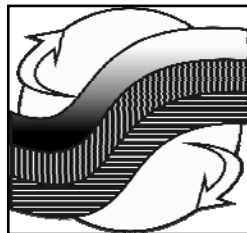


Herausgeber R. Böcker & A. Fangmeier

**Herrn
Dipl. Ing. (hort.) G.-H. Zeltner
gewidmet**

Hohenheim, im Dezember 2006

**Berichte des Institutes für
Landschafts- und Pflanzenökologie
der Universität Hohenheim**



Heft 14/15/16
Hohenheim 2006

Herausgeber

Prof. Dr. Reinhard Böcker
Prof. Dr. Andreas Fangmeier
Universität Hohenheim
Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie -320-
Ökologiezentrum 2
August-von-Hartmann Str. 3
70599 Stuttgart

Redaktion

Kristina Mäurle (Institutssekretariat)
Universität Hohenheim
Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie -320-
Fachgebiet Landschaftsökologie und Vegetationskunde

Tel.: +49 (0)711 459 22330
e-mail: www320@uni-hohenheim.de
<http://www.uni-hohenheim.de/www320>

Druck

Hausdruckerei der Universität Hohenheim

Bindung

F. & T. Müllerbader, Filderstadt

© 2007

Verlag (Bestelladresse)

Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie –320-
Universität Hohenheim
August-von-Hartmann Str. 3
70599 Stuttgart

Titelbild

Pappelallee in Hohenheim (Foto: R. Böcker)

ISSN 0941-7257

ISBN 978-3-9811595-0-9

Inhalt:

A. Institutsbericht der Jahre 2004/2005/2006

<i>Vorwort</i>	
<i>A. Fangmeier, R. Böcker</i>	
2004 - 30 Jahre Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie (vormals Landeskultur und Pflanzenökologie)	7
<i>A. Kohler, R. Böcker</i>	
Georg-Heinrich Zeltner im Ruhestand	10
<i>I. Personal</i>	13
Fachgebiet Landschaftsökologie und Vegetationskunde	13
Fachgebiet Pflanzenökologie und Ökotoxikologie	14
<i>II. Lehre</i>	15
<i>III. Forschung</i>	15
Diplomarbeiten / Bachelorarbeiten	15
Doktorarbeiten / Habilitationen / Master Theses	16
Kurzfassungen Doktorarbeiten	19
Forschungsprojekte	33
<i>IV. Publikationen</i>	44
<i>V. Vorträge</i>	53
<i>VI. Poster</i>	58
<i>VII. Tagungen, Kolloquien, Seminare</i>	61
<i>VIII. Auslandstätigkeiten</i>	63
<i>IX. Sonstige Tätigkeiten, Gäste</i>	65

B. Wissenschaftliche Beiträge

<i>Jürgen Franzaring, Ingeborg Henning-Müller, Rainer Funk, Wilfried Hermann, Volker Wulfmeyer & Andreas Fangmeier</i>	
Auswirkungen solarer, klimatischer und atmosphärischer Komponenten auf landwirtschaftliche Erträge	67
<i>Jürgen Franzaring, Andreas Fangmeier, Andreas Klumpp, Petra Högy and the students of the ENVIROFOOD module "Global Change"</i>	
Functional test report of plant growth chambers recently installed at the Institute for Landscape and Plant Ecology	79

<i>Erich Glück, Steffen Winterfeld & Reinhard Böcker</i> Horizontale und vertikale Verteilung von Diasporen in Streuobstwiesen unterschiedlicher Bewirtschaftung	89
<i>T. Lysenko & R. Böcker</i> Bemühungen zum Schutz seltener Pflanzengesellschaften am Beispiel von Halophytenzoenosen des Samara-Gebietes	115
<i>R. Böcker & M. Dirk</i> Ringelversuch bei <i>Robinia pseudoacacia</i> L. - erste Ergebnisse und Ausblick -	127
<i>M. Rehnert & R. Böcker</i> Untersuchungsgebiet südlicher Schönbuch: Lignicole Pilze an <i>Robinia pseudoacacia</i> L.	143
<i>H. Spitzbarth & K. Schmieder</i> Entwicklung verschiedener Wasserpflanzenarten nach Umpflanzung in den Itzelberger See (Brenz) unter dem Einfluss von Wasservögeln	151
<i>B. Schäfer</i> Zur Problematik der „Lusitanischen“ Floren- und Faunen-Elemente in Irland. Waren die ersten Iren Portugiesen?	169

2004 - 30 Jahre Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie (vormals Landeskultur und Pflanzenökologie)

Im Rahmen der „Berichte des Institutes für Landschaft- und Pflanzenökologie“ können die Entwicklungen am Institut seit 1991 kontinuierlich verfolgt werden. An dieser Stelle soll über die wichtigsten Veränderungen und Aktivitäten während der vergangenen zehn Jahre, d. h. seit 1996, berichtet werden.

Entwicklungen im Bereich des Wissenschaftlichen Personals

Aus dem Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie der Universität Hohenheim gingen eine Reihe von habilitierten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern hervor. Erfreulich aus Sicht des Institutes war die Habilitation und sofortige Berufung von Herrn PD Dr. Peter Poschod aus seiner Assistentenstelle 1995/96 nach Marburg (später dann nach Regensburg) sowie die Berufung von Herrn PD Dr. Werner Konold an die Forstliche Fakultät der Universität Freiburg 1996/97.

Auch die Habilitationen von Frau Dr. Annette Fomin, Herrn Dr. Andreas Klumpp, Herrn Dr. Klaus Schmieder und Herrn Dr. Horst Tresp fielen in den Berichtszeitraum. Die erfolgreiche Habilitation in Greifswald unseres ehemaligen Doktoranden Herrn Dr. Alexander Wezel und sein diesjähriger Ruf auf eine Professur nach Lyon (Frankreich) soll nicht unerwähnt bleiben. Herr Dr. Rüdiger Prasse, bei uns im China-Projekt tätig, folgte einem Ruf an das Institut für Landespflege an der Universität Hannover.

Herr PD Dr. Martin Dieterich habilitierte sich von Marburg an die Universität Hohenheim um und nimmt seit 2004 Lehr- und Forschungsaufgaben am Institut wahr.

Auf der professoralen Ebene gab es ebenfalls merkliche Veränderungen. Herr Prof. Dr. Uwe Arndt verabschiedete sich 1997 in den Ruhestand; das Fachgebiet „Pflanzenökologie und Ökotoxikologie“ war danach für drei Jahre vakant, der Lehrbetrieb wurde nur durch Vertretungsregelungen aufrecht erhalten.

Herr Prof. Dr. Walter Müller ging 1999 in den Ruhestand – sein Fachgebiet Agrarmeteorologie und Ökoklimatologie wurde leider nicht wiederbesetzt; die Stelle fiel dem Solidarpakt zum Opfer. Als kleinen Trost können wir vermelden, dass die ehemalige Stelle von Herrn Prof. Dr. Uwe Arndt aufgewertet wurde und im Jahre 2000 mit Herrn Prof. Dr. Andreas Fangmeier wiederbesetzt werden konnte.

Herr Prof. Dr. Alexander Kohler wurde 2001 emeritiert, nutzt aber noch eifrig sein Residenzprivileg im Institut.

Räumliche Veränderungen

Der seit Ende der siebziger Jahre geplante Neubau für das Institut wurde nach langer Wartezeit als 2. Bauabschnitt des Ökologiezentrums im Herbst 2003

fertig gestellt. Die alten Räume des Institutes im Schloss werden derzeit für die Nutzung durch die Zentrale Verwaltung renoviert. Trotz des Bezugs des Neubaus können nach wie vor nicht alle Mitarbeiter im „Hauptgebäude“ untergebracht werden, so dass weiterhin die Mobile Raumzelle mitgenutzt werden muss.



Tagungen

Bis 2004 wurde die traditionelle jährliche Hohenheimer Umwelttagung federführend von unserem Institut durchgeführt. Aufgrund der mangelnden Ressourcenzuweisung sahen wir uns leider gezwungen, diese Tätigkeit einzustellen. Die Gesellschaft für Ökologie war mehrfach an unserem Institut zu Gast: 2002 tagte der Arbeitskreis (AK) „Restoration Ecology“ in Hohenheim, im Jahr

2001 der AK „Experimentelle Ökologie“ und im Jahr 2003 – diesmal in Kooperation mit der Hochschule Nürtingen – der AK „Stadtökologie“.

Die Schimper-Stiftung, die über den Lehrstuhl Pflanzenökologie und Ökotoxikologie an das Institut gekoppelt ist, führte ihre bisherigen beiden Tagungen in Hohenheim durch (1998 und 2002).

1997 fand die Tagung des Arbeitskreises „Vegetationsdynamik“ der Reinhold Tüxen-Gesellschaft mit anschließender Exkursion statt.

Die Botanische Arbeitsgemeinschaft Südwestdeutschland wurde während einer Tagung 2002 hier gegründet; schließlich traf sich 2006 die Gesellschaft zur Erforschung der Flora Deutschlands zu ihrer jährlichen Tagung in Hohenheim.

Großprojekte des Institutes

In den Berichtszeitraum fallen mehrere Verbundprojekte, die von den Lehrstühlen des Institutes koordiniert wurden. Das EU-Projekt EuroBionet („European Network for the Assessment of Air Quality by the Use of Bioindicator Plants“) wurde von 1999 bis 2001 durch Herrn PD Dr. Klumpp koordiniert. Ebenfalls aus EU-Förderung koordinierte Herr Prof. Dr. Fangmeier von 2000 bis 2002 das Projekt BIOSTRESS („Biodiversity in Herbaceous Semi-Natural Ecosystems under Stress by Global Change Components“).

Für das interdisziplinäre Verbundprojekt IT FoodTrace („Konzeption, Entwicklung und Realisierung von IT-Lösungsmodellen zur Qualitätssicherung und Rückverfolgbarkeit in dynamisch konfigurierbaren Lieferketten für Lebensmittel tierischer Herkunft“) zeichnet sich Herr Prof. Dr. Fangmeier in seiner Funktion als Leiter des Life Science verantwortlich.

Von 1999 bis 2003 war das Institut am EU-Forschungsprojekt „Urban Greenspace“ beteiligt (Herr Prof. Dr. Böcker). Von 2003 bis 2004 war Herr Prof. Dr. Kohler mit Vegetationskartierungen im Bereich der Baden-Württembergischen Donau am Internationalen Donauprojekt (Leitung Herr Prof. Dr. Janauer/Wien) beteiligt.

Auch die intensive Beteiligung an Großprojekten der Universität Hohenheim durch die Lehrstuhlinhaber des Institutes sollte nicht unerwähnt bleiben, so am BMBF-Projekt „Umweltverträglichkeit und nachhaltige Agrarwirtschaft auf hohem Produktions- und Produktivitätsniveau in der nordchinesischen Tiefebene“ (Herr Prof. Dr. Böcker, 1998-2002), am DFG-Graduiertenkolleg 768 „Vermeidungsstrategien klimarelevanter Gase“ (Herr Prof. Dr. Fangmeier, 2002-2004), am Internationalen DFG-Graduiertenkolleg 1070 „Modeling Material Flows and Production Systems for Sustainable Resource Use in Intensified Crop Production in the North China Plain“ (Herr Prof. Dr. Fangmeier, 2004-2009) und am DFG-SFB 564 „Research for Sustainable Land Use and Rural Development in Mountainous Regions of Southeast Asia“ (Herr Prof. Dr. Fangmeier, 2006-2009). Seit 2006 leitet Herr PD Dr. Schmieder federführend das internationale „Lake Sevan-Projekt“ in Armenien (VW-Stiftung).

Georg-Heinrich Zeltner im Ruhestand

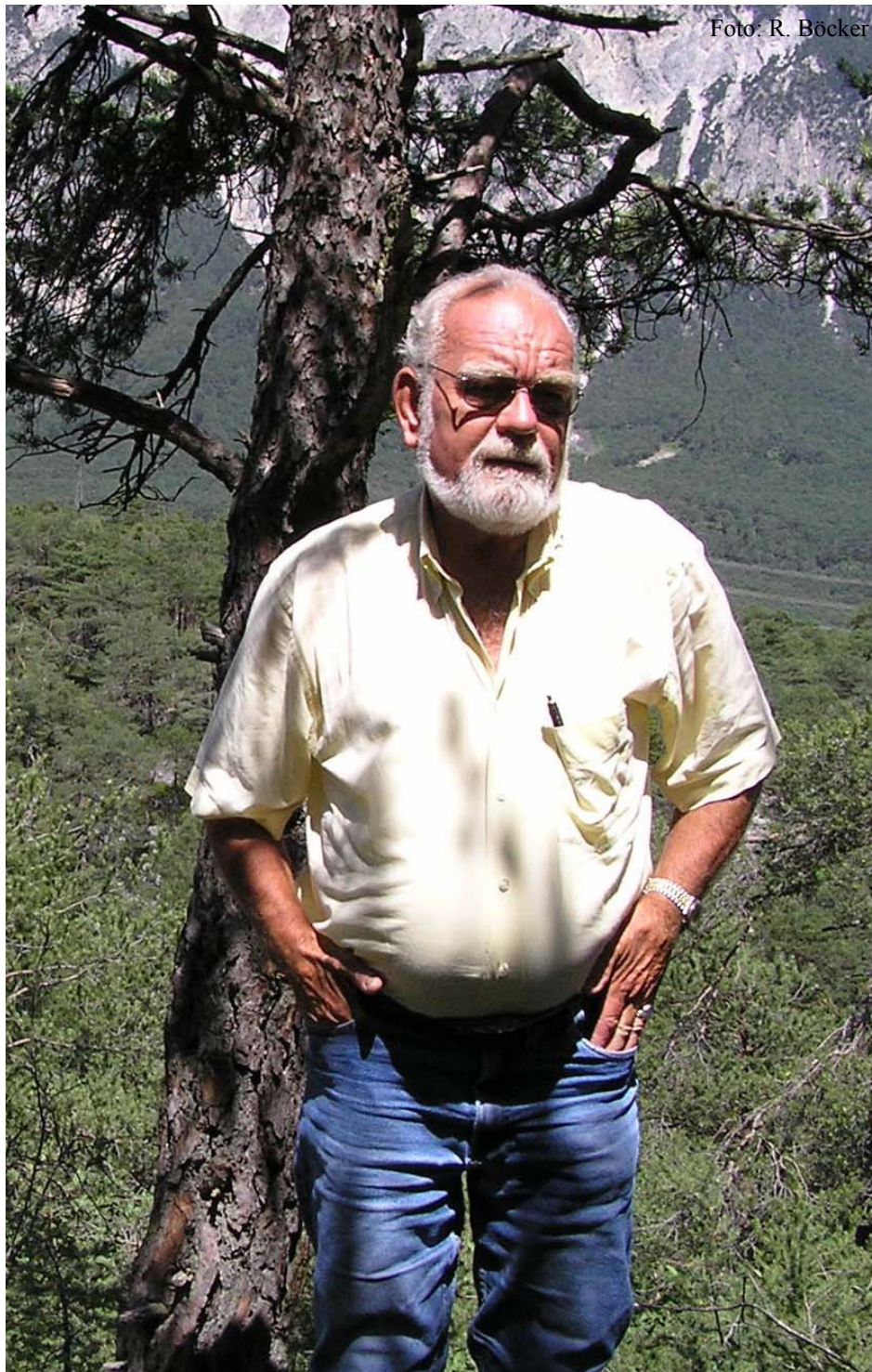
Mit dem Sommersemester 2006 endete die 32jährige aktive Zeit von Dipl. Ing. (hort.) Georg-Heinrich Zeltner im Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie an der Universität Hohenheim. Er gehört mit Jörg Pfadenhauer und Roland Smetana zu den Gründungsmitgliedern des Fachgebietes „Landschaftsökologie und Vegetationskunde“ (früher „Landeskultur“) und des im Juli 1974 neu etablierten Institutes für „Landschafts- und Pflanzenökologie“ (früher „Landeskultur und Pflanzenökologie“). Mit der Berufung von Kohler auf den neu eingerichteten Lehrstuhl „Landeskultur“ musste im Sommersemester 1974 der Lehr- und Forschungsbetrieb schnell in Angriff genommen werden. Feldpraktika und Exkursionen mussten am neuen Lehrstuhl organisiert und teilweise gemeinsam mit dem Institut für Bodenkunde durchgeführt werden. Georg Zeltner, frisch absolvierter Diplomingenieur der Landespflege in Weihenstephan, brachte für diese Aufgaben vom Lehrstuhl für Landschaftsökologie in Weihenstephan, wo er seit Jahren Geländepraktika und Exkursionen mit organisiert hatte, einen beachtlichen Erfahrungsschatz mit. Für den Lehrbetrieb für Studierende der Agrarwissenschaften, der Agrarbiologie und Geographie in Hohenheim waren vor allem seine dort erworbenen Kenntnisse zur Ingenieurbiologie und zur Landschaftsplanung besonders wertvoll.

Georg Zeltner hatte aber auch in Weihenstephan bereits an sehr erfolgreichen Forschungsprojekten über Fließgewässer-Makrophyten in bayerischen Flussläufen mit großem Engagement und Sachverstand teilgenommen. Diese Erfahrungen befähigten ihn, in Hohenheim viele Forschungsarbeiten über süddeutsche Gewässer zu begleiten und zu betreuen. In den 32 Jahren seines Hohenheimer Berufslebens wirkte er an zahlreichen wissenschaftlichen Vorhaben mit und stand einer großen Zahl von Diplomanden und einigen Doktoranden immer mit großem Einsatz mit Rat und Tat hilfreich zur Seite. Bei den Langzeitstudien über Gewässervegetation war er der Garant dafür, dass die verschiedenen Arbeitsgenerationen exakt dieselbe Aufnahme- und Kartiermethode verwendet haben. Damit kommen diesen Studien, welche die langfristigen Veränderungen der Makrophyten-Vegetation über Jahrzehnte hinweg dokumentieren für Wissenschaft und praktische Anwendungen sehr aktuelle Bedeutung zu (Monitoring). Von diesen in Fachkreisen heute noch viel beachteten Studien sei nur auf ihre Bedeutung für die Umsetzung der europäischen Wasserrahmenrichtlinie hingewiesen.

In den vergangenen Jahren widmete er sich mit großem Eifer der Frage der Offenhaltung der Landschaft mit Beweidungsmaßnahmen.

Der ungezwungene und humorvolle Umgang von Georg Zeltner mit Menschen machte ihn bei Generationen von Studierenden aber auch bei Mitgliedern des Institutes und der Universität sehr beliebt. Besonders ans Herz gewachsen waren ihm die Studierenden der Geographie der Universität Stuttgart, die er bei

Exkursionen und Nachbereitungen immer wieder motivieren konnte. Mit seinem Charme gelang es ihm, beim Umgang mit der Universitätsverwaltung und mit anderen Behörden immer wieder bürokratische Schwierigkeiten zu überwinden.



Wer an einer der zahlreichen, von ihm mitbetreuten großen Exkursionen teilgenommen hat, wird diese nicht nur wegen seiner fachlich kompetenten Führung, sondern vor allem wegen seiner Fähigkeit eine fröhliche oft überschäumende Atmosphäre zu verbreiten, in bleibender Erinnerung behalten. Hier sei nur an die zahlreichen Gewässer-Exkursionen durch Bayern, die Lehrveranstaltungen auf der Insel Spiekeroog und in Schweden erinnert. An dieser Stelle muss natürlich die jährliche Alpen-Exkursion ins Ötztal besonders erwähnt werden. Diese Lehrveranstaltung gehörte von Anbeginn seiner Amtszeit in Hohenheim zu den großen Leidenschaften von Schorsch Zeltner. Immer bereitete er diese Exkursion mit großer Sorgfalt und durch eine Vorexkursion vor. Über viele Jahre zählte die Ötztal-Exkursion bei den Studierenden zu den beliebtesten Lehrveranstaltungen unseres Fachgebietes, aber auch Gäste aus Nah und Fern nahmen gerne an der Alpenexkursion teil.

Neben seiner Begeisterung für die Alpen galt sein besonderes Interesse noch einer anderen Landschaft und ihrer Pflanzenwelt, der Schwäbischen Alb. Er organisierte nicht nur manche Lehrveranstaltung in dieser Region sondern widmete sich auch in seiner Freizeit mit großer Freude dieser Region und genoss in ungezählten Ausflügen und Wanderungen zu jeder Jahreszeit diese Landschaft, wobei er sich ein großes Wissen über den Naturraum sowie über Land und Leute erworben hat.

Die Organisation der traditionellen Institutswanderungen und Weihnachtsfeiern lag bei Schorsch Zeltner immer in guten Händen: Dank seiner hervorragenden Gebietskenntnisse und LOKAL-Kenntnisse waren diese immer ein großer Erfolg.

Die vielseitigen Interessen von Schorsch Zeltner und seine zahlreichen Kontakte zu Ehemaligen und Freunden lassen annehmen, dass er sich in seinem Ruhestand kaum langweilen wird. Wir hoffen, dass die guten Beziehungen zu den Mitgliedern des Institutes auch in Zukunft erhalten bleiben und wünschen ihm für den neuen Lebensabschnitt viel Gesundheit und Lebensfreude.

Prof. Dr. Alexander Kohler

Prof. Dr. Reinhard Böcker

II. Personal

Geschäftsführender Direktor: Prof. Dr. Reinhard BÖCKER (bis 30.09.2006)
 Prof. Dr. Andreas FANGMEIER (ab 01.10.2006)
 Stellvertreter: Prof. Dr. Andreas FANGMEIER (bis 30.09.2006)
 Prof. Dr. Reinhard BÖCKER (ab 01.10.2006)

Fachgebiet Landschaftsökologie und Vegetationskunde

Planstellen

BÖCKER, Reinhard, Prof. Dr. rer. nat.
 HOLZ, Ingo, Dr., Wiss. Assistent (1/2 Stelle, ab 01.11.2006)
 SCHÄFER, Björn, Dipl.-Biol., Wiss. Assistent (1/2 Stelle, ab 01.10.2006)
 SCHMIEDER, Klaus, PD Dr., Akademischer Rat
 ZELTNER, Georg-Heinrich, Dipl. Ing. (hort.), Wiss. Assistent (bis 31.07.2006)
 SMETANA, Roland, Dipl. Ing. (FH), Techn. Angestellter
 DIRK, Monika, LTA (1/2 Planstelle; 1/2 Stelle bezahlt aus Mitteln Dritter bis 31.08.2006)
 MÄURLE, Kristina, Verw.-Angestellte (3/4 Stelle bis 31.12.2005, 1/1 Stelle ab 01.01.2006)
 ZINK-BAUERLE, Birgit, Verw.-Angestellte (1/4 Stelle, bis 31.12.2005)

Wissenschaftliche Mitarbeiter, bezahlt aus Mitteln Dritter, Doktoranden und Stipendiaten

AGYEMANG, Thomas Kwaku, Wiss. Mitarbeiter (ab 01.01.2006)
 ATALLAH, Youssef, M. Sc., Dipl. Ing. (FH), DAAD-Stipendium (bis 08.01.2007)
 BÖHLING, Niels, Dr., Wiss. Mitarbeiter (bis 31.05.2004)
 GHAZAL, Abdallah, M. Sc., Doktorand, Stipendium
 HASSAN, Siba, M. Sc., Doktorandin, DAAD-Stipendium
 HEBLINSKI, Jörg, Dipl. Ing. (FH), Wiss. Mitarbeiter (ab 01.01.2006)
 JÄGER, Dietmar, Dr., externer Doktorand, Vorarlberg/Österreich (bis 2005)
 KARZON, Sulaiman, Dipl.-Ing. agr., Doktorand, DAAD-Stipendium
 KIRCHNER-HEBLER, Ralf, Dr., Wiss. Mitarbeiter (von 01.01. bis 31.08.2006)
 KHATIB, Abdallah, M. Sc., Doktorand, DAAD-Stipendium
 NAVASH, Oraib, M. Sc., Doktorandin, DAAD-Stipendium (bis Oktober 2006)
 RAUCH, Petra, Agr.-Biol., Wiedereinstiegs-Stipendium (bis 31.12.2006)
 REHNERT, Martina, Dr., Wiedereinstiegs-Stipendium (bis 31.12.2006)
 SCHÄFER, Björn, Dipl.-Biol., Doktorand
 SHEIK OR RASHID, Harun, M. Sc., Doktorand, DAAD-Stipendium und Stipendium der Eiselen-Stiftung
 WAGNER, Florian, Dipl. agr. Biol., Doktorand (bis 2004)
 WOITHON, Annette, Dipl.-Geogr., Doktorandin

Lehrbeauftragte und Privatdozenten

DIETERICH, Martin, PD Dr., Einführung in die Ökologie, Landschaftsökologie

KAULE, Giselher, Prof. Dr., Universität Stuttgart, Institut für Landschaftsplanung und Ökologie (verantwortlicher Koordinator für das Wahlpflichtfach Landespflege), Honorarprofessor Universität Hohenheim

TREMP, Horst, PD Dr., Universität Hohenheim, Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie; Lehrveranstaltung: Inland Water Ecosystems

WEZEL, Alexander, PD Dr., ab 01.09.2006 an der Universität Lyon

Emeritus

KOHLER, Alexander, Prof. Dr. rer. nat.

Studentische und Wissenschaftliche Hilfskräfte

AGYEMANG, Thomas Kwaku; ATALLAH, Youssef; DIENST, Michael; GANCHEV, Dimitar; HASSAN, Siba; ILOWSKI, Maren; KARZON, Sulaiman; PASTERNAK, René; Sheik-Or-RASHID, Harun; REIN, Stefanie; RÖSCH, Gabriel; SCHÄFER, Björn; SPITZBARTH, Heike; VON SCHNAKENBURG, Peter; WILLMANNNS, Wibke

Fachgebiet Pflanzenökologie und Ökotoxikologie

Planstellen

FANGMEIER, Andreas, Prof. Dr. rer. nat.

FRANZARING, Jürgen, Dr., Wiss. Assistent (ab 01.10.2005)

HÖGY, Petra, Dr., Wiss. Assistentin

TREMP, Horst, PD Dr., Wiss. Assistent (bis 30.09.2004)

ERBS, Martin, Dipl.-Biol., Wiss. Mitarbeiter (1/2 Stelle, 01.02. bis 30.09.2005)

WEBER, Simone, Dipl.-Biol., Wiss. Mitarbeiterin (1/2 Stelle, 01.01. bis 30.09.2005)

ALANI, Monika, LTA (1/2 Stelle)

GENSHEIMER, Gina, BTA

SCHICK, Patricia, Verw.-Angestellte (1/2 Stelle)

Privatdozenten

FOMIN, Anette, PD Dr.

KLUMPP, Andreas, PD Dr.

TREMP, Horst, PD Dr. (bis 30.09.2006)

Wissenschaftliche Mitarbeiter, bezahlt aus Mitteln Dritter, Doktoranden und Stipendiaten

DORODNIKOV, Maxim, Dipl.-Agrarwiss., Doktorand, DAAD-Stipendium (bis 31.03.2006), Stipendium Landesgraduiertenprogramm (ab 01.04.2006)

ERBS, Martin, Dipl.-Biol., Doktorand, Stipendium Graduiertenkolleg 259

FRANZARING, Jürgen, Dr., Wiss. Mitarbeiter (bis 30.09.2005)
 KLUMPP, Andreas, PD Dr., Wiss. Mitarbeiter (Life Science Center, Sektion 3)
 KOPSCH, Jenny, Dipl. Umweltwiss., Doktorandin, Stipendium Graduiertenkolleg 1070
 RODRIGUEZ, Judith Hebel, Dipl.-Biol., Doktorandin, DAAD-Stipendium (ab 01.04.2006)
 WEBER, Simone, Dipl.-Biol., Doktorandin, Stipendium Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft (bis 12.10.2006)

Studentische und Wissenschaftliche Hilfskräfte

BERMEJO DOMINGUEZ, Gabriela; DOGAN, Zeynep; GUIDI, Gabriele; HAAGEN, Sophia; HEGERFELD, Jan; KARZON, Sulaiman; KRYVYNETS, Oleg; LANDSBERG, Elisabeth; MAHMOOD, Khalid; REDDY, Byreddy Srinivas; REIN, Stefanie; SCHÄFER, Björn; SCHWEIZER, Birgit; TÖGEMANN, Kim; ULLRICH, Bastian; WEBER, Simone; WEDLICH, Kerstin; ZHUNUSBAYEVA, Dina

II. Lehre

Die Lehrveranstaltungen des Institutes sind in den Vorlesungsverzeichnissen des Sommer- und Wintersemesters abgedruckt und im Internet zu finden unter www.uni-hohenheim.de/www320.

III. Forschung

Diplomarbeiten / Bachelorarbeiten

Fachgebiet Landschaftsökologie und Vegetationskunde

KRAMER, MELANIE (2004): Einfluss von Salzstress auf die Reflektion von Mais (*Zea mays* L.). R. BÖCKER (2. Gutachter)
 LEIDEL, CHRISTIANE (2004): Feuerökologie unter besonderer Berücksichtigung von Kiefern und Eichen der nördlichen Hemisphäre. R. BÖCKER (2. Gutachter)
 HIMMELHAN, CAROLIN (2005): Wie viel ist Ihnen der Eichenhain wert? Eine empirische Untersuchung der Wertschätzung der Besucher für das Naturschutzgebiet Eichenhain in Stuttgart-Sillenbuch. R. BÖCKER (2. Gutachter)
 SCHUHMACHER, STEFANIE (2005): Ökologische Auswirkungen von Hafenanlagen, Steganlagen und Bojenanlagen. K. SCHMIEDER (1. Gutachter)

MAISENBACHER, INGRID (2006): Sekundärwald-Entwicklung einer degradierten Feuchtsavanne nach Pflanzung von *Erythrina fusca* im Bundesstaat Sucre, Venezuela. R. BÖCKER (2. Gutachter)

KÖBRICH, LEON (2006): Mediation für den Feldhamster. R. BÖCKER (2. Gutachter)

Fachgebiet Pflanzenökologie und Ökotoxikologie

EICKLER, Birgit (2004): Auswirkungen erhöhter atmosphärischer CO₂-Konzentrationen auf Kohlenhydrate und Futterqualität von Wildkrautarten und Weizen (Diplom Agrarbiologie). A. FANGMEIER (1. Gutachter)

HEGERFELD, Jan (2004): Die Beeinflussung des Stickstoff- und Mineralstoffhaushaltes durch erhöhte CO₂-Konzentrationen in Arten der Ackerbegleitflora (Diplom Agrarbiologie). A. FANGMEIER (1. Gutachter)

WEIGT, Rosi (2004): Investigation of grasslands along transects in the Kasari River delta (Matsalu Nature Reserve - West Estonia). H. TREMP (1. Gutachter)

HOECHSTETTER, Sebastian (2004): Ökologischer Ausgleich in den Alpen. Auswirkungen des Agrarumweltprogrammes auf die Biodiversität von Pflanzen und Heuschrecken im Kanton Graubünden. H. TREMP (2. Gutachter)

SCHUMM, Claudia (2005): Bioindikation von Fluoridbelastungen in der Umgebung eines Emittenten. A. FANGMEIER (1. Gutachter)

WEDLICH, Kerstin (2005): Cadmium-Belastung im Nahrungsnetz von Waldökosystemen in der Region Wiesloch. A. FANGMEIER (1. Gutachter)

REIN, Stefanie (2006): Stabile Kohlenstoffisotope im CO₂ der Bodenluft von Agrarökosystemen unter atmosphärischer CO₂-Erhöhung. A. FANGMEIER (1. Gutachter)

GUIDI, Gabi (2006): Wirkung erhöhter atmosphärischer CO₂-Konzentrationen auf Bestandesphänologie sowie Kohlenhydratmetabolismus zum Zeitpunkt der Anthese. A. FANGMEIER (1. Gutachter)

Doktorarbeiten

Fachgebiet Landschaftsökologie und Vegetationskunde

AIYEN (2003): Importance of Root Growth Parameters to Cd and Zn Acquisition by Non-Hyperaccumulator and Hyperaccumulator Plants. R. BÖCKER (2. Gutachter)

BARUS, Henry Novero (2003): Contribution of Arbuscular Mycorrhizal Fungi to Growth, Nutrient Acquisition and Water Relations of Plants under Drought Conditions. R. BÖCKER (2. Gutachter)

- BAUER, Konrad (2003): Development and Optimisation of a Low-Temperature Drying Schedule for *Eucalyptus grandis* in a Solar-Assisted Timber Dryer. R. BÖCKER (2. Gutachter)
- JUNGKUNST, HERRMAN F. (2004): Black Forest soils - source and sinks of CH₄ and N₂O. R. BÖCKER (2. Gutachter)
- SCHOLICH, GÜNTER (2004): Regionalisierung von Bodenvariablen auf Landschaftsebene (Mesoskala). R. BÖCKER (2. Gutachter)
- WAGNER, FLORIAN (2004): Die Wiesen an den Keuperhängen bei Tübingen - Untersuchungen zur Pflege und Entwicklung von Wiesenschutzgebieten im Landkreis Tübingen. R. BÖCKER (1. Gutachter)
- JÄGER, DIETMAR (2005): Die Makrophyten-Vegetation ausgesuchter Fließgewässer des Vorarlberger Rheintals als Grundlage für die Bewertung des ökologischen Zustands. A. KOHLER (1. Gutachter)
- MEHRTENS, JÖRG (2005): Räumliche und zeitliche Verteilung von Unkräutern in Mais. R. BÖCKER (2. Gutachter)
- NAWRATH, STEFAN (2005): Flora und Vegetation des Grünlandes im südöstlichen Taunus und seinem Vorland. Universität Frankfurt. R. BÖCKER (2. Gutachter)
- RÖHL, MARKUS (2005): Ableitung von Restitutionspotenzialen als Entscheidungshilfe bei der Umsetzung von Moorschutzprogrammen. R. BÖCKER (1. Gutachter)
- SZINICZ, GUNDULA (2005): Biodiversity and arthropod abundance patterns in the upland landscape of Leyte, Philippines. R. BÖCKER (2. Gutachter)
- NAWASH, ORAIB (2006): Geobotanical study of Wadi Araba and Wadi Rum deserts in South West Jordan. R. BÖCKER (1. Gutachter)
- BRUNE, THOMAS (2006): Morphologische mikromorphologische und molekulargenetische Untersuchungen zur Differenzierung von Schachtelhalm-Spezies und -Hybriden. R. BÖCKER (2. Gutachter)

Fachgebiet Pflanzenökologie und Ökotoxikologie

- FOLLAK, Sven (2004): Effect of airborne herbicides on non-target plants. A. FANGMEIER (2. Gutachter)
- GAYE-SIESSEGER, Julia (2004): Influence of feeding level and diet composition on $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ in fish and their correlation with enzyme activities. A. FANGMEIER (3. Prüfer)
- LINK, Andreas (2005): Optimierung und Evaluierung unterschiedlicher spektroskopischer Messverfahren für klimarelevante Gase. A. FANGMEIER (2. Gutachter)
- MERKL, Nicole (2005): Phytoremediation of Petroleum-Contaminated Soils in the Tropics. A. FANGMEIER (2. Gutachter)

SMILEY, Gary Leroy (2005): Biophysical resource use and productivity in co-coa-gliricidia agroforests of Central Sulawesi. A. FANGMEIER (3. Prüfer)

JANZE, Sibylle (2006): Auswirkungen von erhöhtem CO₂ auf die Vegetation eines Grünlandes. A. FANGMEIER (2. Gutachter)

VESTE, Maik (2006): Ökologisches Verhalten von Pflanzen in Wüsten. Integration ökophysiologischer Anpassungsstrategien von der Einzelpflanze zum Ökosystem. A. FANGMEIER (2. Gutachter)

WEBER, Simone (2006): Reaktionen einer Weizen-Wildkraut Gemeinschaft auf erhöhtes CO₂ im FACE Experiment: Proteomik, Physiologie und Bestandesentwicklung. A. FANGMEIER (1. Gutachter)

Habilitationen

Fachgebiet Landschaftsökologie und Vegetationskunde

SCHMIEDER, KLAUS (2004): Ökologie, Monitoring und Beurteilung der Litoralvegetation mit Unterstützung der Fernerkundung und Geographischer Informationssysteme am Beispiel des Bodensees

Master Theses

Fachgebiet Landschaftsökologie und Vegetationskunde

CALLES, TEODARDO (2004): Biography of the Tropical Legume Genus *Stylosanthes* in Venezuela. R. BÖCKER (2. Gutachter)

LEIBITZ, DANIEL (2004): Nordwestrand des Nördlinger Rieses - Ausarbeitung einer Bodenkarte - Theoretische Überlegungen zur Wiedervernässung eines degradierten Erdkalkniedermoores. R. BÖCKER (2. Gutachter)

EGGL, BIRGIT (2006): Vergleichende Umweltverträglichkeitsstudie am Beispiel der Isarüberquerung des Transrapid. R. BÖCKER (1. Gutachter)

KINDERMANN, CLAUDIA (2006): Characterization of undergrowth vegetation in Rainforestation Farming sites on Leyte, Phillipines. R. BÖCKER (2. Gutachter)

Fachgebiet Pflanzenökologie und Ökotoxikologie

AGYEMANG, Thomas Kwaku (2004): Pollution of inland waters: A case study of Sisa river, Kumasi, Ghana, West Africa (M. Sc. ENVIROFOOD). A. FANGMEIER (1. Gutachter), H. TREMP (2. Gutachter)

ASON, Benjamin (2004): Analysis of the Pollution Level of the Ayensu River Winneba, Ghana, West Africa (M. Sc. ENVIROFOOD). A. FANGMEIER (1. Gutachter), H. TREMP (2. Gutachter)

- INAM ULLAH, Ehsan (2004): Assessment of the drinking water quality in Peshawar, Pakistan. Universität Hohenheim (ENVIROFOOD). H. TREMP (2. Gutachter)
- PETRESCU, Ana Maria Roxana (2004): Modeling N₂O emission from a forest soil with the Wetland DNDC model (M. Sc. ENVIROFOOD). A. FANGMEIER (2. Gutachter)
- YUXIA, Liang (2004): Environmental Management and Energy – A Study about Energy Crisis & Energy-Related Global Warming Issues (M. Sc. ENVIROFOOD). A. FANGMEIER (1. Gutachter)
- NGOSONG, Christopher (2005): Petroleum refineries and heavy metal pollution in the coastal areas of Cameroon: A case study of SONARA and the Limbe Atlantic Coast. A. FANGMEIER (1. Gutachter)
- SUN, Yanbai (2005): Effects of elevated CO₂ concentration on photorespiration related enzymes and soluble proteins in leaves of wheat and associated weeds. A. FANGMEIER (1. Gutachter)
- BERMEJO DOMINGUEZ, Gabriela (2006): CO₂ enrichment effects on minerals and energy content of wheat and native species. A. FANGMEIER (1. Gutachter)
- REDDY, Byreddi Srinivas (2006): Different Ecotoxicological Test Designs to Assess the Effects of Plant Protection Products (PPP) on Development of *Poecilus cupreus* larvae (Coleoptera; Carabidae). A. FANGMEIER (1. Gutachter)

Kurzfassungen Doktorarbeiten

Die Wiesen an den Keuperhängen bei Tübingen – Untersuchungen zur Pflege und Entwicklung von Wiesenschutzgebieten im Landkreis Tübingen

Florian Wagner

Zusammenfassung

Die Keuperrandstufen im Landkreis Tübingen an Schönbuch, Pfaffenberg, Spitzberg und Rammert sind durch großflächige Grünland- und Streuobstkomplexe geprägt. Der bis in die Gegenwart überwiegend extensiv betriebenen Landwirtschaft ist es zu verdanken, dass artenreiche Wiesen hier noch keine Seltenheiten sind. Sowohl ihr ökologischer Reichtum als auch ihre Ausdehnung sind für Baden-Württemberg einzigartig. Nicht von ungefähr gibt es in diesem Naturraum zahlreiche Naturschutzgebiete, die wiederum - gemäß der FFH-Richtlinie der EU - das Gerüst für eines der größten NATURA 2000-Komplexgebiete im Land bilden sollen. Das Typische des Untersuchungsraumes, die Salbei-Glatthaferwiesen, wurde mit der FFH-Richtlinie der Europäischen

Union zum normativen Schutzobjekt erklärt. Damit müssen für diese ehemals wichtigen Wirtschaftswiesen Strategien und Nutzungsmodelle entwickelt werden, die den Erhalt dieser Lebensräume gewährleisten.

Aufbauend auf drei Arbeitsfeldern, einer Landnutzungsanalyse, einer fundierten Inventur der Akteure (Voll- und Nebenerwerbslandwirte, Hobbytierhalter) und einer empirischen vegetationskundlichen Untersuchung, werden die Möglichkeiten und Grenzen extensiver Grünlandnutzungen untersucht. Im Fokus der Untersuchung steht dabei besonders die extensive Weidenutzung.

Mit der Landnutzungsanalyse wird gezeigt, wie sich die kleinbäuerliche Landwirtschaft im urbanen Wachstumssog unaufhörlich aus der Bewirtschaftung der Wiesen und des Streuobstes zurückzieht. Großflächige Verbrachungen in den Steillagen oder Mulchregime sind ebenso die Folge, wie vernachlässigte und überalterte Obstbaumbestände. Reine Mähnutzungen mit Heu-, Öhmd- und Silagewerbung konzentrieren sich bereits auf weitgehend baumfreie und ebene bis flach geneigte Landschaftsbereiche. Selbst in den Naturschutzgebieten kann eine Mindestnutzung kaum mehr garantiert werden und Pflegeprogramme müssen die landwirtschaftliche Nutzung ersetzen. Förderprogramme, wie das MEKA, das bei den Akteuren auf große Resonanz stößt, sind bislang nicht in der Lage, diesen Trend zu verhindern. Als einzige landwirtschaftliche Nutzungsform von Hanglagen und Obstwiesen zeichnen sich Weidesysteme ab, die sich teilweise schon seit über dreißig Jahren im Gebiet fest etabliert haben.

Der zweite Teil der Studie umfasst die Ergebnisse der Akteursbefragung. Bei der Mehrzahl der landwirtschaftlich aktiven Personen handelt es sich um Nebenerwerbslandwirte, in geringerer Zahl um Haupterwerbslandwirte und Hobbytierhalter. Vor allem Strukturprobleme durch Geländemorphologie, Baumbestand und Flächenzersplitterung sind als Hemmnisse der extensiven Grünlandnutzung auszumachen. Freizeitgestaltung, Ausgleich zum Beruf und Tradition werden überwiegend als Beweggründe für die landwirtschaftlichen Aktivitäten von den Befragten angegeben.

Bei der Frage nach den Zukunftsperspektiven ergeben sich lokal stark unterschiedliche Befunde: Während für die klassischen kleinbäuerlichen Mischbetriebe mit Milchvieh, Ackerbau und Heuverkauf eine Fortführung meist nicht eindeutig zu erkennen ist, gibt es andererseits im Untersuchungsgebiet noch Akteure, die bei verbesserten Arbeitsbedingungen ihr Engagement im extensiven Grünland sogar ausweiten würden. Meist handelt es sich bei dieser Gruppe um Weidebetriebe.

Allerdings erscheinen die bisher angewandten Instrumente des Naturschutzes nicht geeignet, eine Verbesserung der Nutzungssituation herbeizuführen, da latente Kommunikationsdefizite zwischen Naturschutz und Landnutzern kontraproduktiv auf eine erfolgreiche Flächensicherung wirken. Diese Defizite sind vorwiegend auf restriktiv vermittelte Naturschutzvorstellungen und praxisfremde Vorgaben zurückzuführen.

Vor dem Hintergrund klar definierter Zielvorgaben der FFH-Richtlinie geht der dritte Teil der Untersuchung der Frage nach, mit welchem Weideverfahren eine

Beweidung von Salbei-Glatthaferwiesen erfolgen kann, ohne die floristische Zusammensetzung nachhaltig zu verändern. Im floristisch-vegetationskundlichen Vergleich von beweideten Flächen mit Wiesen zeigt sich, dass das Konzept der „Rotierenden Mähweidesysteme“ (RMWS) Bestände liefert, die hochgradig kongruent zu „klassischen“ Wiesengesellschaften sind. Aufgrund der über zehnjährigen Nutzungskontinuität sämtlicher Untersuchungsflächen kann von einer guten Aussagekraft der Ergebnisse ausgegangen werden. Diese rotierenden Mähweidesysteme sind folglich in der Praxis erprobt und weisen Charakterzüge der guten landwirtschaftlichen Praxis auf, was ihre Akzeptanz und Effektivität für die Akteure erhöht. Damit ist eine Möglichkeit gegeben, ohne naturschutzfachlichen Wertverlust arbeitswirtschaftlich günstigere Nutzungsmodelle in Hanglagen und Streuobstbereichen auszudehnen oder neu zu etablieren. Rotierende Mähweidesysteme sind dynamische und flexible Nutzungsmodelle, deren Wirtschaftlichkeit - und das bestimmt die Akzeptanz - über erfolgsorientierte Förderinstrumente honoriert werden kann (z. B. artenreiches Grünland im MEKA).

Bei der Analyse von extensiven Weidesystemen, die dem „Idealfall“ den rotierenden Mähweidesystemen nicht entsprechen, zeigen sich je nach Weideregime zwar inhomogene Befunde, das Artenspektrum extensiver Wiesengesellschaften bleibt innerhalb des jeweiligen Systems aber stets erhalten.

In einer Synthese der drei Arbeitsfelder kann der klassischen Wiesenwirtschaft im Untersuchungsgebiet keine positive Prognose bescheinigt werden. Der Rückzug landwirtschaftlicher Schnittnutzungen aus Obstwiesen und Hanglagen wird sich nach wie vor fortsetzen und sich auf baumfreie, ebene und flach geneigte Bereiche konzentrieren. Zukünftig verbleibt für arbeitswirtschaftlich problematisches Grünland nur die Wahl zwischen Verbrachung, Mulchregimen, mechanischer Landschaftspflege oder Beweidung. Nach aktueller Einschätzung erscheint eine nachhaltige Sicherung artenreichen Grünlandes in Hanglagen und Streuobstbeständen vorrangig über extensive Weidesysteme praktikabel.

Um landwirtschaftlich motivierte Nutzungsformen im Untersuchungsgebiet zu sichern, werden verschiedene Strategieempfehlungen aufgezeigt:

- Besonders wichtig erscheint der Abbau des „Kommunikationstiefs“ zwischen Landwirtschaft und Naturschutz. Moderne zielgruppenspezifische Kommunikationsarbeit und Mediation müssen fester Bestandteil von Naturschutzaktivitäten im Gebiet werden.
- Strukturverbessernde Maßnahmen, wie die Bereitstellung größerer Nutzungseinheiten (Nutzungstausch) und Baumpflege, haben darüber hinaus direkten Einfluss auf das Nutzungsgefüge.
- Absatzsicherung und -förderung der Produkte aus extensiver Grünlandnutzung, Heu, Fleisch und „Freizeit“ erscheint derzeit nur mit professioneller Hilfe für die Akteure in größerem Umfang realistisch. Hier besteht die Möglichkeit für den Naturschutz sich positiv einzubringen.

Trotz aller Bemühungen wird es vermutlich nicht gelingen, die Kulturtätigkeit der Landwirtschaft flächendeckend zu halten. Die naturschutzfachliche Wertediskussion abseits pflanzensoziologisch definierter Vegetationsausprägungen wird sich trotz – oder gerade wegen – der starr manifestierten Vorgaben durch die FFH-Richtlinie nicht umgehen lassen.

Abstract

The slopes of Schönbuch, Pfaffenberg, Spitzberg and Rammert in the district of Tübingen (Baden-Württemberg) can be characterized as extensive high nature value grasslands and complexes of orchards. Because of low intensity farming by smallholders this area has inherited a precious biotic diversity which resulted in the designation of numerous nature reserves. These nature reserves form the core areas of one of the largest NATURA 2000 complexes in Baden-Württemberg. Mesotrophic hay meadows, which are the characteristic vegetational feature in the research area, are declared to objects of special protection according to the the European Habitats Directive. Therefore, strategies and models of usage of land have to be developed which guarantee the further existence of this type of grassland.

This study contains three parts: an analysis of the present landuse, the recording and interviewing of stakeholders such as land users and a third, empirical vegetation examination. Special interest is focused on low intensity pasturing.

The analysis of the land usage shows a retreat of agricultural management from the meadows and the orchards. In consequence, fallow ground spreads most on steep locations and mulching has established instead of traditional hay making. Hay making already continues in flat or less inclined areas without fruit trees. This process even takes place in nature reserves and instead of traditional farming mechanical measures had to be implemented to keep the landscape open and to preserve the high nature value grassland. On the other hand, extensive grazing systems have been established already in orchards and inclined areas over the last three decades.

The second part of this study deals with the current situation of the land users. This group mainly consists of part time farmers and in lesser number of full time and hobby farmers. The most important obstacles to the agricultural use of grassland are structural problems like morphology of the landscape, the presence of fruit trees and ownership. Especially, leisure activities and traditions are mentioned as motives for grassland management. Asked for their future prospects different findings arose locally. While traditionalistic smallholders often abandon their dairy and hay making. On the other hand there will be still farmers who intend to expand farming activities if working conditions could be improved. This includes grazing on the slopes and within the orchards. Furthermore, relationships between farmers and the nature conservation authorities show a severe lack of communication. Reasons for this are mainly seen in theoretical and restrictive measures used by the authorities.

In the third part a comparison is made between mown and grazed grassland. It can be shown that vegetation patterns of typical hay meadows can also be found in long term grazed areas. In respect to the defined aims of the Habitats Directive - to conserve typical hay meadows – special pasture management is necessary. According to empirical data rotation of pasture and pasturing followed by mowing or mulching are important measures. Grazing systems which inherit these characteristics have proven their efficiency in practice and also guarantee a good ecological quality of grassland. If pasturing does not correspond to the "ideal case" inhomogeneous findings appear according to the grazing regime. In general, composition of vegetation can vary much more than in hay meadows, but typical species of mesotrophic hay meadows survive within the respective system.

It is to synthesise that no positive prognosis to the classical use of hay meadows in the research area can be made. The retreat of agricultural motivated mowing from orchards and slope positions will still continue and concentrate on even and less inclined areas, also on sites without any fruit trees. For grassland with less favourable working conditions there remains a choice between abandonment, mulching, (expensive) mechanical tending of the landscape or grazing. According to current estimates the last option seems to be the most realistic way to preserve grasslands of high nature value. To further continue or reinstall agricultural management practises in the examination area following recommendations are given: One of the most important strategies to be worked on, is a better way of communication between the land users and the conservation authorities. Modern group-specific communication and mediation must become firm components of all activities for nature conservation. In addition, measures have to be implemented to improve working conditions in grassland management. This should happen for example by generating larger units of utilisation and caring for old fruit trees. An additional strategy to support grassland management is the promotion of added-value products from extensive grasslands, such as high quality hay, meat and "leisure-activities". But professional help is needed to process these ideas realistically. Nature conservation bodies should use this chance to build up new and better ways of cooperation.

In spite of all these efforts they will not succeed in keeping an optimal grassland management programme throughout the whole landscape; at least in the true sense of the Habitats Directive. It is obvious that the rigidly fixed conservation objectives have to be juridical readjusted.

Die Makrophyten-Vegetation ausgesuchter Fließgewässer des Vorarlberger Rheintals als Grundlage für die Bewertung des ökologischen Zustands

Dietmar Jäger

In den Vegetationsperioden 2002 und 2003 wurden an 24 ausgesuchten Fließgewässern des Vorarlberger Rheintals durchgehend und nahezu lückenlos über eine Gesamtlänge von 75 km sämtliche im Wasser wurzelnde Makrophyten erhoben. Dabei wurden die Artmengen nach der KOHLERSchen Schätzmethode (KOHLER 1978; KOHLER & JANAUER 1995) von insgesamt 461 Fließgewässer-Abschnitten aufgenommen und quantitative Kenngrößen der Makrophyten-Vegetation nach den Autoren JANAUER et al. (1993), KOHLER & JANAUER (1995) und PALL & JANAUER (1995) ermittelt.

Folgende Ziele wurden im Rahmen der Studie verfolgt:

1. Erfassen der Makrophyten-Ausstattung ausgewählter Fließgewässer des Vorarlberger Rheintals und Darstellung von Verbreitungsmustern für jedes untersuchte Gewässer

In allen 24 untersuchten Fließgewässern zusammen konnten 30 Hydrophyten, davon 5 Haptophyten, weiterhin 17 Amphiphyten, 20 Helophyten und 16 sonstige Gefäßpflanzenarten erfasst werden. Die Verbreitung und Mengenausprägung der Wasserpflanzen innerhalb der einzelnen Fließgewässer wurde in Verbreitungsdiagrammen dargestellt und zusammen mit den Standortbedingungen im Detail für jedes Fließgewässer beschrieben. Anhand der in der Methodik erläuterten Kenngrößen „Relative Areallänge“ (L_r) (nach HÄNSEL 1993 n. p.; KOHLER et al. 1994) und „Mittlere Mengenindices“ (KOHLER & JANAUER 1995) erfolgte eine quantitative Analyse der Verbreitung der einzelnen Arten und eine Zuordnung zu vier Verbreitungstypen und zwei Untertypen. Die Kenngröße „Relative Pflanzenmenge“ (RPM) (PALL & JANAUER 1995; KOHLER & JANAUER 1995; PALL et al. 1996) und Cluster-Analysen der Abschnitts-Artenspektren dienten der Beschreibung der Dominanzverhältnisse. Sämtliche Ergebnisse, die Erfahrungen aus der Feldarbeit, relevante wasserchemische Befunde und Angaben aus der Literatur wurden für jedes Gewässer für sich besprochen.

2. Erörterung und Bewertung der Zusammenhänge zwischen dem Vorkommen der einzelnen Arten und relevanter Standortfaktoren im Untersuchungsgebiet anhand von Angaben aus der Literatur

Es zeigte sich eine gute Übereinstimmung der Habitatpräferenzen der Arten mit benachbarten Gebieten, wie der Kanton Zürich (EGLOFF 1977), Oberschwaben und der Schwäbischen Alb (SCHÜTZ 1992), ebenso für einen Abschnitt der Donau in Baden-Württemberg (PALL et al. 2004) und Gewässer in der Münchener Ebene und der Friedberger Au (KOHLER et al. 1971–2004; VEIT et al.

1997, WÜRZBACH et al. 1997). Unterschiede im Artenspektrum sind vor allem auf die Gattungen *Potamogeton* und *Ranunculus (Batrachium)* zurückzuführen. Die Einteilung von Pflanzen in ökologische Artengruppen nach verschiedenen Intensitäten der Belastung durch Phosphor und Verbindungen des Stickstoffs nach KOHLER & SCHIELE (1985) bzw. VEIT et al. (1997) fand sich im Untersuchungsgebiet weitgehend bestätigt. Reine oder leicht belastete Gewässer werden von Characeen sowie von *Potamogeton coloratus*, *Potamogeton gramineus*, *Juncus subnodulosus*, *Groenlandia densa* und *Mentha aquatica* besiedelt, während in belasteten Gewässern häufig *Myriophyllum spicatum* und *Potamogeton pectinatus* auftreten. Vergleichsweise sehr weite Amplituden zeigen z. B. *Elodea canadensis*, *Potamogeton natans*, *Potamogeton crispus* und *Fontinalis antipyretica*.

Hinsichtlich des Standortfaktors Beschattung erweisen sich die Arten *Agrostis stolonifera* und *Berula erecta* am tolerantesten. Voll beschattete Abschnitte sind makrophytenfrei. Arten, die mehr in sonnigen oder höchstens in gering beschatteten Bereichen vorkommen, sind *Potamogeton natans*, *Veronica anagallis-aquatica* und *Sparganium emersum*. Eine weite Amplitude zeigen die Arten *Ranunculus trichophyllus*, *Elodea canadensis*, *Fontinalis antipyretica*, *Nasturtium officinale* und die Gattung *Callitriche*.

3. Prüfung der Indikationsmöglichkeiten anhand von Makrophyten im Untersuchungsgebiet in Hinblick auf punktuelle Belastungsquellen

Die Auswirkungen von Einleitungen geklärter Abwässer aus Kläranlagen, ungeklärter Abwässer aus einzelnen Haushalten und unbestimmter Einträge aus landwirtschaftlichen Nutzflächen konnten an Beispielen aufgezeigt werden. In abwasserbelasteten Bereichen, wie nach Kläranlagen (Ehbach, Koblacher Kanal), erwiesen sich *Potamogeton crispus*, *Potamogeton pectinatus* und *Myriophyllum spicatum* als charakteristische Arten. Die Auswirkungen kleinerer punktueller Belastungsquellen, wie häusliche Einleitungen, können von Belastungen aus diffusen Einträgen von landwirtschaftlichen Nutzflächen überdeckt werden (z. B. Scheibenkanal). Die Einflüsse landwirtschaftlicher Dünge- und Bodenbearbeitungsgepflogenheiten auf die Wasserpflanzenvegetation lassen sich besonders dort erkennen, wo Feldgräben in die bis dahin noch wenig belasteten untersuchten Gewässer einmünden (Koblacher Kanal), oder wo Fließgewässerstrecken ohne erkennbar belastete Einleitungen ausschließlich von landwirtschaftlichen Flächen begleitet werden (Brilgraben, Koblacher Kanal, Scheibenkanal, Verbindungsgraben). Als charakteristisch für solche Bereiche (Belastungen aus Haushalten, Regenentlastungen und Landwirtschaft) hat sich die Artenkombination *Elodea canadensis*, *Potamogeton natans* und *Sparganium emersum* erwiesen.

4. Charakterisierung der Fließgewässer nach floristisch-ökologischen Gesichtspunkten

Basierend auf der taxonomischen Zusammensetzung der Makrophyten-Vegetation wurden die 24 Fließgewässer zu sechs Gruppen formiert und unter Berücksichtigung der Befunde wasserchemischer Analysen aus dem Untersuchungsgebiet sowie nach Angaben aus der Literatur wertend gereiht. Gruppe A1 umfasst nur den von Characeen dominierten nährstoffarmen Wiglatgraben. Die Gruppe A2 setzt sich aus Fließgewässern zusammen, die teilweise stark grundwasserbeeinflusst sind und meist den Rheintalrandbereich entwässern und als „gering bis mäßig“ belastet bezeichnet werden können. Die typische Artenkombination besteht hier aus *Groenlandia densa*, *Ranunculus trichophyllus*, *Mentha aquatica*, *Fontinalis antipyretica* und *Berula erecta*. Die Gewässer der Gruppe B umfassen vornehmlich kleinere, weniger eutrophierte Entwässerungsgräben in landwirtschaftlich geprägten Gebieten. Vorherrschende Arten sind hier *Polygonum* sp., *Potamogeton natans*, *Potamogeton pusillus* agg., *Groenlandia densa*, *Veronica beccabunga*, *Nasturtium officinale* und *Sparganium emersum*. Die umfangreiche Gruppe C setzt sich hauptsächlich aus etwas größeren Fließgewässern des Rheintals zusammen, die eher in der Talmitte lokalisiert sind und durchweg als Vorfluter von geklärten oder ungeklärten Abwässern der Industrie- und Siedlungsgebiete dienen. Ihre Vegetation ist artenreich, wobei besonders die Gruppe der Amphiphyten stark vertreten ist. Zu *Potamogeton natans* treten die charakteristischen Arten *Elodea canadensis*, *Fontinalis antipyretica* sowie die Gattung *Callitriche*. Oft werden sie von *Potamogeton pusillus* und *Ranunculus trichophyllus* begleitet. In der Gruppe D, die nur aus den Gewässern Harder Graben und Birkengraben besteht, können *Nuphar lutea* und *Glyceria maxima* als Charakterarten bezeichnet werden. Die Gewässer der Gruppe E (Hohenemser Ache und Verbindungsgraben) sind gekennzeichnet durch die eutraphente Art *Myriophyllum spicatum* und die nährstofftolerante Art *Potamogeton pusillus*.

5. Vorschläge für regionale Leitbilder für die Praxis der Gewässersanierung

Ein guter ökologischer Zustand der Oberflächen- und Grundwässer in der gesamten Europäischen Union bis zum Jahr 2015 ist das erklärte Ziel des Europäischen Parlaments, das zur Koordination der Bemühungen und Zielsetzungen die Wasserrahmenrichtlinie (WRR) erlassen hat. Danach sollen Gewässer auch anhand ihrer Makrophyten-Ausstattung beurteilt werden und gewässertypspezifische Leitbilder für die Praxis der Gewässersanierung definiert werden. In Tabelle 17 werden für die Fließgewässer der in Tabelle 9 ausgewiesenen Gewässergruppen B, C, D und E Leitbilder vorgeschlagen. Bei der Auswahl der Leitbilder standen die Ähnlichkeit des Artenspektrums sowie die Ähnlichkeit des Einzugsgebiets und der Beschaffenheit des Untergrunds im Vordergrund. Als „Leitbild-Arten“ werden jene Arten bezeichnet, die in den jeweiligen

Fließgewässern vorkommen und durch Sanierungsmaßnahmen eine Förderung erfahren sollen. *Groenlandia densa* erweist sich dabei als weitest verbreitete „Leitbild-Art“. „Störzeiger“ sind in den angeführten Fließgewässern die Arten *Elodea canadensis*, *Elodea nuttallii*, *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton pectinatus* und *Potamogeton crispus* in dominanter Mengenausprägung.

6. Einschätzung der regionalen Gefährdung der einzelnen Arten

Überregional werden 15 der 30 im Rahmen dieser Untersuchung erhobenen Hydrophyten-Arten nach der Roten Liste für Österreich zumindest als „gefährdet“ eingestuft (NIKL FELD 1999). Drei Hydrophyten-Arten und eine Amphiphyten-Art gelten sogar als „stark“ gefährdet und eine Hydrophyten-Art, *Potamogeton coloratus*, ist vom Aussterben bedroht.

Die Einschätzung der regionalen Gefährdung erfolgte anhand des Mittleren Mengenindex MMT, der nach der Länge der Standortgewässer gewichtet wurde. Dazu wurden die Makrophyten nach ihrer Häufigkeit vier „Präsenzklassen“ zugeordnet, wobei sich 18 Arten als „sehr selten“, 15 Arten als „selten“, 13 Arten als „eingeschränkt verbreitet“ und 13 Arten als „verbreitet“ erwiesen.

Aufgrund der vorliegenden Untersuchung können nur fünf von 30 Hydrophyten-Arten als „verbreitet“ bezeichnet werden. Auf nur ein bis drei Standorte beschränkt blieben elf Hydrophyten-Arten und müssen daher als „sehr selten“ bezeichnet werden. Ähnlich ist die Situation bei den Amphiphyten und bei den Helophyten.

Reaktionen einer Weizen-Wildkraut Gemeinschaft auf erhöhtes CO₂ im FACE-Experiment: Proteomik, Physiologie und Bestandesentwicklung

Simone Weber

Der Anstieg der atmosphärischen Kohlendioxid-Konzentration aufgrund anthropogener Einflüsse der letzten 150 Jahre stellt die wichtigste Komponente des globalen Klimawandels dar. Modelle prognostizieren auch für die Zukunft eine weitere Erhöhung des Kohlendioxides in unserer Atmosphäre, so dass mit einer zunehmenden Erwärmung der Erde und direkten Veränderungen der Pflanzenwelt zu rechnen ist.

Die meisten bisherigen experimentellen Studien zur CO₂-Wirkungsforschung wurden unter kontrollierten Bedingungen durchgeführt, während weltweit nur 30 Anlagen existieren, in denen Experimente unter Freilandbedingungen durchgeführt werden. Vor diesem Hintergrund waren die Ziele der vorliegenden Arbeit, die Auswirkungen erhöhter CO₂-Konzentrationen auf eine Pflanzen-Gemeinschaft hinsichtlich (i) des Pflanzenproteoms, (ii) der Physiologie,

(iii) der Bestandesentwicklung sowie (iv) der potentiellen Beziehungen zwischen diesen Wirkungskriterien unter Freilandbedingungen zu untersuchen. Dazu wurde eine Weizen-Wildkraut-Gemeinschaft mittels der Mini-FACE-Technologie zwei unterschiedlichen Behandlungen ausgesetzt: (a) *Ambient* (CO₂-Konzentration der Umgebungsluft, circa 380 ppm) und (b) *FACE* (*Ambient* + 150 ppm CO₂). Im Fokus der Untersuchungen standen die Kulturart Sommerweizen (*Triticum aestivum* cv. Triso) und die Wildkrautart Ackersenf (*Sinapis arvensis* L.) hinsichtlich ihrer biochemischen und physiologischen Reaktionen auf die CO₂-Behandlung. Der erstmalige Einsatz der SELDI-TOF-MS-Technologie auf dem Gebiet der CO₂-Wirkungsforschung ermöglichte die quantitative und qualitative Analyse kleinstmolekularer Proteine mit sehr geringen Konzentrationen, was mit den bisherigen Standardmethoden der Proteomik nur bedingt möglich war. Zusätzlich zu den biochemischen und physiologischen Analysen wurde während der Vegetationsperiode die Bestandesentwicklung mittels regelmäßiger Bestimmung der phänologischen Entwicklungsstadien und der Deckungsgrade untersucht.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass die Proteinmuster des Sommerweizens und des Ackersenfs aufgrund der CO₂-Exposition beeinflusst wurden. Diese Effekte äußerten sich nicht dahingehend, dass ein spezifisches Protein neu gebildet wurde, sondern in Form von Veränderungen der relativen Konzentrationen mehrerer Proteine. Das Ausmaß dieser Veränderungen war hierbei in beiden Arten von dem Entwicklungszustand abhängig, in dem sie sich zum Zeitpunkt der Untersuchung befanden. Das Proteinmuster der Blätter des Weizens wurde hauptsächlich während der generativen Pflanzenentwicklung beeinflusst. Demnach scheint dieser Zeitpunkt eine Phase besonderer Sensibilität gegenüber Umweltveränderungen zu sein. Insgesamt konnten drei Proteine identifiziert werden, die signifikant von erhöhten CO₂-Konzentrationen beeinflusst wurden. Hierbei handelt es sich um ein Protein aus dem Primärstoffwechsel der Pflanzen, den Saccharose-H⁺-Symporter aus den Körnern des Weizens. Dieses Protein stellt eine wichtige Kontrollstelle für den Saccharose-Import in die sich entwickelnden Körner dar. Die erhöhten Kohlendioxid-Konzentrationen scheinen folglich über eine Regulation der Saccharose-H⁺-Symporter aktiv in die Assimilatverteilung der Pflanzen einzugreifen. Darüber hinaus reagierten auch Proteine aus dem Sekundärstoffwechsel auf die CO₂-Begasung. Hier konnten das PR4-Protein in den Körnern und die LRR-Kinase in den Blättern identifiziert werden. Beide Proteine stehen in engem Zusammenhang mit der Abwehrreaktion der Pflanze gegenüber Pathogenen. Erhöhtes Kohlendioxid bewirkte in den vegetativen Organen eine Erniedrigung der Abwehrerkennung, was bei einem Befall von Pathogenen negative Auswirkungen auf die Pflanze haben kann.

Der Gehalt an löslichen Proteinen sowie der des Gesamt-Stickstoffs wurde in den Blättern des Sommerweizens erniedrigt, während das C/N-Verhältnis der Blätter zunahm. Demgegenüber wurden der relative Chlorophyll a-Gehalt und

die Entwicklung des Sommerweizens nicht beeinflusst, wodurch ein beschleunigtes Wachstum der Pflanzen unter erhöhtem CO₂ ausgeschlossen werden kann. Das vorliegende Reaktionsmuster weist demzufolge auf eine verbesserte Stickstoff-Nutzungs-Effizienz der Pflanzen unter erhöhten Kohlendioxid-Konzentrationen hin. Es kam nicht zu einer Förderung der Biomasse einzelner Sommerweizenpflanzen während der Vegetationsperiode, parallele Untersuchungen weisen jedoch auf ein erhöhtes Wachstum und einen höheren Ertrag der Pflanzen am Ende der Vegetationsperiode hin. Die Deckungsgrade des Weizens und der Wildkräuter wurden in keinem der beiden Untersuchungsjahre aufgrund erhöhter CO₂-Konzentrationen verändert. Die Resultate lassen den Schluss zu, dass einjährige ackerbaulich genutzte Systeme unter Freilandbedingungen zwar hinsichtlich der Proteomik und Physiologie starke Veränderungen zeigen, die Bestandesentwicklung jedoch aufgrund einer relativ kurzen Expositionsdauer nicht beeinflusst wurde. Die in dieser Studie nachgewiesenen Reaktionen auf Proteomebene könnten langfristig bei der Züchtung optimal angepasster Pflanzen eine bedeutende Rolle spielen.

Geobotanical study of Wadi Araba and Wadi Rum deserts in South West Jordan

Oraib Navash

Zusammenfassung

Diese Studie befasst sich mit den Vegetationsbedingungen der Wüsten im Wadi Araba und Wadi Rum in Jordanien. Im Wadi Araba wurden 105 Versuchsflächen an 12 Standorten in 4 unterschiedlichen Vegetationstypen untersucht. Im Wadi Rum wurden 23 Flächen an 4 Standorten bearbeitet. Ziel war, die Auswirkung menschlicher Aktivitäten, hauptsächlich des Tourismus, auf Böden und Vegetation von Sand- und Sandkies-Steppen zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurden die aktuelle Vegetation und die Bodenenzymaktivität von intensiv und extensiv genutzten Standorten verglichen. An beiden Standorten wurde die Diasporenbank erfasst. Daneben wurden die lokalen Standortfaktoren wie Klima, Geographie, Geologie, Geomorphologie und Böden bearbeitet. Ebenso wurde eine ökologische Risiko-Abschätzung auf der Basis vorhandener Daten erstellt.

Die Bearbeitung der Vegetation erfolgte nach der Methode von Braun-Blanquet. Die statistische Auswertung erfolgte unter Verwendung der Canonical Correspondence Analysis CCA und der Detrended Correspondence Analysis DCA. Auf dieser Basis erfolgte eine Einteilung der Vegetation in Gruppen, die Klassifizierung erfolgte unter Einbeziehung der Wechselwirkung von Vegetation und Umweltfaktoren. Aufgrund der unterschiedlichen Topographie und der verschiedenen Bodentypen finden sich im Wadi Araba unterschiedliche Vege-

tationstypen. Das untersuchte Gebiet umfasst Salzmarschen, unterschiedliche Sand- und Kieswüsten und Wassereinzugsgebiete in Felslandschaften.

Das typische Lebensformenspektrum des Wadi Araba bestand im Hauptteil aus Therophyten, Hemikryptophyten und Chamaephyten. Unter ihnen nahmen die Saharo-Arabischen Vegetationselemente den grössten Teil ein. Daneben fanden sich aufgrund der geographischen Nähe auch sudanische Florenelemente. Die Compositae und Chenopodiaceae stellten den Grossteil der Flora des Wadi Araba. Daneben waren Gramineae, Papilionaceae und Zygophyllaceae vertreten. *Fagonia glutinosa* und *Hammada salicornia* waren als häufigste Zwergsträucher vertreten. Letztere war in allen Untersuchungsflächen vertreten mit höherer Abundanz an den Sandstandorten. Die erstere fand sich hauptsächlich im Bereich von Versickerungsflächen und Wadis. *Acacia raddiana* war die häufigste Art in der Baumschicht. Häufigste Annuelle waren *Schismus arabicus*, *Aizoon cananriense*, *Bassia muricata*, *Ifloga spicata*, *Malva parviflora* und *Reichardia tingitana*. Hierbei handelt es sich um auf dem Sinai und der Arabischen Halbinsel häufig vertretene Arten. Unter den Segetalen war *Calotropis procera* am häufigsten. Das Vorkommen dieser Art beschränkt sich auf den Norden des Wadi Araba zwischen dem Toten Meer und dem Wadi Khnazeera. Unter den annuellen Ackerwildkräutern dominieren *Bassia muricata* und *Malva parviflora*.

Die Wassereinzugsgebiete zeigten den höchsten Artenreichtum (alpha-Diversität). Die geringste Diversität fand sich im Bereich der Salzmarschen und der Sanddünen. Die Standorte mit der höchsten Artenvielfalt waren die mit der niedrigsten species turn over (beta-turn over).

Alle untersuchten Standortfaktoren – Höhe ü. NN, Salinität, pH, Sand-, Kies- und Kalkgehalt der Böden - beeinflussten die Verteilung der Vegetation entlang des Wadi Araba. Wie die CCA Ordination zeigt, hatte hierbei die Salinität den stärksten Einfluss. Mit Hilfe der DCA Ordination konnte das Untersuchungsgebiet aufgrund der Vegetation und Böden in 7 verschiedene Gruppen unterteilt werden. Diese sind: *Nitraria retusa*, *Nitraria retusa-Juncus maritimus*, *Aeluropus littoralis*, *Acacia tortilis-Acacia raddiana*, *Juncus maritimus-Tamarix spec.*, *Hammada salicornica* und *Haloxylon persicum-Hammada salicornica*.

Saline Vegetation fand sich im Gebiet das an das Tote Meer grenzt und im Taba Sabkha im Süden des Untersuchungsgebiets. Hierbei dominierten Hydrohalophyten mit *Nitraria retusa*, *Juncus maritimus* und *Aeluropus littoralis*, zusätzlich zu anderen Halophyten wie *Zygophyllum album*, *Tamarix milotoca*, *Tamarix macrocarpa* und *Tamarix palaestina*. Diese Vegetationstypen fanden sich aufgrund der Bodenfeuchte und Salinität an beiden Standorten.

Im Wadi Araba fanden sich verschiedene Sanddünen-Typen. Unter anderem wurden lineare Sanddünen, Nabkhas und sandige Ebenen untersucht. *Haloxylon persicum* war der häufigste Strauch in allen 3 Sanddünentypen. Aufgrund extremer Umweltbedingungen wie Dünenwanderung und geringer jährlicher

Niederschläge im Bereich der Lineardünen im Vergleich zu anderen Sandstandorten, wiesen diese Dünen den niedrigsten Anteil an Annuellen auf. *Haloxylon persicum*, *Hammada salicornica* und *Nitraria retusa* waren die einzigen Vertreter im Bereich der Sanddünen. Die Letzteren wuchsen an der Basis der Dünen, die Ersteren auf der Dünenkrone. Die Deckung der Vegetation war in den Bereichen zwischen den Dünen geringer als auf Dünenkrone und –Basis. Diese Bereiche waren trocken und zeigten eine spärliche Verteilung von Nabkhas mit den erwähnten Arten. Die durch *Haloxylon persicum* gebildeten Nabkhas im Wadi Araba werden als Mikro-Nabkhas charakterisiert. Sie breiten sich in erster Linie horizontal statt vertikal aus. Auf ihrer Leeseite zeigt sich eine hohe Abundanz von Annuellen, vor allem *Plantago cylindrica*. Die sandigen Ebenen werden von typischen Psammophyten wie *Eremobium aegyptiacum*, *Linaria haelava*, *Plantago spec.*, *Traganum nudatum* und *Neurada procumbens* dominiert. *Calligonum comosum*, normalerweise häufigster Psammophyten-Strauch, tritt allerdings aufgrund des hohen Weidedrucks auf diese Art selten auf. Im Bereich der Felswüste (Hammada) dominieren holzige Akazien. *Acacia tortilis* trat häufiger auf als *Acacia raddiana*. Letztere zeigt mit ihrem Standort im Ablaufbereich der Wadis ihren höheren Wasserbedarf.

Die Akazien-Gesellschaften dominieren die Steilhänge der Berge und die Wadis. Sie traten konzentriert entlang der Rinnsale auf, die sich durch das Wüstenpflaster ziehen. In Begleitung der Akazien-Gesellschaften fanden sich hauptsächlich Zwergsträucher wie *Anabasis articulata*, *Lycium shawii* und *Hammada salicornica*.

Wadis und Straßengräben waren die feuchtesten Standorte im Wadi Araba. Hierbei fungieren die Strassenkanten als Damm bzw. Barriere, die sowohl Wasser, Sedimente und Samen aufstauen und dadurch die Artendichte erhöhen. Regelmässig an diesen Standorten beobachtete Arten waren *Fagonia glutinosa*, *Ochradenus baccatus*, *Acacia raddiana* und *Zilla spinosa*.

Im Gebiet des Wadi Rum dominierten die Familien Cruciferae und Compositae neben Papilionaceae und Liliaceae. Die Mehrheit dieser Arten haben ein Saharo-Arabisches Verbreitungsspektrum. *Astragalus tribuloides* war die häufigste Annuelle im Wadi Rum. Während es in den Sandebenen keine Bäume gab, waren Chamaephyten häufig und bildeten die permanente Vegetation mit *Anabasis articulata* and *Hammada salicornica*. *Retama raetam* war der häufigste Strauch, wohingegen *Haloxylon persicum*, vom Vieh bevorzugt gefressen, geringere Abundanz zeigte.

Die CCA-Ergebnisse zeigen, dass der Sand-, Kies- und Kalkgehalt der Böden eine wichtige Rolle für die Artenverteilung spielt. Aufgrund der DCA konnte die Vegetation in 4 Gruppen unterteilt werden. Grundlage hierfür war der Sand- und Steinanteil der Böden. *Anabasis articulata* kennzeichnet die erste Gruppe mit dem höchsten Steinanteil und Kalkgehalt. Die anderen drei waren die Ana-

basis articulata-*Haloxylon persicum*, *Helianthemum lippii*, und *Hammada salicornica*-*Anabasis articulata* Gruppen.

Die Sand- und Kiesstandorte hatten eine signifikant höhere Deckung der Strauchschicht als die reinen Sandstandorte. Ursache hierfür ist wieder der hohe Weidedruck, da diese Standorte hauptsächlich von Arten wie *Hammada salicornica* und *Helianthemum lippii* dominiert werden, die vom Vieh gerne angenommen werden. Wohingegen auf den sandig-kiesigen Böden ungenießbare Arten wie *Anabasis articulata* und *Hammada salicornica* dominierten.

Die höhere Diversität der Flora im Wadi Araba im Gegensatz zum Wadi Rum führt zu der Schlussfolgerung, dass ein heterogenes Gebiet über eine höhere Artenvielfalt verfügt als ein homogenes Habitat.

Die Zusammensetzung der Diasporenbank spiegelt die jeweiligen Standortbedingungen im Wadi Rum und Wadi Araba wider. Im Gebiet des Wadi Araba fand sich die höchste durchschnittliche Samenzahl pro Probe im Strassengraben der Qatar Strasse, welche auch über die höchste Artenzahl verfügte. Im Wadi Rum fand sich die geringste durchschnittliche Samenzahl am Standort Khor Rum, der auch über die geringste Vegetations-Deckung und die schwächste Boden-Enzym Aktivität verfügte. Im Gegensatz zu anderen Ökosystemen wie beispielsweise Sumpf- und Steppengesellschaften verfügt das Wadi Rum über geringere Boden-Enzym Aktivität. Die Böden verfügen über wenig organischen Kohlenstoff und Stickstoff und haben höhere pH-Werte. Der Zustand der Vegetation spiegelt sich deutlich in der Boden-Enzym Aktivität wider. Die höchste Enzym Aktivität wurde für das Khmelat Rum gemessen, wohingegen die geringste Aktivität im Khor Rum gemessen wurde.

Die Rolle des Tourismus auf das Wadi Rum lässt sich nur schwer beurteilen, da das Gebiet nicht vor Beweidung geschützt wird. Die Auswirkung der Beweidung lässt sich unmittelbar und weitaus deutlicher als die des Tourismus erkennen. Die extensiv genutzten Standorte wiesen im Gegensatz zu den intensiv genutzten Standorten eine höhere Deckung der Strauchschicht auf. Dieser Unterschied war allerdings nicht signifikant. Zusätzlich zu den unterschiedlichen Umwelt-Einflüssen spielt auch der Mensch eine entscheidende Rolle in der Verbreitung der Arten im Untersuchungsgebiet. Die Überweidung, der Tourismus, die Landwirtschaft und der Bergbau sind die Hauptursache für die Habitatzerstörung. Die Stabilisierung, Kontrolle und Rehabilitation dieser Ökosysteme stellt ein wichtiges und dringendes Ziel dar.

Forschungsprojekte

Die Liste der Projekte ist wie folgt gegliedert:

- a) Titel
- b) Stichworte zum Inhalt
- c) Betreuer(in), Bearbeiter(in)
- d) Finanzierung

Fachgebiet Landschaftsökologie und Vegetationskunde

(1) Schwerpunkt „Vegetation, Ökologie und Management von Fließ- und Stillgewässern“

(1.1) Fließgewässer

Die Untersuchungen über die Makrophyten-Vegetation der Baden-Württembergischen Donau und wichtiger Seitengewässer wurde im Jahr 2004 fortgesetzt. Im Auftrag des Landes Baden-Württemberg wurden die Wasserpflanzen der Donau, von Altarmen und Kanälen zwischen Donaueschingen und Ulm unter Leitung des Institutes für Landschafts- und Pflanzenökologie in Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern der Universität Gödöllö in Ungarn kartiert. Die Arbeiten hatten zum Ziel, einen Beitrag zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie im Bereich der Donau unseres Bundeslandes zu liefern. Gleichzeitig wurde mit den Untersuchungen eine Lücke im internationalen Donau-Projekt MIDCC geschlossen. In diesem internationalen Forschungsvorhaben wird die Makrophyten-Vegetation der gesamten Donau von den Quellflüssen bis zur Mündung in das Schwarze Meer nach einer einheitlichen Erhebungs- und Auswertungsmethode bearbeitet. An der Erarbeitung des methodischen Instrumentariums war das Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie in den letzten Jahrzehnten in erheblichem Umfang beteiligt. Die Gesamtleitung des internationalen MIDCC-Projektes liegt bei Prof. Dr. Georg Janauer, Universität Wien (www.midcc.at) und soll im Jahr 2005 abgeschlossen werden. Der Bericht über die Untersuchungen an der Baden-Württembergischen Donau liegt seit 30. November 2004 dem Regierungspräsidium Tübingen vor. Eine Veröffentlichung ist in Vorbereitung.

Mit den Forschungsarbeiten wird ein aktueller qualitativer und quantitativer Beitrag zur Kenntnis der Wasservegetation, zur Biodiversität, zur Bioindikation und zur Bewertung der Gewässer für die Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie geleistet. Ferner wird ein Beitrag zur Veränderung der Makrophyten-Vegetation der Baden-Württembergischen Donau in den vergangenen Jahrzehnten erbracht.

Die Forschungsarbeiten zur Makrophyten-Vegetation von Fließgewässern wurden im Jahre 2005 fortgesetzt. Eine wichtige Rolle spielen Langzeituntersu-

chungen (Monitoring) der Vegetation von Fließgewässern im süddeutschen Raum. In Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Peter Poschlod, Universität Regensburg wurde das Niedermoorfließgewässer Moosach (Münchener Ebene) seit 1970 zum 7. mal nach der von uns entwickelten Methode untersucht (Erstkartierung 1970). In Kooperation mit der Universität Gödöllő/Ungarn (Prof. Dr. K. Penksza, E. Falusi) konnten im Sommer 2005 die Fließgewässer der Friedberger Au bei Augsburg seit 1972 zum 8. Mal nach der selben Methode kartiert werden. Mit diesen Untersuchungen können wichtige Aussagen über Vegetationsveränderungen und deren Ursachen gemacht und Beiträge zur ökologischen Bewertung zum Fließgewässer-Monitoring im Sinne der EU-Wasserrahmenrichtlinie geliefert werden.

Fließgewässer-Schwerpunkte der Makrophyten-Fließgewässerforschung lagen im Jahre 2006 auf der Auswertung und Präsentation der Ergebnisse des Donau-Projektes der Langzeituntersuchungen and den Fließgewässersystemen der Friedberger Au bei Augsburg und der Moosach in der Münchener Ebene. Die Ergebnisse wurden auf verschiedenen Tagungen in Form von Postern und Vorträgen präsentiert. Im Rahmen der EU-Wasserrahmenrichtlinie galt besonderes Interesse den Bewertungsverfahren der Fließgewässer mit Hilfe von Makrophyten und den Möglichkeiten und Grenzen von Monitoring-Programmen. Publikationen zu diesen Themen sind in Vorbereitung.

1. a) Die Makrophyten-Kartierung der Donau in Baden-Württemberg nach der EU-Wasserrahmenrichtlinie
 b) Makrophyten-Vegetation der Donau und ihrer Stehgewässer zwischen Donaueschingen und Ulm
 c) A. KOHLER, W. SCHÜTZ, U. VEIT, V. SIPOS, E. FALUSI, K. PALL, R. BÖCKER
 d) Land Baden-Württemberg
2. a) Langzeitstudie über die Makrophyten-Vegetation der weichen Fließgewässer Naab und Pfreimd (Oberpfälzer Wald)
 b) Die Makrophyten-Kartierungen von 1972, 1980 und 1988 wurden im Jahre 2004 nach der selben Methode wiederholt.
 c) P. POSCHLOD, A. KOHLER, G.-H. ZELTNER, A. SEEMANN, ST. ROAUER, S. HARTL, J. ENGELS
 d) Universität Regensburg
3. a) Langzeitstudie über die Veränderung der Makrophyten-Vegetation der Moosach (Münchener Ebene)
 b) Die Makrophyten-Vegetation der Moosach (ältestes Forschungsobjekt der Arbeitsgruppe) wurde seit 1970 im Jahre 2005 zum 7. Mal nach der im Institut entwickelten Methode kartiert.
 c) P. POSCHLOD (Universität Regensburg), A. KOHLER, G.-H. ZELTNER, O. WIESMANN (Universität Regensburg)
 d) privat, Zulassungsarbeit zum Staatsexamen, in Bearbeitung, Universität Regensburg

4. a) Langzeitstudie über die Veränderung der Makrophyten-Vegetation der Fließgewässer der Friedberger Au bei Augsburg
 - b) Die Makrophyten-Vegetation der Fließgewässer der Friedberger Au wurde seit 1972 nach der im Institut entwickelten Methode im Jahre 2005 in Zusammenarbeit mit der Universität Gödöllö/Ungarn zum 8. Mal kartiert.
 - c) A. KOHLER, U. VEIT, K. PENKSZA (Universität Gödöllö), E. FALUSI (Universität Gödöllö)
 - d) Geschwister-Stauder-Schenkung, privat; Dissertation, in Bearbeitung, Universität Gödöllö/Ungarn
5. a) Warum wachsen im Oberlauf der Brenz und im Itzelberger See keine Wasserpflanzen mehr?
 - b) Makrophyten-Vegetation in Fließgewässern (04/2005-12/2006)
 - c) K. SCHMIEDER, S. HASSAN, U. VEIT, H. SPITZBARTH, R. SMETANA, G.-H. ZELTNER
 - d) Regierungspräsidium Stuttgart

(1.2) Stillgewässer

1. a) Entwicklung von automatisierbaren Fernerkundungsverfahren zur effektiven Unterstützung von Planungsprozessen in der Uferzone von Seen (EFPLUS)
- b) Flächendeckende und räumlich hochaufgelöste Informationen über den Zustand der Uferzone von Gewässern sind für die Bewertung von entscheidender Bedeutung. Die Erhebung solcher Informationen für größere Gewässer wie dem Bodensee oder eine Vielzahl von Kleingewässern durch Feldeinsätze, Messkampagnen und photogrammetrische Auswertung bedeutet hohen Personal- und Zeitaufwand. Digitale automatisierte Verfahren wurden mit dem Betrieb von satellitengestützten Scannern vor allem im terrestrischen Bereich erfolgreich entwickelt und eingesetzt. Diese Verfahren scheiterten im aquatischen Bereich aber häufig an der zu geringen räumlichen und spektralen Auflösung der Scanner und der höheren Komplexität der Anwendungen in Bezug auf die unterschiedlichen Medien Luft und Wasser, die bei der Charakterisierung der kleinräumigen Variabilität des Bewuchses der Flachwasserzonen von Seen zu berücksichtigen sind.
Das übergreifende Ziel des Verbundprojekts EFPLUS ist die Bereitstellung von automatisierten Verfahrensabläufen zu Seeufermonitoring und -bewertung. Dabei liegt der Schwerpunkt insbesondere auf der Anwendbarkeit der Ergebnisse in der Praxis. Die Forschungsaufgaben liegen in folgenden Bereichen:
 - Entwicklung von automatisierbaren Verfahren zur räumlich hochaufgelösten flächendeckenden Kartierung von Ufervegetation und submersen Litoralflächen

- Validation und Bewertung der ableitbaren Größen hinsichtlich Datenqualität sowie der Nutzbarkeit als bioindikatorische Parameter
 - Konzept zum effektiven Einsatz traditioneller Erhebungen (ground truth) auf der Basis der Fernerkundungsprodukte
 - Entwicklung von Instrumenten zur Gewässerbewertung auf der Basis fernerkundlicher Daten für submerse und Ufervegetation
 - Nutzbarmachung des Instrumentariums für die Wasserwirtschaft
Das Projekt läuft bis Oktober 2005.
- c) R. BÖCKER, K. SCHMIEDER, A. WOITHON
 - d) BWPlus
2. a) Development of Measures for a Sustainable Shore Management of Lake Sevan (Armenia) on Base of Shore Vegetation as Bioindicators by Application of Remote Sensing and GIS Techniques (SEMIS)
 - b) Die Ziele des Projektes sind die Erfassung der Makrophyten der Seeuferzone und ihre Nutzung als Bioindikatoren für die Wasserqualität. Weiterhin soll die Akkumulation von toxischen Substanzen (Schwermetalle) in den Makrophyten analysiert werden (01/2006-12/2008).
 - c) R. BÖCKER, K. SCHMIEDER, L. VARDANYAN, H. SAYADYAN, TH. AGYEMANG, J. HEBLINSKI
 - d) VW-Stiftung, Hannover
3. a) Einsatz von Fernerkundungsverfahren zur Erfassung der Seeufervegetation als Bioindikatoren im Katenah-See (Syrien)
 - b) Die Ziele des Projektes sind die Erfassung der Makrophyten der Seeuferzone und ihre Nutzung als Bioindikatoren für die Wasserqualität. Durch Vergleich mit früheren Fernerkundungsdaten sollen Veränderungen dokumentiert werden.
 - c) R. BÖCKER, K. SCHMIEDER, S. HASSAN
 - d) DAAD
4. a) Sicherung von Flusslandschaften, Beispiel – Tagliamento, Friaul/Italien
 - b) Seit 20 Jahren bemühen sich Wissenschaftler verschiedener Disziplinen, die letzte Wildflusslandschaft Mitteleuropas zu sichern. Geländeerhebungen hierzu finden statt, um die Arbeiten von Prof. Poldini (Universität Triest) zur Sicherung des Auenbereiches zu unterstützen.
 - c) N. MÜLLER (FH Erfurt), A. V. HEßBERG (Universität Bayreuth), R. BÖCKER, M. KOLTZENBURG (Universität Tübingen)
 - d) -

(2) Landschaftspflege und Naturschutz

1. a) Weidemanagement und Offenhaltung der Kulturlandschaft „Floristische und vegetationskundliche Untersuchungen zur Erfolgskontrolle von Beweidungsprojekten in Muldingen, Weisenbach und Litzelstetten“
 b) Erarbeitung grundsätzlicher Aussagen zur Offenhaltung. Begleituntersuchungen zur Ziegenbeweidung in Baden-Württemberg
 c) R. BÖCKER, F. WAGNER (Doktorand), M. DIRK, G.-H. ZELTNER, K. SCHMIEDER
 d) Naturschutzfonds Baden-Württemberg, Institut
2. Dauerflächenaufnahmen; Langzeituntersuchungen zur Dokumentation von Vegetationsveränderungen in unerschiedlichen Lebensräumen
 a1) Vegetationskundliche Erhebungen auf Sandtrockenrasen in Berlin. Dauerflächen (seit 1968) und Transektaufnahmen, 5-jährliche Wiederholung
 b1) Sukzessionsdokumentation eines Magerrasens (Naturdenkmal Windmühlenberg), Erfassung spontaner Gehölzverjüngung
 c1) R. BÖCKER
 a2) Vegetationsmonitoring eines Nasswiesenschutzgebietes (Berlin-Tegel), seit 1972, 5-jährliche Wiederholung
 b2) 40 Dauerflächen werden regelmäßig analysiert, die Veränderungen der Vegetation werden in Karten dokumentiert (Endauswertung 2007).
 c2) R. BÖCKER
3. a) Natur- und Artenschutz durch Weidemanagement
 b) Untersuchungen zur Pflege und Entwicklung von Wiesenschutzgebieten im Landkeis Tübingen. Einfluss von Nutzungsregime, Wasserhaushalt und Beweidung (Schafe, Pferde, Rinder, Ziegen) auf die Vegetation; Sukzession in gezäunten Beobachtungsflächen; Erarbeitung von Vorschlägen für ein naturschutzorientiertes Management
 c) R. LUICK, R. BÖCKER, F. WAGNER (Promotion in Zusammenarbeit mit der FH Rottenburg)
 d) Landwirtschaftsministerium Baden-Württemberg
4. a) Verbreitung, und Bedeutung von Steuobstwiesen in Baden-Württemberg und deren Naturschutzwert
 b) Charakterisierung des Ökosystems Streuobstwiese Baden-Württembergs; vegetationskundliche und standortkundliche Untersuchungen; Vegetationsaufnahmen in Streuobstlandschaften Baden-Württembergs; historischer Wandel des Streuobstbaus. Werteverluste und Naturschutzaspekte
 c) Luftbilddauswertung für das Gesamtgebiet/Zusammenarbeit mit G. KAULE (Universität Stuttgart) und S. RÖSLER (NABU), R. BÖCKER, K. SCHMIEDER (2 Promotionen, 10 Diplomarbeiten abgeschlossen)
 d) Institut

5. a) Ackerwildkrautflora Reservat Beutenlay
Reservat zur Erhaltung landschaftstypischer Acker-Begleitpflanzen. Demonstration typischer Landschaftselemente der Schwäbischen Alb
- b) Das seit ca. 1970 bestehende Schutzgebiet hat als Feldflora-Reservat weit über Baden-Württemberg hinaus Bedeutung erlangt. In einer vegetationskundlichen Grundaufnahme wurde 2003 der aktuelle Zustand erfasst. 2004/2005 wurden weitere floristisch-vegetationskundliche Daten erhoben und Vorschläge für die zukünftige Bestellung erarbeitet, um die seltenen Acker-Begleitpflanzen zu erhalten.
- c) R. BÖCKER, K. ZÖFEL (Diplomarbeit 2004) mit R. LENZ (FH Nürtingen)
- d) Institut, Stadt Münsingen

(3) Schwerpunkt „Agrar- und Landökosysteme in subtropischen und semiariden Gebieten“

1. a) Nachhaltige Landwirtschaft in der nordchinesischen Tiefebene
- b) Erfassung und Bewertung spontaner Flora, Fauna und Vegetation eines Versuchsstandortes sowie Biotopkartierung in Raum Peking. In Zusammenarbeit mit der Chinese Agricultural University (CAU); Abschluss 2004
- c) R. BÖCKER, W. AEY, R. PRASSE, HU ZHENRONG
- d) BMBF
2. a) Schutzbedürftigkeit und Reetablierung von Vegetation im Wadi Rum (Jordanien)
- b) Beschreibung degradiertter Vegetation eines Tourismusschwerpunktes in Süd-Jordanien. Reetablierungsmaßnahmen mittels "restauration ecology" und populationsbiologischer Verfahren (Abschluss 2006)
- c) R. BÖCKER, O. NAVASH
- d) DAAD
3. a) Vergleich mediterraner Ökosysteme – Libanon/Kalifornien
- b) Arbeiten zur Charakterisierung und Zonierung von Ökosystemen unter ariden mediterranen Bedingungen (Abschluss 2007)
- c) R. BÖCKER, Y. ATALLAH, C. E. JONES (California State University/USA)
- d) DAAD
4. a) Die Bedeutung neophytischer Gehölze in Syrien
- b) Vergleiche spontaner Wälder mit entsprechenden Arten im Südwesten Deutschlands und in Syrien
- c) R. BÖCKER, S. KARZON
- d) DAAD

5. a) Biodiversität in Mangroven-Wäldern in Bangladesh
 b) Sicherung der Biodiversität ausgedehnter Mangroven-Wälder in Bangladesh. Erfassung und Beschreibung der Standortparameter und der Vegetation. Erarbeitung von Vorschlägen für eine langfristige Sicherung eines Weltkulturerbe-Reservates (Abschluss 2007)
 c) R. BÖCKER, H. SHEIK OR RASHID
 d) DAAD, Eiselen-Stiftung
6. a) Vegetation auf Salzstandorten in Mittel- und Osteuropa
 b) Beschreibung vergleichbarer Vegetationstypen in Deutschland, Ungarn und dem mittleren und unteren Wolgaraum. Taxonomie der Arten, Syn-taxonomie der Pflanzengesellschaften und die ökologischen Standortbedingungen
 c) R. BÖCKER, T. LYSENKO (Togliatti, Akademie der Wissenschaften RU)
 e) DAAD, DFG
7. a) Vegetation küstenferner Gebiete in West-Syrien
 b) Die Vegetation des Alzawieh-Gebirges bei Edlib (zwischen Aleppo und Hama) ist durch Verkarstung und Übernutzung geprägt. Die Analyse der aktuellen Vegetation soll Ansätze für eine nachhaltige Landwirtschaft unterstützen.
 c) R. BÖCKER, A. KHATIB
 d) DAAD

(4) Schwerpunkt „Landschaftsökologische Moorkunde“, Mooranalyse

Ausgewählte Moorgebiete Südwestdeutschlands (Schwäbische Alb, württembergisches Alpenvorland, Baar) werden hydrologisch-entwicklungsgeschichtlich charakterisiert und ihre Vegetation sowie Standorttypen beschrieben. Langfristig wird mit Hilfe dieser Grundlagen eine Flächenbilanz der Moortypen und deren Beeinflussung durch den Menschen angestrebt. Weiterhin werden in Moorkomplexen verschiedene Renaturierungsmaßnahmen durchgeführt und mit Hilfe eines Dauerbeobachtungsprogramms auf ihren Erfolg hin kontrolliert.

1. a) Regenerations- und Renaturierungsmaßnahmen im Schwenninger Moos
 b) Untersuchungen zur Regenerationsfähigkeit in einem degradierten ehemaligen Regenmoorkomplex in Abhängigkeit von Topographie und Wasserhaushalt. Nährstoffverhältnisse und Vegetationsentwicklung überstauter Flächen; Einrichtung von Dauerbeobachtungsflächen zur Untersuchung des Torfmooswachstums (Abschluss 2006)
 c) R. BÖCKER, M. RÖHL
 d) BNL Freiburg
2. a) Wiedervernässung und Wiederherstellung der hydrologischen Voraussetzungen für das Moorschutzgebiet Schwenninger Moos
 c) R. BÖCKER, M. RÖHL

3. a) Hydrologisch-entwicklungsgeschichtliche und vegetations-standortskundliche Charakterisierung von Mooren Baden-Württembergs
- b) Charakterisierung und Bewertung von ausgewählten Moorkomplexen Baden-Württembergs aus moorkundlicher Sicht; Transektmethode, Torfprofile, Großrestanalyse, Vegetationskartierung, Wasserhaushalt, Nährstoffhaushalt, Porenwasser- und Torfanalysen, Nutzung
- c) R. BÖCKER, U. SCHUCKERT, M. RÖHL

(5) Schwerpunkt „Stadt- und Siedlungsökologie“

Die ökologische Gliederung urbaner Räume wird auf verschiedenen Maßstabsebenen vorgenommen, um planungsrelevante Grundlagen für den Umwelt- und Naturschutz in der Stadt zu erarbeiten. Exemplarisch werden Untersuchungen in Stuttgart unter Verwendung von GIS (Arc/Info) durchgeführt. Abiotische Faktoren, Flächennutzung und Strategien der Pflanzenarten sollen zur kausalen Interpretation der vorkommenden Arten beitragen.

1. a) Flora der Stadt Stuttgart
- b) Erhebungen zu einer aktuellen Flora von Stuttgart; auf 1/64 MTB-Raster soll ein Verbreitungsatlas der Pflanzen des gesamten Stadtgebiets Stuttgarts angefertigt werden; Übertragung in FLOREIN und GIS (Arc/Info); Auswertungen aktueller und historischer Daten
- c) R. BÖCKER, R. HOFBAUER, N. BÖHLING, F. STERN, Bot. Arbeitskreis Stuttgart
2. a) Bewertung von Freiflächen im Siedlungsraum
- b) Im europäischen Rahmen wird die Bedeutung innerstädtischer Freiräume („urban greenspace“) für die Bevölkerung bearbeitet. Hier: Teilaspekt „Stadtökologie“. Unsere Arbeitsgruppe hat die Aufgabe, den ökologisch-vegetationskundlichen Beitrag in die übergreifenden Bewertungen einzuführen. Im EU-Projektverbund mit Zürich, Eindhoven, Dublin, Aberdeen und Barcelona (Abschluss 2004)
- c) R. BÖCKER, N. BÖHLING
- d) Europäische Union
3. a) Floren- und Vegetationsanalysen im Stadtraum
- b) Beiträge für den Natur- und Artenschutz in Städten (Berlin/Stuttgart), Arbeiten zur Flora von Stuttgart und Berlin
- c) R. BÖCKER, N. BÖHLING, R. HOFBAUER und weitere

(6) Schwerpunkt „Neophyten“

Die Aus- und Verbreitung neophytischer Gehölze in Süd-Westdeutschland wird über Feldaufnahmen dokumentiert. Die Standorte der Gehölze werden charakterisiert. Potentielle Arten werden auf ihre Etablierungschancen getestet.

1. a) Spontane Gehölze in Stuttgart in Zusammenarbeit mit dem Rosensteinmuseum Stuttgart
 b) Dokumentation und Beschreibung spontan in Stuttgart auftretender Gehölze, sowie ihrer Ausbreitungstendenzen
 c) R. BÖCKER
2. a) Artenaufnahme, Vegetations- und Standortbeschreibung, Dauerflächendokumentation Robinienwälder, Ansaatversuche, Etablierungsdokumentation
 b) Seit 1992 werden Robinienwälder im Raum Stuttgart analysiert und ihre Veränderung dokumentiert, Flächenmonitoring
 c) R. BÖCKER, M. DIRK
 d) Geschwister Stauder Schenkung
3. a) Neophytische Vorkommen von *Rhododendron ponticum* in Westeuropa
 b) Beiträge zur Biologie, Ver- und Ausbreitung sowie den Möglichkeiten einer Arealeingrenzung
 c) R. BÖCKER, B. SCHÄFER
4. a) Neophyten in Baden-Württemberg
 b) Seit 1995 werden Daten und Belege zur Ausbreitung von Neophyten in Baden-Württemberg zusammengetragen. Diese Daten sollen mit dem aktuellen Klima-Phänomen in Bezug gesetzt werden.
 c) R. BÖCKER, Dipolomanden, BAS (Botanische Arbeitsgemeinschaft Südwest-Deutschland)

Fachgebiet Pflanzenökologie und Ökotoxikologie

- (1) Schwerpunkt „CO₂-Wirkungsforschung, Biodiversität und globale Veränderungen“**
1. a) Wirkung erhöhter atmosphärischer CO₂-Konzentrationen auf die Sukzession der Ackerbegleitflora
 - b) Experimentelle Untersuchungen im Freiland zur Wirkung von steigenden CO₂-Konzentrationen auf die Ackerbegleitflora. Erhebungen auf den Skalen Ökophysiologie, Phänologie, Ertrag, Populationsdynamik, Stoffkreisläufe
 - c1) A. FANGMEIER, M. ERBS (Dissertation, in Bearbeitung)
 - c2) A. FANGMEIER, S. WEBER (Dissertation, abgeschlossen 2006)
 - c3) A. FANGMEIER, Y. SUN (Masterarbeit, abgeschlossen 2005)
 - c4) A. FANGMEIER, G. GUIDI (Diplomarbeit, abgeschlossen 2006)
 - c5) A. FANGMEIER, S. REIN (Diplomarbeit, abgeschlossen 2006)
 - c6) A. FANGMEIER, G. BERMEJO (Masterarbeit, abgeschlossen 2006)
 - d1) DFG (Graduiertenkolleg 259)
 - d2) Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft
 2. a) Interaktion zwischen erhöhten atmosphärischen CO₂-Konzentrationen und Schädlingen von Getreiden
 - b) Experimentelle Untersuchungen im Freiland und in Klimakammern zur Wirkung von steigenden CO₂-Konzentrationen auf die Befallsintensität mit Pflanzenkrankheiten
 - c) A. FANGMEIER, V. KRYVYNETS (Dissertation, in Bearbeitung)
 - d) Eigenmittel
 3. a) Zusammenhang zwischen Biodiversität und Kohlenstoffkreislauf in Ökosystemen mit annueller Vegetation
 - b) Experimentelle Untersuchungen in Klimakammern zur Wirkung von veränderter pflanzlicher Artendiversität unter verschiedenen CO₂-Szenarien auf den ökosystemaren Kohlenstoffkreislauf
 - c) A. FANGMEIER, S. REIN (Dissertation, in Bearbeitung)
 - d) DBU (Deutsche Bundesstiftung Umwelt)

(2) Schwerpunkt „Wirkungen N-haltiger Immissionen aus der Tierhaltung“

1. a) The Contribution of Nitrogen Deposition to the Nitrogen Budget of North China Plain Production Systems
- b) Erfassung der Deposition reaktiver Stickstoffverbindungen in der Nordchinesischen Tiefebene mittels physiko-chemischer und biologischer Methoden
- c) A. FANGMEIER, J. KOPSCH (Doktorandin)
- d) Deutsche Forschungsgemeinschaft (Internationales Graduiertenkolleg 1070)

(3) Schwerpunkt „Schwerpunkt Ozonwirkungen auf die Vegetation, Erstellen von critical levels für Ozon“

1. a) Biomonitoring von Ozon mit Kleeclonen und Wildkrautarten
- b) Exposition von Kleeclonen mit unterschiedlicher Ozonresistenz und von neu zu testenden Wildkrautarten im Freiland und in Expositionseinrichtungen; Arbeit ist Bestandteil des Bioindikationsprogramms der UN/ECE-Gruppe ICP-Vegetation
- c) A. FANGMEIER, A. KLUMPP
- d) Eigenmittel

(4) Schwerpunkt „Schwermetalle in der Umwelt“

1. a) Biomonitoring von Cadmium im Nahrungsnetz einer geogen belasteten Region in Baden-Württemberg
- b) Nahrungsnetzanalyse und Testung auf die Eignung als Bioindikatororganismen
- c) A. FANGMEIER, K. WEDLICH (Diplomarbeit 2005)
- d) Eigenmittel

(5) Schwerpunkt „Biologische Testverfahren“

1. a) Entwicklung biologischer Testverfahren
- b) Entwicklung und Anwendung ökotoxikologischer Testmethoden mit Hilfe von Collembolen
- c) A. FANGMEIER, Frau Dr. MÜTHER-PAUL (Fa. GAB-Biotech)
- d) Fa. GAB-Biotech
2. a) Entwicklung biologischer Testverfahren
- b) Entwicklung und Anwendung ökotoxikologischer Testmethoden mit Hilfe Höherer Pflanzen
- c) A. FANGMEIER, B. S. REDDY (Dissertation, in Bearbeitung)
- d) Eigenmittel, Umweltbundesamt

(6) Schwerpunkt „Umweltbelastung durch Feinstäube“

1. a) Feinstaubbelastung im Bereich des Campus der Universität Hohenheim
- b) Messkampagnen mit Feinstaubsammler und Analyse auf die potenzielle Herkunft ermittelter Feinstaubbelastungen
- c) A. FANGMEIER, K. TÖGEMANN (Diplomarbeit, in Bearbeitung)
- d) Geschwister Stauder Schenkung

(7) Schwerpunkt „Angewandte Umweltanalytik“

1. a) Monitoring von Fluorbelastungen in der Nähe einer Industrieanlage
- b) Anwendung von Monitorverfahren mit Bioindikatoren und Passivsammlern zur Ermittlung der Fluorbelastung in der Nähe eines Emittenten
- c) A. FANGMEIER, J. FRANZARING, C. SCHUMM (Diplomarbeit, abgeschlossen), D. ZHUNUSBAYEVA (Masterarbeit, in Bearbeitung)
- d) Industrie

IV. Publikationen**2004**

- ANSEL, W., KLUMPP, A. & G. KLUMPP (2004): Public relations in the Euro-Bionet project: theory and practice. In: KLUMPP, A., W. ANSEL and G. KLUMPP (eds.): Urban Air Pollution, Bioindication and Environmental Awareness. Cuvillier Verlag, Göttingen: 175-183.
- BÖCKER, R., KÖSTLER, H., STÖHR, M. (2004): Landschaft und Information. Beiträge zum Einsatz der elektronischen Datenverarbeitung in Naturschutz und Landschaftsplanung. Hrsg.: BÖCKER, R., Ber. Inst. Landschafts- Pflanzenökologie Univ. Hohenheim, Beiheft 19: 166 S.
- BÖCKER, R. (2004): Ist der botanische Artenschutz ein Beitrag zum Naturschutz? In: DÖHRING, R., RÜHS, M. (Hrsg.) Ökonomische Rationalität und praktische Vernunft. Verlag Königshausen und Neumann: 307-315.
- BÖCKER, R., DIRK, M. (2004): Ansatz zur Bewertung von Kontrollmaßnahmen und ihrer praktischen Umsetzung bei *Robinia pseudoacacia* L., Ber. Inst. Landschafts- Pflanzenökologie Univ. Hohenheim 13: 41-56.
- BÖCKER, R., DIRK, M., ZELTNER, G.-H., LINK, F.-G. (2004): Naturbewahrung und Landschaftspflege durch nachhaltige Regionalentwicklung, Marketing für nachhaltig erzeugte Produkte unter Einbeziehung von Aspekten regionalen Brauchtums und deren Wechselwirkungen mit der Landschaftsökologie. Manuskript.
- BÖCKER, R., DIRK, M., ZELTNER, G.-H., LINK, F.-G. (2004): Nachhaltigkeit praktisch: Schäfer zwischen Lämmern und Laptop. Akademie Forum Umweltdialog 13.

- BRECKLE, S.-W., SCHWEIZER, B. & A. FANGMEIER, eds. (2004). Results of worldwide ecological studies. Proceedings of the 2nd Symposium of the A.F.W. Schimper Foundation, (Stuttgart: Verlag Günter Heimbach), 397 pp.
- DENGER, J., TREMP, H. & M. IVASK (2004): A vegetation-based classification of habitats in Völgaste Forest, Matsalu Nature Reserve, Estonia. *Baltic Forestry* 10 (1): 42-49.
- DE TEMMERMAN, L., BELL, J. N. B., GARREC, J. P., KLUMPP, A., KRAUSE G. H. M. & A. E. G. TONNEIJCK (2004): Biomonitoring of air pollutants with plants – considerations for the future. In: KLUMPP, A., W. ANSEL and G. KLUMPP (eds.): *Urban Air Pollution, Bioindication and Environmental Awareness*. Cuvillier Verlag, Göttingen, p. 337-373.
- DIENST, M., SCHMIEDER, K. & W. OSTENDORP (2004): Dynamik der Schilfröhrichte am Bodensee unter dem Einfluss von Wasserstandsvariationen. *Limnologica* 34: 29-36.
- EICKLER, B., BECKER, K., HÖGY, P., FANGMEIER, A. (2004): Effects of elevated CO₂ on carbohydrates and nutritive quality of wheat and associated weeds. In *Eco-complexity and dynamics of the cultural landscape*. Proceedings of the GfÖ Vol. 34, A. OTTE, D. SIMMERING, L. ECKSTEIN, N. HÖLZEL & R. WALDHARDT, eds. (BÖGL-Druck GmbH, Buch am Erlbach), p. 29.
- ERBS, M., FANGMEIER, A. (2004): A chamberless field exposure system for ozone enrichment of short vegetation. *Environ. Pollut.* 133: 91-102.
- FANGMEIER, A. (2004): Air pollutants: responses of plant communities. In *Encyclopedia of Plant and Crop Science*, Goodman, R. M., ed. (New York: Marcel Dekker Inc.), pp. 20-23.
- FANGMEIER, A. (2004): Globale CO₂-Erhöhung: helfen funktionelle Gruppen zum Verständnis der Effekte? In *Results of worldwide ecological studies*. Proceedings of the 2nd Symposium of the A.F.W. Schimper Foundation, S.-W. BRECKLE, B. SCHWEIZER & A. FANGMEIER, eds. (Verlag Günter Heimbach, Stuttgart), pp. 45-52.
- FRANZARING, J., HÖGY, P., TREMP, H. et al. (2004): 50 years „Hohenheim groundwater experiment“ – Report on the Plant Ecological Practical Course 2003. *Ber. Inst. Landschafts- Pflanzenökologie Univ. Hohenheim Heft* 13: 56-67.
- FRANZARING, J., HÖGY, P., FANGMEIER, A. (2004): Will climate change affect food security in Europe? Conference Proceedings of the 9th Karlsruhe Nutrition Congress, p. 41.
- FRANZARING, J., FANGMEIER, A. (2004): Environmental monitoring of reactive nitrogen with special reference to using plant bioindicators. Conference Proceedings (digital resource) of the 13th IUPPA World Clean Air Conference, London, August 2004.

- FRANZARING, J., KLUMPP, A. (2004): Perspectives in biomonitoring of air pollutants with plants. Conference Proceedings (digital resource) of the 13th IUPPA World Clean Air CONFERENCE, London, August 2004.
- FRANZARING, J., FANGMEIER, A. (2004): Do harvest statistics indicate climate change effects on crop yields? *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie* 34, p. 24.
- GLÜCK, E., DEUSCHLE, J., BÖCKER, R. (2004): Wie beeinflusst die Bewirtschaftung die Vegetation von Streuobstwiesen? *Ber. Inst. Landschafts-Pflanzenökologie Univ. Hohenheim* 13: 69-90.
- HEGERFELD, J., HÖGY, P., FANGMEIER, A. (2004): Effects of CO₂ enrichment on nitrogen metabolism and nutrients in wheat and associated weeds. In *Eco-complexity and dynamics of the cultural landscape. Proceedings of the GfÖ Vol. 34*, A. OTTE, D. SIMMERING, L. ECKSTEIN, N. HÖLZEL & R. WALDHARDT, eds. (BÖGL-Druck GmbH, Buch am Erlbach), p. 31.
- HÖGY, P., EICKLER, B., ERBS, M., HEGERFELD, J., WEBER, S., FANGMEIER, A. (2004): Does elevated CO₂ affect nutritive quality of crops and native fodder plants? In *Eco-complexity and dynamics of the cultural landscape. Proceedings of the GfÖ Vol. 34*, A. OTTE, D. SIMMERING, L. ECKSTEIN, N. HÖLZEL & R. WALDHARDT, eds. (BÖGL-Druck GmbH, Buch am Erlbach), p. 19.
- KLUMPP, A., ANSEL, W. & G. KLUMPP, eds. (2004): *Urban Air Pollution, Bioindication and Environmental Awareness*. Cuvillier Verlag, Göttingen, 392 pp.
- KLUMPP, A., ANSEL, W., FOMIN, A., SCHNIRRING, S. & C. PICKL (2004): Influence of climatic conditions on the mutations in pollen mother cells of *Tradescantia* clone 4430 and implications for the Trad-MCN bioassay protocol. *Hereditas* 141: 142-148.
- KLUMPP, A., KLUMPP, G. & W. ANSEL (2004): Urban air quality in Europe – results of three years of standardised biomonitoring studies. In: KLUMPP, A., W. ANSEL and G. KLUMPP (eds.): *Urban Air Pollution, Bioindication and Environmental Awareness*. Cuvillier Verlag, Göttingen, p. 25-50.
- KOPPITZ, H., DEWENDER, M., OSTENDORP, W. & K. SCHMIEDER, (2004): Amino acids as indicators of physiological stress in common reed *Phragmites australis* affected by an extreme flood. *Aquat. Bot.*, 79: 277-294.
- KRAUSE, G. H. M., BELL, J. N. B., DE TEMMERMAN, L., SANZ, M. J. & A. KLUMPP (2004): The Hohenheim recommendations. In: KLUMPP, A., ANSEL, W. and G. KLUMPP (eds.): *Urban Air Pollution, Bioindication and Environmental Awareness*. Cuvillier Verlag, Göttingen: 375-376.
- LYSENKO, T., BÖCKER, R. (2004): Übersicht über die Binnensalzvegetation Russlands. *Ber. Inst. Landschafts- Pflanzenökologie Univ. Hohenheim* 13: 31-40.

- NOBEL, W., BÖCKER, R. (2003): Ökologische Konzepte für Gewerbe und Industrie im Ballungsraum. Referate zur Jahrestagung 2003 d. Ges. f. Ökologie e. V. Arbeitskreis Stadtökologie. Nürtinger Hochschulschriften 20: 190 S.
- OSTENDORP, W., SCHMIEDER, K., JÖHNK, K. (2004): Assessment of human pressures and their hydromorphological impacts on lakeshores in Europe. *Ecohydrology & Hydrobiology* 4 (4): 239-245.
- PALL, K., MOSER, V., SIPOS, V., FALUSI, E., HIPPELI, S. & A. KOHLER (2004): Makrophyten-Vegetation der Donau und ihrer Altarme zwischen Rottenacker und Öpfingen. – Ber. Inst. Landschafts- Pflanzenökologie Univ. Hohenheim, Beiheft 18, 62 S.
- PLEIJEL, H., DANIELSSON, H., OJANPERÄ, K., DE TEMMERMAN, L., HÖGY, P., BADIANI, M. & P. E. KARLSSON (2004): Relationships between ozone exposure and yield loss in European wheat and potato—a comparison of concentration- and flux-based exposure indices. *Atmos. Environ.* 38: 2259-2269.
- RÖHL, M., BÖCKER, R. (2003): Die Moore der Baar. In: Alexander Siegmund, *Faszination Baar*, Konstanz: 65-78.
- SCHMIEDER, K., WOITHON, A. (2004): Einsatz von Fernerkundung im Rahmen aktueller Forschungsprojekte zur Gewässerökologie an der Universität Hohenheim. - Laufener Seminarbeiträge 2/03, Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege. Laufen: 39-45.
- SCHMIEDER, K., DIENST, M., OSTENDORP, W. & K. JÖHNK (2004): Effects of water level variations on the dynamics of the reed belts of Lake Constance. *Ecohydrology & Hydrobiology* 4 (4): 229-239.
- SCHMIEDER, K., SCHÜNEMANN, B. & H. G. SCHRÖDER (2004): Spatial patterns of surface sediment parameters in the littoral zone of Lake Constance (Germany). *Arch. Hydrobiol.* 161 (4): 455-468.
- SCHMIEDER, K. & A. LEHMANN (2004): Setting a spatio temporal framework for monitoring submersed macrophytes in Lake Constance, Germany. *J. Veg. Sci.* 15: 807-816.
- SCHMIEDER, K. (2004): European lakeshores in danger – concepts for a sustainable development. *Limnologica* 34: 3-14.
- SCHMIEDER, K. (2004): Die Characeen des Bodensees. *Rostocker Meeresbiologische Beiträge* 13: 179-194.
- SCHÜTZ, W., VEIT, U., SIPOS, V., FALUSI, E., PALL, K., KOHLER, A. & R. BÖCKER (2004): Makrophyten-Kartierung der Donau in Baden-Württemberg nach der EU-Wasserrahmenrichtlinie. Ein qualitativer und quantitativer Beitrag zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie und zur Biodiversität. Bericht: 182 S.
- TONNEIJCK, A. E. G., FRANZARING, J., BROUWER, G., METSELAAR, K. & TH. A. DUECK (2004): Does interspecific competition alter effects of early season ozone exposure on plants from wet grasslands? Results of a three-year experiment in open-top chambers. *Environ. Pollut.* 131: 205-213.

- TREMP, H. (2004): Meter scale patterns of esparto steppe vegetation and soil lichens. Experiences with the line intercept method. In: BRECKLE, S.-W., SCHWEIZER, B. & A. FANGMEIER (Hrsg.). Results of worldwide ecological studies. Proceedings of the 2nd Symposium of the A.F.W. Schimper-Foundation. Verlag Günter Heimbach, Stuttgart: 335-343.
- TREMP, H. (2004): Räumlich-autokorrelierte Strukturen in naturnahen Keuperbächen des Schurwaldes (Südwestdeutschland). DGL - Deutsche Gesellschaft für Limnologie, Tagungsbericht 2003 (Köln): 168-172.
- WEBER, S., HÖGY, P., FANGMEIER, A. (2004): Elevated CO₂: Winners and losers Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie 34, 18 S.
- WEDLICH, K., HÖGY, P., KLUMPP, A., FANGMEIER, A. (2004): Cadmium accumulation in the food chain of heavy metal contaminated sites in Wiesloch. In Crossing Borders – Molecular Mechanism and Ecosystem Processes. Proceedings of the 2nd Joint Annual Meeting SETAC-GLB & GDCh Division of Environmental Chemistry and Ecotoxicology, p. 204.
- WOITHON, A., SCHMIEDER, K. (2004): Bruthabitatmodellierung für den Droselrohrsänger (*Acrocephalus arundinaceus* L.) als Bestandteil eines integrativen Managementsystems für Seeufer. - Limnologica 34: 132-139.
- WOITHON, A. (2004): Habitatmodellierung in der Uferzone von Seen - Anwendungsbeispiel für den Einsatz von Landschaftsstrukturmaßen. – DORMAN, BLASCHKE, LAUSCH, SCHRÖDER, SÖNDGERATH (Hrsg.), Habitatmodelle - Methodik, Anwendung, Nutzen. UFZ Bericht 9/2004: 147-150.

2005

- ADOLPHI, K., BÖCKER, R. (2005): Über Spontanvorkommen von *Lonicera henryi* (*Caprifoliaceae*) mit kurzen Anmerkungen über weitere neophytische Schling- und Klettergewächse. Floristische Rundbriefe (Flor. Rundbr.) 39, Bochum 2005: 7-16.
- BÖCKER, R. (2005): Neophytische Gehölze in Stadt und Land - Kritische Hinweise für die Planungspraxis. In: MÜLLER, N., NAUMANN, A., SCHUMACHER, H. (Hrsg.) 2005: Bewahren, Entwerfen, Pflegen. - Landschaftsarchitektur quo vadis 1: 10-19.
- BÖCKER, R., HUTTER C.-P. (Hrsg.) (2005): Umweltindikatoren – Mythos oder Wirklichkeit. Hohenheimer Umwelttagung 35. Beiträge der Akademie für Natur- und Umweltschutz Baden-Württemberg 39; Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart, 110 S.
- DE TEMMERMAN, L., BELL, J. N. B., GARREC, J. P., KLUMPP, A., KRAUSE, G. H. M., TONNEIJCK, A. E. G. (2005): Biomonitoring of air pollutants with plants. Environews 11: 5-6.
- ERBS, M., FANGMEIER, A. (2005): A chamberless field exposure system for ozone enrichment of short vegetation. Environmental Pollution 133: 91-102.

- FRANZARING, J., FANGMEIER, A., KLUMPP, A. (2005): Pflanzliche Bioindikatoren liefern Grundlagendaten für verschiedene Umweltaktionsbereiche. In.: BÖCKER, R., HUTTER, C.-P.: Umweltindikatoren – Mythos oder Wirklichkeit. Hohenheimer Umweltagung 35, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart: 34-44.
- FRANZARING, J., HÖGY, P., FANGMEIER, A. (2005): Will climate change affect food security in Europe? Consumer & Nutrition Challenges and Chances for Research and Society. 9. Karlsruher Ernährungstage – 9th Karlsruhe Nutrition Congress, 10.–12. Oktober 2004 in Karlsruhe. Berichte der Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel 2: 225-228.
- GUIDI, G., HÖGY, P., FANGMEIER, A. (2005): Effects of atmospheric CO₂ enrichment on diurnal carbohydrate metabolism in wheat leaves. - Landscapes, ecosystems and populations – dynamics, functions and conservation / Proceedings of the GfÖ Vol. 35, K. R. NEUGEBAUER, ed. (Oberholzner Druck KG, Laufen/Salzbach): S. 288.
- HÖGY, P., ERBS, M., WEBER, S., FANGMEIER, A. (2005): Does elevated CO₂ affect food safety of important agricultural crops? - Landscapes, ecosystems and populations – dynamics, functions and conservation. / Proceedings of the GfÖ Vol. 35, K. R. NEUGEBAUER, ed. (Oberholzner Druck KG, Laufen/Salzbach): S. 285 .
- KATNY, C. M. A., HOFFMANN-THOMA, G., SCHRIER, A. A., FANGMEIER, A., JÄGER, H.-J., VAN BEL, A. J. E., (2005): Increase of photosynthesis and starch in potato under elevated CO₂ is dependent on leaf age. Journal of Plant Physiology 162 (2005), Elsevier GmbH: 429-438.
- KLUMPP, A., FANGMEIER, A., FRANZARING, J. (2005): Drei Jahrzehnte Bioindikation von Luftschadstoffen mit Pflanzen an der Universität Hohenheim, Erfahrungen und Perspektiven. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 65 (2005) Nr. 11/12: 492-497.
- KLUMPP, A., DOMINGOS, M., KLUMPP, G., FRANZARING, F., ANSEL, W. (2005): Biomonitoring of urban and regional air quality in industrialised and developing countries – experiences and perspectives. Proceedings of the Third International Symposium on Air Quality Management at Urban, Regional and Global Scales. 26.-30. September 2005, Istanbul – Turkey, Vol. 1: 180-189.
- KOHLER, A. (2005): Donau, der europäische Fluss: Auenentwicklung und Wasserpflanzen als Bioindikatoren (Vorwort). In: LINK, F.-G. & A. KOHLER (Hrsg.) (2005): Donau, der europäische Fluss. Beiträge der Akademie für Natur- und Umweltschutz Baden-Württemberg, Band 40, Wiss. Verlagsgesellschaft Stuttgart: 9-12.
- KOHLER, A. (2005): Geobotanische Untersuchungen an Küstendünen Chiles zwischen 27 und 42 Grad südl. Breite (Habilitation 1969) in SPANDAU, L. & L. TREPL (Hrsg.): Landschaftsökologie. Die Lehre Wolfgang Habers dargestellt in Dissertationen und Habilitationsschriften von 1966-2001. Landschaftsökologie Weihenstephan, Heft 14, Freising 2005: 21-35.

- LIMA, J. S., FANGMEIER, A., KLUMPP, A., GENSHEIMER, G., FRANZARING, J. (2005): Establishing passive sampling and bioindication methods of ozone in Bahia (Brasil). II Simpósio Brasil – Alemanha. O uso racional da ciencia e da tecnologia para o desenvolvimento sustentável. De 12 a 15 setembro de 2005, Book abstracts P56: 191-192.
- LINK, F.-G., KOHLER, A. (Hrsg.) 2005: Donau, der europäische Fluss. Auenentwicklung und Wasserpflanzen als Bioindikatoren. – Beiträge der Akademie für Natur- und Umweltschutz Baden-Württemberg. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart, Band 40, 196 Seiten.
- NOBEL, W., BEISMANN, H., FRANZARING, J., WAGNER, G., ERHARDT, W. (2005): Standardisierte biologische Messverfahren zur Ermittlung und Bewertung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation) in Deutschland. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 65: 478-484.
- OSTENDORP, W., DIENST, M., JACOBY, H., KRAMER, I., PEITINGER, M., SCHMIEDER, K., WERNER, S. (2005): Naturschutz- und gewässerschutzfachliche Bewertung von Seeufern am Beispiel des Bodensees. Natur und Mensch.
- SCHÄFER, B., BÖCKER, R. (2005): Control management of *Rhododendron ponticum* (L.) at Killarney National Park (Ireland). In: NENTWIG W. et al. (Eds.): Biological Invasions - From Ecology to Control. Neobiota 6 (2005): 183-185.
- SCHMIEDER K., PIEPHO H. P. & H. G. SCHRÖDER (2005): Modelling surficial sediment composition in the littoral zone of Lake Constance (Germany). Aquat. Sci. 67: 326–336.
- SCHÜTZ, W., VEIT, U., SIPOS, V., FALUSI, E., PALL, K., KOHLER A. & R. BÖCKER (2005): Die Makrophyten-Vegetation der Donau in Baden-Württemberg. Ein qualitativer und quantitativer Beitrag zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie und zur Biodiversität. Ber. Inst. Landschafts- und Pflanzenökologie Univ. Hohenheim Beiheft 20: 166 S.
- SCHÜTZ, W., U. VEIT, K. PALL, V. K. SIPOS, E. FALUSI & A. KOHLER (2005): Die Makrophyten-Vegetation der Donau und ihrer Altarme in Baden-Württemberg.- in LINK, F. G. & A. KOHLER (Hrsg.) (2005); Donau, der europäische Fluss. Beiträge der Akademie für Natur- und Umweltschutz Baden-Württemberg, Band 40, Wiss. Verlagsgesellschaft Stuttgart, 126-152.
- SUN, Y., HÖGY, P., FANGMEIER, A. (2005): Effects of elevated CO₂ on photorespiration enzymes and soluble proteins in leaves of wheat and weeds. - Landscapes, ecosystems and populations – dynamics, functions and conservation. Proceedings of the GfÖ Vol. 35, K. R. NEUGEBAUER, ed. (Oberholzner Druck KG, Laufen/Salzbach): S. 294.
- TSCHERKO, D., HAMMESFAHR, U., ZELTNER, G.-H., KANDELER, E., BÖCKER, R. (2005): Plant succession and rhizosphere microbial communities in a recently deglaciated alpine terrain. In: Basic and Applied Ecology 6 (2005): 367-383.

- VEIT, U. & A. KOHLER (2005): Makrophyten-Langzeitmonitoring an Donauebengewässern am Beispiel der Fließgewässer der Friedberger Au. In: LINK, F.-G. & A. KOHLER (Hrsg.) (2005): Donau, der europäische Fluss. Beiträge der Akademie für Natur- und Umweltschutz Baden-Württemberg, Band 40, Wiss. Verlagsgesellschaft Stuttgart: 153-172, mit Tafeln 5-8, 121-124.
- VEIT, U. & A. KOHLER (2005): Beurteilung und Vergleich der Makrophyten-Diversität in Fließgewässern. Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL) – Tagungsbericht 2004 (Potsdam), Berlin 2005: 478-482.
- WEBER, S., HÖGY, P., MELLE, C., VON EGGELING, F., FANGMEIER, A. (2005): Does the wheat proteome care about enriched CO₂ - Landscapes, ecosystems and populations – dynamics, functions and conservation. Proceedings of the GfÖ Vol. 35, K. R. NEUGEBAUER, ed. (Oberholzner Druck KG, Laufen/Salzbach): S. 72.
- WEDLICH, K., HÖGY, P., KLUMPP, A., FANGMEIER, A. (2005): Cadmium accumulation in the food web of heavy metal contaminated sites in Wiesloch. - Landscapes, ecosystems and populations – dynamics, functions and conservation. Proceedings of the GfÖ Vol. 35, K. R. NEUGEBAUER, ed. (Oberholzner Druck KG, Laufen/Salzbach): S. 460.

2006

- BERMEJO, G., BECKER, K., HÖGY, P., FANGMEIER, A. (2006): Effects of elevated atmospheric CO₂ concentration on minerals and energy content of wheat and associated weeds. Proceedings of the GfÖ Vol. 36, T. S. HOFFMEISTER, M. DIEKMANN (eds.) (Universitäts-Druckerei, Bremen), 25 S.
- ERBS, M., FANGMEIER, A. (2006): Atmospheric carbon dioxide enrichment effects on ecosystems – experiments and the real world. Progress in Botany 67: 441-459.
- FANGMEIER, A., FRANZARING, J. (2006): Klimaänderungen und die Folgen für die Landwirtschaft. Warnsignal Klimawandel: Wird Wasser knapper? Beiträge der Akademie für Natur- und Umweltschutz Baden-Württemberg 42, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart: 86-99.
- FRANZARING, J., FANGMEIER, A. (2006): Methoden zum Nachweis atmosphärischer Stickstoffeinträge mit pflanzlichen Bioindikatoren. Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 66: 253-259.
- FRANZARING, J., HOLZ, I., FANGMEIER, A. (2006): NR Stichwort: Pflanzliche Umweltindikatoren. Naturwissenschaftliche Rundschau 59 (2): 121-122.
- FRANZARING, J., HRENN, H., SCHUMM, C., KLUMPP, A., FANGMEIER, A. (2006): Environmental monitoring of fluoride emissions using precipitation, dust, plant and soil samples. Environmental Pollution 144: 158-165.

- HÖGY, P., BREUER, B., ERBS, M., KÖHLER, P., SCHWADORF, K., WEBER, S., WIESER, H., FANGMEIER, A. (2006): Elevated atmospheric CO₂ – consequences for wheat grain quality and human nutrition? Proceedings of the GfÖ Vol. 36, T. S. HOFFMEISTER, M. DIEKMANN (eds.) (Universitäts-Druckerei, Bremen): 24 S.
- HÖGY, P. & A. FANGMEIER (2006): Wirkung erhöhter atmosphärischer CO₂-Konzentrationen auf den Ertrag und die Ertragsqualität landwirtschaftlicher Nutzpflanzen am Beispiel von Sommerweizen. - Bericht des Ausschusses der Versuchsstation über die Tätigkeit im Jahr 2005 – Universität Hohenheim, Versuchsstation für Pflanzenbau und Pflanzenschutz (301) – Jahresbericht: 13-17.
- JÄGER, D. & A. KOHLER (2006): Vorkommen und Gefährdung von Wasser- und Sumpfpflanzen in den Fließgewässern Vorarlbergs. – Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL) – Tagungsbericht 2005 (Karlsruhe), Werder 2006: 149-153.
- KLUMPP, A., ANSEL, W., KLUMPP, G., CALATAYUD, V., GARREC, J. P., SHANG, H. S., PEÑUELAS, J., RIBAS, A., RO-POULSEN, H., RASMUSSEN, S., SANZ, M. J., VERGNE, P. (2006): *Tradescantia micronucleus* test indicates genotoxic potential of traffic emissions in European cities, *Environmental Pollution* 139: 515-522.
- KOPSCH, J., LIU, X., ZHANG, Y., HE, C.-E., SHEN, J., FRANZARING, J., FANGMEIER, A., ZHANG, F. (2006): Reactive nitrogen species and nitrogen deposition in the North China Plain. In Proceedings Workshop on Agricultural Air Quality, V. P. ANEJA, W. H. SCHLESINGER, R. KNIGHTON, G. JENNINGS, D. NIYOGI, W. GILLIAM, C. S. DUKE (eds.) (North Carolina State University): 97-100.
- PEINTINGER, M., OSTENDORP, W., DIENST, M. & K. SCHMIEDER (2006): - Water level fluctuations as a key factor for shore vegetation dynamics at Lake Constance – a review. *Hydrobiologia*, akzeptiert.
- OSTENDORP, W., MAINBERGER, M., SCHMIEDER, K., PEINTINGER, M. (2006): Auswirkungen des Bojekfeld-Managements am Bodensee-Untersee auf Wasserpflanzen und Makrozoobenthos-Besiedlung. *Schrr. VG Bodensee* 12: 231-238.
- SCHMIEDER, K., WERNER, S., BAUER, H.-G. (2006): Submersed macrophytes as a food source for wintering waterbirds at Lake Constance. *Aquat. Bot.* 84: 245–250.
- SCHÜTZ, W., VEIT, U. & A. KOHLER (2006): Die Makrophyten-Vegetation der Oberen Donau und ihre Bewertung nach der EU-Wasserrahmenrichtlinie. – Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL) – Tagungsbericht 2005 (Karlsruhe), Werder 2006: 383-387.
- VEIT, U. & A. KOHLER (2006): Methoden (-vergleich) zur ökologischen Bewertung von Fließgewässern mit Makrophyten. – Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL) – Tagungsbericht 2005 (Karlsruhe), Werder 2006: 388-392.

V. Vorträge

2004

- BÖCKER, R.: Floristische Inventarisierung von Städten – Sind Städte Hotspots der Biodiversität? Vortrag am 01.12.2004 in der ETH Zürich.
- ERBS, M.: The Hohenheim Mini-FACE – system description, DFG-Workshop an der Chinese Agricultural University (CAU), Peking, China, 07.10.2004.
- ERBS, M.: The Hohenheim Mini-FACE – system description, DFG-Symposium “Sustainable agriculture and landuse strategies”, Sino-German Center for Research Promotion, Peking, China, 08.10.2004.
- ERBS, M.: The Hohenheim Mini-FACE – system description, 6th International Symposium on Plant Responses to Air Pollution and Global Changes: from Molecular Biology to Plant Production and Ecosystem, Tsukuba, Japan, 22.10.2004.
- FANGMEIER, A.: Das Management von Großprojekten als neue Herausforderung - Veranstaltung der Koordinationsstelle für Wissenschaftliche Weiterbildung „Management von Großprojekten“ in Stuttgart-Hohenheim, 26.-27.01.2004.
- FANGMEIER, A.: Environmental Research at Hohenheim – Tagung „Introduction of Environmental Studies in South Caucasus Region“ in Stuttgart-Hohenheim, 11.03.2004.
- FANGMEIER, A.: Deposition of NH₃ and adverse effects on vegetation – China Agricultural University, Peking, China, 23.03.2004.
- FANGMEIER, A.: Tropospheric ozone as major air pollutant and recent research on effects – China Agricultural University, Peking, China, 24.03.2004.
- FANGMEIER, A.: Atmospheric CO₂ enrichment and ecosystem responses – China Agricultural University, Peking, China, 25.03.2004.
- FANGMEIER, A.: Erhöhung der atmosphärischen CO₂-Konzentrationen: Auswirkungen von der physiologischen bis zur ökosystemaren Ebene. – Westfälische Wilhelms-Universität Münster, 17.05.2004.
- FANGMEIER, A.: Globaler CO₂-Anstieg: Fluch oder Segen? – Studium Schnupperale der Universität Hohenheim für Schüler der Sekundarstufe II, 02.07.2004.
- FRANZARING, J.: Pflanzliche Bioindikatoren liefern Grundlagendaten für verschiedene Umweltaktionsbereiche. Vortrag auf der 35. Hohenheimer Umwelttagung, Euroforum, 30.01.2004. Umweltakademie BW.
- FRANZARING, J.: Perspectives in biomonitoring of air pollutants with plants. Invited presentation to the 13th IUPPA World Clean Air Conference, London, 25th of August 2004. Conference Proceedings.
- FRANZARING, J.: Do harvest statistics indicate climate change effects on crop yields? Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie 34: 24. Presentation held at the Annual Conference of the GFÖ, Giessen, 15.09.2004.

- HÖGY, P.: Does elevated CO₂ affect nutritive quality of crops and native fodder plants? – 34th Annual Conference Ecological Society of Germany, Austria and Switzerland, Gießen, Germany, 14.09.2004.
- HÖGY, P.: Common response patterns of crops and native plants to atmospheric CO₂ enrichment with regard to nutritive quality – 6th International Symposium on Plant Responses to Air Pollution and Global Change, Tsukuba, Japan, 22.10.2004.
- KLUMPP, A.: Vortrag im Rahmen des Seminars „Das Management von europäischen und nationalen Großprojekten im 6. Forschungsrahmenprogramm“, Hohenheim, 26.-27.01.2004: Ergebnismanagement.
- KLUMPP, A.: Vortrag an der Universität Greifswald im Rahmen der Besetzung der C3-Professur Pflanzenökologie, 17.04.2004: Umweltmonitoring in Industrie- und Schwellenländern – Erfahrungen und Herausforderungen.
- KLUMPP, A.: The biological methods of the ambient air quality measure and indication. Paper presented at the EU-TAIEX Workshop “EU legislation and implementation of ambient air quality directives”, Debrecen (Ungarn), 05.-06.05.2004.
- KLUMPP, A.: Micrometeorological modeling of nitrogen deposition. Paper presented at the DFG Sino-German Workshop on “Modeling material flows and production system for sustainable resource use in intensified crop production in the North China Plain, Beijing, 05.-07.07.2004.
- KOHLER, A.: „Donau, der europäische Fluss: Wasserpflanzen als Bioindikatoren. Einführung in das Tagungsthema“. 3. Internationales Donau-Kolloquium der Akademie für Natur- und Umweltschutz Baden-Württemberg und der Internationalen Arbeitsgemeinschaft Donauforschung (IAD) am 07.10.2004 in Ulm.
- SCHMIEDER, K.: „Student Activities of SA GIS/ICT“, ELLS Conference Hohenheim, 16.02.2004.
- SCHMIEDER, K.: “Remote Sensing applications at the Institute for Landscape and Plant Ecology of the University of Hohenheim”, General Organisation of Remote Sensing GORS, Damaskus, Syrien 30.03.2004.
- SCHMIEDER, K.: „Ergebnisse des Weidemonitorings“, Projekttag Mainau 28.04.2004.
- SCHMIEDER, K.: „Nemos Zuhause – Wasserpflanzen als Strukturelemente“, Sommerferienprogramm Universität Hohenheim, 06.08.2004.
- SCHÜTZ, W.: „Makrophyten-Vegetation der Donau und ihrer Altarme in Baden-Württemberg“. 3. Internationales Donau-Kolloquium der Akademie für Natur- und Umweltschutz Baden-Württemberg und der Internationalen Arbeitsgemeinschaft Donauforschung (IAD) am 07.10.2004 in Ulm.
- VEIT, U.: „Makrophyten-Langzeit-Monitoring an Fließgewässern am Beispiel der Fließgewässer der Friedberger Au“. 3. internationales Donau-Kolloquium der Akademie für Natur- und Umweltschutz Baden-Württemberg und der Internationalen Arbeitsgemeinschaft Donauforschung (IAD) am 07.10.2004 in Ulm.

- WEBER, S.: Vortrag auf der GfÖ Annual Conference 2004 in Giessen (34th Annual conference Eco-complexity and dynamics of the cultural landscape), Titel: "Elevated CO₂: Winners and losers" (S. WEBER, P. HÖGY, A. FANGMEIER) 13.-17.09.2004.
- WOITHON, A.: Statusseminar BWPLUS, Forschungszentrum Karlsruhe, 03.03.2004: Entwicklung von automatisierbaren Fernerkundungsverfahren zur effektiven Unterstützung von Planungsprozessen in der Uferzone von Seen. WOITHON, A.: Fachvortrag, Institut für Seenforschung der LfU, Langenargen, 18.06.2004: Ökologische Beurteilung der Flachwasserzone des Bodensees auf Grundlage von Fernerkundung und GIS.

2005

- FANGMEIER, A.: Life Sciences at the University of Hohenheim. International Seminar "Biology and Bioindication in Environmental Monitoring", August Cieszkowski Agricultural University, Poznan, Poland, 08.12.2005.
- FANGMEIER, A.: Atmospheric CO₂ enrichment effects on arecosystems. International Seminar "Biology and Bioindication in Environmental Monitoring", August Cieszkowski Agricultural University, Poznan, Poland, 08.12.2005.
- FANGMEIER, A.: Global atmospheric CO₂ enrichment – some effects besides potential climate change – Tagung "Auswirkungen von Klimaänderungen auf Pflanzenbestände am Oberrhein", Titisee, 22.-23.11.2005.
- FANGMEIER, A.: Globaler CO₂-Anstieg in der Atmosphäre: nur Klimaveränderungen als Folge? – Tag der Umwelt 2005 Hochschule Zittau/Görlitz, 02.11.2005.
- FANGMEIER, A.: Klimaänderungen und die Folgen für die Landwirtschaft – Fachtagung "Warnsignal Klima: Wird Wasser knapper?" in Karlsruhe, 08.03.2005.
- HASSAN, S.: Assessment of the ecological status of lake Qattieneh/Syria, Shallow Lakes Conference, 05.-09.06.2005, Dalfsen, Niederlande.
- HÖGY, P.: Does elevated CO₂ affect food safety of important agricultural crops? – 35th Annual Conference of the Ecological Society of Germany, Austria and Switzerland, Regensburg, Germany, 22.09.2005.
- KOHLER, A.: Methoden der Makrophyten-Kartierung in Fließgewässern. Donau-Colloquium Regierungspräsidium Tübingen, 13.07.2005.
- KOPSCH, J.: Blockseminar II, – Water and matter dynamics in agro-ecosystems and corresponding modelling approaches: Status report on The Contribution of Nitrogen Deposition to the Nitrogen Budget of the North China Plain Production Systems, 04-08.04.2005, Beijing.
- KOPSCH, J. (2005): Blockseminar III – Nitrogen balance in cropping systems: the contribution of N volatilization and N deposition: Status report on The Contribution of Nitrogen Deposition to the Nitrogen Budget of the North China Plain Production Systems, 24.-31.10.2005, Hohenheim.

- KLUMPP, A.: 3rd International Symposium on Air Quality Management at Urban, Regional and Global Scales (14th IUAPPA Regional Conference), Istanbul, 26.-30.09.2005: Biomonitoring of urban and regional air quality in industrialized and developing countries – experiences and perspectives (nominiert für den Hope for the Future for a Sustainable World Award, International Union of Air Pollution Prevention and Environmental Protection Agencies (IUAPPA) and International Academy of Science)
- KLUMPP, A.: Scientific Seminar at the August-Cieszkowski Agricultural University of Poznań (Polen), 07.12.2005: Biomonitoring of urban and regional air quality in industrialized and developing countries – experiences and perspectives.
- SCHMIEDER, K.: Entwicklung von automatisierbaren Fernerkundungsverfahren zur effektiven Unterstützung von Planungsprozessen in der Uferzone von Seen – Teil A, BWPLUS Statusseminar 2005, 22.-23.02.2005, Karlsruhe.
- SCHMIEDER, K.: Anwendung von Fernerkundungs- und GIS-Techniken zur Klassifikation aquatischer Schilfröhrichte in Bezug auf ihre Habitateignung für im Röhricht brütende Vögel am Bodensee, DGL-Tagung 2005, 26.-30.09.2005, Karlsruhe.
- SCHMIEDER, K.: Entwicklung von automatisierbaren Fernerkundungsverfahren zur effektiven Unterstützung von Planungsprozessen in der Uferzone von Seen, Nutzer-Workshop Fernerkundung, 24.11.2005, DLR Oberpfaffenhofen.
- SCHMIEDER, K.: Effects of hydrologic variations on the dynamics of shore vegetation of Lake Constance, Germany, WLF-workshop, 11.-13.12.2005, Konstanz.
- SCHÜTZ, W.: Die Makrophyten-Vegetation der Donau in Baden-Württemberg. Donau-Colloquium Regierungspräsidium Tübingen, 13.07.2005.
- SCHÜTZ, W.: Die Makrophyten-Vegetation der Oberen Donau und ihre Bewertung nach der EU-Wasserrahmenrichtlinie. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Limnologie (DGL) in Karlsruhe, 26.-20.09.2005.
- WEBER, S.: Does the wheat proteome care about enriched CO₂? 35. Jahrestagung der Gesellschaft für Ökologie in Regensburg, 21.09.2005.
- WOITHON, A.: Indikatoren für eine ökologische Beurteilung von Seeuferzonen auf Basis hochauflösender Fernerkundungsdaten, DGL-Tagung 2005, 26.-30.09.2005, Karlsruhe.
- VEIT, U.: The macrophytic vegetation in the Danube in Baden-Württemberg / Germany and its development during the last 25 years. Donau workshop MJDCC, Mosonmagyaróvár, 20.-24.02.2005.
- VEIT, U.: Makrophyten-Kartierung der Donau in Baden-Württemberg. Auswertungs- und Bewertungsverfahren. Donau-Colloquium Regierungspräsidium Tübingen, 13.07.2005.

2006

- FANGMEIER, A.: Belastungen der Atmosphäre durch den Menschen: gelöste und ungelöste Probleme. Studium Generale der Philipps-Universität Marburg, 21.06.2006.
- FANGMEIER, A.: Monitoring of air pollutants by means of physical, chemical and biological approaches: which methodology to involve when and where? Seminar at the College of Environmental Sciences, Beijing University, China, 19.05.2006.
- FANGMEIER, A.: Deposition of Nitrogen and its Adverse Effects on Vegetation. Seminar at the Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China, 17.05.2006
- FRANZARING, J.: Vorarbeiten zur Entwicklung eines Indikatorfächers zur Überprüfung der Hybridisierung zwischen GVO-Raps und Wildbrassicaceen - Kultivierungsversuche mit verschiedenen Brassicaceenarten. Vortrag beim VDI-Treffen „AK Bioindikation“ am 03.11.2006 im Umweltbundesamt Dessau.
- REHNERT, M.: Vitalität von Bäumen nach VTA . Untersuchung von Stadt- und Waldbäumen. University of applied forrest science Rottenburg 20.-21.10.2006.
- SCHMIEDER, K.: Development of Measures for a Sustainable Shore Management of Lake Sevan (Armenia) on base of Shore Vegetation as Bioindicators by application of Remote Sensing and GIS techniques, 2. Agroforum Yerevan, 22.09.2006, Yerevan, Armenia.
- SCHMIEDER, K.: Application of Remote Sensing and GIS for a Sustainable Shore Development of Lake Constance (Germany), State Agrarian University, 29.09.2006, Yerevan, Armenia.
- SCHMIEDER, K.: Der Einsatz von GIS und Fernerkundung zur Beurteilung der Habitatqualität von Lebensräumen in der Uferzone von Seen HMS-Workshop 05.-07.10.2006, Konstanz.
- SCHMIEDER, K.: Charophytes as a food source for wintering waterbirds at Lake Constance, Germany, 14th GEC Meeting 20.-22.10.2006, Barcelona.
- SCHMIEDER, K.: Activity report 2006 of SA GIS, ELLS Conference 26.-27.10.2006, Warschau.
- SCHMIEDER, K.: Development of automated remote sensing methods for the evaluation of shore vegetation at Lake Constance, CEN/SNH Workshop on Developing Standard Methods for Assessing Lake , 15.-16.11.2006 London.
- SCHMIEDER, K.: Development of Measures for a Sustainable Shore Management of Lake Sevan (Armenia) on base of Shore Vegetation as Bioindicators by application of Remote Sensing and GIS techniques. Symposium Mittelasien-Kaukasus, VW-Stiftung, 29.11-01.12.2006, Berlin.
- SCHÜTZ, W.: The aquatic vegetation of the Upper Danube river. 36th International Conference JAD: Danube.River.Life, Vienna/Austria, 04.09.2006.

VI. Poster

2004

- BÖCKER, R. & M. DIRK (2004): Measures to restrict the potential of vegetative regeneration of *Robinia pseudoacacia* L. - Neobiota, 30.09-01.10.2004, Bern.
- EICKLER, B., BECKER, K., HÖGY, P., FANGMEIER, A. (2004): Effects of elevated CO₂ on carbohydrates and nutritive quality of wheat and associated weeds – 34th Annual Conference Ecological Society of Germany, Austria and Switzerland, Gießen, Germany.
- ERBS, M.: „The Hohenheim Mini-FACE – system description“, DFG-Symposium “Sustainable agriculture and landuse strategies”, Sino-German Center for Research Promotion, Peking, China, 08.10.2004.
- FRANZARING, J., KLUMPP, A., GENSHEIMER, G., HÖGY, P., HOLZ, I., FANGMEIER, A.: Preliminary results suggest no significant interactions between ozone and nitrogen deposition in two lines of *Centaurea jacea* differing in ozone sensitivity. Poster presented at the 17th Task Force Meeting of the UNECE ICP Vegetation 10-13 February 2004, Kalamata, Greece.
- FRANZARING, J., FANGMEIER, A.: Environmental monitoring of reactive nitrogen with special reference to using plant bioindicators. Conference Proceedings (digital resource) of the 13th IUPPA World Clean Air Conference, London, August 2004.
- FRANZARING, J., HÖGY, P., FANGMEYER, A. (2004): Will climate change affect food security in Europe? Conference Proceedings of the 9th Karlsruhe Nutrition Days.
- HEGERFELD, J., HÖGY, P., FANGMEIER, A. (2004): Effects of CO₂ enrichment on nitrogen metabolism and nutrients in wheat and associated weeds – 34th Annual Conference Ecological Society of Germany, Austria and Switzerland, Gießen / Germany.
- VEIT, U., KOHLER, A.: Beurteilung und Vergleich der Makrophyten-Diversität in Fließgewässern. – Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Limnologie e. V. (DGL) in Potsdam , 20.-24. 09.2004.
- VEIT, U., KOHLER, A.: Beurteilung und Vergleich der Makrophyten-Diversität in Fließgewässern. – 3. internationales Donau-Kolloquium der Akademie für Natur- und Umweltschutz Baden-Württemberg und der Internationalen Arbeitsgemeinschaft Donauforschung (IAD) am 07.10.2004 in Ulm.
- WEDLICH, K., HÖGY, P., KLUMPP, A., FANGMEIER, A. (2004): Cadmium accumulation in the food chain of heavy metal contaminated sites in Wiesloch – 2nd Joint Annual Meeting SETAC-GLB & GDCh-FG Umweltchemie und Ökotoxikologie, Aachen / Germany.

WOITHON, A., SCHMIEDER, K., HEEGE, T.: Monitoring von Seeuferzonen – Beurteilung der Habitatqualität unter Verwendung von Landschaftsstrukturmaßen. – Workshop Landschaftsstrukturmaße und Tierökologie, Universität Stuttgart, 25.-26.03.2004.

2005

FRANZARING, J., HUNT, R., FANGMEIER, A.: Many singers, one song: association between plant strategies and ecological indicators. Poster präsentiert auf dem 17. Internationalen Botanischen Kongress (IUBS) vom 17.-23.07.2005 in Wien, Congress Proceedings, P2107: 571 S.

JÄGER, D. & KOHLER, A.: Vorkommen und Gefährdung von Wasser und Sumpfpflanzen in den Fließgewässern Vorarlbergs. – Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Limnologie (DGL) in Karlsruhe, 26.-30.09.2005.

SEEMANN, A.*. ROAUER, ST.*. HARTL, S.*. ENGELS, J.*. KOHLER, A., ZELTNER, G.-H., POSCHLOD, P.*: Changes of vegetation in the rivers Naab & Pfreimd in the region „Oberpfälzer Wald“ north of Regensburg from 1972-2004. Jahrestagung Gesellschaft für Ökologie (GfÖ) in Regensburg, 19.-23.09.2005. * Universität Regensburg.

SUN, Y., HÖGY, P., FANGMEIER, A. (2005): Effects of elevated CO₂ on photorespiration enzymes and soluble proteins in leaves of wheat and weeds. – 35th Annual Conference Ecological Society of Germany, Austria and Switzerland, Regensburg, Germany.

VEIT, U. & KOHLER, A.: Methoden(-vergleich) zur ökologischen Bewertung von Fließgewässern mit Makrophyten. – Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Limnologie (DGL) in Karlsruhe, 26.-30.09.2005.

WEDLICH, K., HÖGY, P., KLUMPP, A., FANGMEIER, A. (2005): Cadmium accumulation in the food web of heavy metal contaminated sites in Wiesloch. – 35th Annual Conference Ecological Society of Germany, Austria and Switzerland, Regensburg, Germany.

2006

BÖCKER, R. & M. DIRK: Effects of Girdling on *Robinia pseudoacacia* L. - first results and outlook. - Neobiota, 27.-29. 09.2006, Wien.

BÖCKER, R.: Aesthetical Aspects of Neophytes - a contribution to the beauty of landscape. - Neobiota, 27.-29. 09.2006, Wien.

BERMEJO, G., BECKER, K., HÖGY, P., FANGMEIER, A. (2006): CO₂ enrichment: effects on energy content of wheat and associated weeds related to future use as renewable energy - 36th Annual Conference Ecological Society of Germany, Austria and Switzerland, Bremen, Germany.

- HÖGY, P., BREUER, B., ERBS, M., KÖHLER, P., SCHWADORF, K., WEBER, S., WIESER, H., FANGMEIER, A. (2006): Elevated atmospheric CO₂ – consequences for wheat grain quality and human nutrition? - 36th Annual Conference Ecological Society of Germany, Austria and Switzerland, Bremen, Germany.
- HÖGY, P., BREUER, B., ERBS, M., KÖHLER, P., SCHWADORF, K., WEBER, S., WIESER, H., FANGMEIER, A.: Elevated atmospheric CO₂ – consequences for wheat grain quality and human nutrition? – Poster auf der 36. Jahrestagung der Gesellschaft für Ökologie, 11.-15. September 2006 in Bremen.
- REDDY, B. S., FANGMEIER, A., MÜTHER-PAUL, J.: Ecotoxicological Test Designs to Assess the Effects of PPP on Development of *Poecilus cupreus* (Coleopterae; Carabidae). – Poster auf der 11. Jahrestagung der SETAC vom 03.-05. September 2006 in Landau.
- REHNERT, M. & R. BÖCKER: Lignicolous fungi of *Robinia pseudoacacia* L. – comparison of nature plots. Neobiota Wien, 27.-29.09.2006.
- SCHÄFER, B. & R. BÖCKER: Water bound seed dispersal of *Rhododendron ponticum* L. Presented at Neobiota in Vienna, 27.-29.09.2006.
- SEEMANN, A., ROAUER, S., HARTL, S., ENGELS, J., KOHLER, A., ZELTNER, G.-H., POSCHLOD, P.: Changes of vegetation in the rivers Naab & Pfreimd in the region “Oberpfälzer Wald“ north of Regensburg from 1972-2004. 36th JAD Conference in Vienna / Austria, 04.-08th September 2006. Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL), Jahrestagung Dresden, 25.-30.09.2006.
- VEIT, U. & A. KOHLER: Vergleich von Methoden zum Monitoring der Makrophyten-Vegetation in Fließgewässern. Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL), Jahrestagung in Dresden, 25.-30.09.2006.
- WIESMANN, O., TROTTMANN, R., KOHLER, A., ZELTNER, G.-H., POSCHLOD, P.: Changes of vegetation in the river Moosach north of Munich from 1970-2004. 36th JAD Conference in Vienna / Austria, 04.-08th September 2006. DGL-Tagung (Deutsche Gesellschaft für Limnologie) Dresden, 25.-30. September 2006.

VII. Tagungen, Kolloquien, Seminare

2004

- BÖCKER, R.: Vorträge im Nationalmuseum Dhaka und in der Jahanganagar, 08.-19.02.2004, Universität Sawar-Dhaka/Bangladesh.
- BÖCKER, R.: 3rd International Conference on Biological Invasions NEOBIOTA - From Ecology to Control, 30.09.-01.10.2004, Bern.
- DIRK, M.: 3rd International Conference on Biological Invasions NEOBIOTA - From Ecology to Control, 30.09.-01.10.2004, Bern.
- ERBS, M.: DFG-Symposium "Sustainable agriculture and landuse strategies", Sino-German Center for Research Promotion, Peking, China, 08.10.2004.
- ERBS, M.: 3rd International Nitrogen Conference (INC), Nanjing/China vom 12.-16.10.2004.
- ERBS, M.: 6th International Symposium on Plant Responses to Air Pollution and Global Change, 18.-22.10.2004, Tsukuba/Japan.
- FANGMEIER, A.: Environmental Research at Hohenheim – Tagung „Introduction of Environmental Studies in South Caucasus Region“ in Stuttgart-Hohenheim/Germany, 11.03.2004.
- FRANZARING, J.: 35. Hohenheimer Umwelttagung in Stuttgart, 30.01.2004.
- FRANZARING, J.: 17th Task Force Meeting of the UNECE ICP Vegetation, 10.–13.02.2004, Kalamata/Griechenland.
- FRANZARING, J.: 13th IUPPA World Clean Air Conference, 22.-27.08.2004, London/United Kingdom.
- FRANZARING, J.: 9. Karlsruher Ernährungstagen, 12.10.2004, Karlsruhe.
- HÖGY, P.: 35. Hohenheimer Umwelttagung, 30.01.2004.
- HÖGY, P.: 6th International Symposium on Plant Responses to Air Pollution and Global Change, 18.10.–22.10.2004, Tsukuba/Japan.
- KOHLER, A.: Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Limnologie (DGL), Potsdam, 20.-24.09.2004.
- KOHLER, A.: Mitorganisator des 3. Internationalen Donau-Kolloquiums der Akademie für Natur- und Umweltschutz Baden-Württemberg und der Internationalen Arbeitsgemeinschaft Donauforschung (IAD) am 07.10.2004 in Ulm.
- KOPSCH, J.: 1st Sino-German Block seminar „Modelling Material Flows and Production System for Sustainable Resource Use in Intensified Crop Production in the North China Plain“, 04.-08.10.2004, Beijing/China.
- SCHÄFER, B.: 3rd International Conference on Biological Invasions NEOBIOTA - From Ecology to Control, 30.09.-01.10.2004, Bern.

2005

- DIRK M.: Invasive Arten in Deutschland: Aktivitäten und Umsetzungsmöglichkeiten. Fachtagung Göttingen 23.-24.06.2005

- FANGMEIER, A.: Teilnahme und eingeladene Vorträge am Internationalen Seminar "Biology and Bioindication in Environmental Monitoring", August Cieszkowski Agricultural University, Poznan, Poland, 08.12.2005.
- FANGMEIER, A.: Teilnahme und eingeladener Vortrag auf der Tagung "Auswirkungen von Klimaänderungen auf Pflanzenbestände am Oberrhein", Titisee, 22.-23.11.2005.
- FANGMEIER, A.: Teilnahme und eingeladener Vortrag am Tag der Umwelt 2005 Hochschule Zittau/Görlitz, 02.11.2005.
- FANGMEIER, A.: Teilnahme und eingeladener Vortrag auf der Fachtagung "Warnsignal Klima: Wird Wasser knapper" in Karlsruhe, 08.03.2005.
- FRANZARING, J.: Teilnahme am und Posterpräsentation (s. o.) beim 17. Internationalen Botanischen Kongress (IUBS) vom 17.-23. Juli 2005 in Wien mit Unterstützung des Universitätsbundes Hohenheim e. V.
- KOHLER, A.: Donau-Colloquium, Regierungspräsidium Tübingen, 13.07.2005.
- KOHLER, A.: Tagung Evangelische Akademie Tützing anlässlich des 80. Geburtstags von Prof. Dr. Dr. h. c. W. HABER, 16.-18.09.2005.
- KOHLER, A.: Tagung der Deutschen Gesellschaft für Limnologie in Karlsruhe, 26.-30.09.2005.
- KOPSCH, J.: VDI-Tagung „Neue Entwicklungen bei der Messung und Beurteilung der Luftqualität“ in Schwäbisch Gmünd vom 08.-09.06.2005.
- KOPSCH, J.: IAMAS-Tagung (The International Association of Meteorology and Atmospheric Sciences) in Beijing vom 02.-11.08.2005.
- KOPSCH, J.: XV. International Plant Nutrition Colloquium in Beijing vom 14.-19.09.2005.
- KOPSCH, J.: 4. Workshop „Ammoniak“ in Braunschweig (FAL) vom 09.-10.11.2005.

2006

- BÖCKER, R.: 4th International Conference on Biological Invasions NEOBIOTA - From Ecology to Conservation, 27.-29.09.2006, Wien.
- DIRK, M.: 4th International Conference on Biological Invasions NEOBIOTA - From Ecology to Conservation, 27.-29.09.2006, Wien.
- FANGMEIER, A.: Teilnahme und Vortrag auf dem Workshop on Agricultural Air Quality, Potomac, Maryland, USA, 04.-08.06.2006.
- FANGMEIER, A.: Workshop "Evaluation of a biotest battery" des Umweltbundesamtes, Berlin, 20.-23.09.2006.
- FANGMEIER, A.: Workshop "Atmospheric ammonia: detecting emission changes and environmental impacts" in Leith, Scotland, 04.-06.12.2006.
- FRANZARING, J.: Sitzung des VDI-Arbeitskreises „Bioindikation“ vom 09.-10.03.2006 an der FH Nürtingen.
- FRANZARING, J.: Sitzung des VDI-Arbeitskreises „Bioindikation“ vom 02.-03.11.2006 am Umweltbundesamt in Dessau.

- KOHLER, A.: 36th International Conference, International Association for Danube Research (JAD), Klosterneuburg & Vienna / Austria, 04.-08th September 2006.
- KOHLER, A.: Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Limnologie (DGL) und der deutschsprachigen Sektion der Societas Internationalis Limnologiae (SJL), Dresden, 25.-29th September 2006.
- REHNERT, M.: 4th. International Conference on Biological Invasions NEOBIOTA – From Ecology to Conservation, 27.-29.09.2006, Wien.
- SCHÄFER, B.: 4th International Conference on Biological Invasions NEOBIOTA - From Ecology to Conservation, 27.-29.09.2006, Wien.

VIII. Auslandstätigkeiten

- BÖCKER, R.: Exkursionen in die Sundarban Mangroven-Wälder und Sal-Wälder.
- BÖCKER, R.: (Floristisch-vegetationskundliche Exkursion und Aufnahmen im Wadi-Araba und Wadi-Rum, 12.-26.04.2004, Amman/Jordanien.
- ERBS, M.: Abschlussexkursion des Graduiertenkollegs 259 der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Vortrags- und Fortbildungsreise nach Peking, Xilin-Hot, Nanjing, Schanghai/China, 02.–16.10.2004.
- ERBS, M.: Tsukuba/Japan, 18.-22.10.2004.
- FANGMEIER, A.: Beijing/China, China Agricultural University, 21.02.-28.03.2004.
- FANGMEIER, A.: Uldum/Dänemark, European Field Excursion in Environmental Science im Rahmen der Euroleague for Life Science, 12.-15.08.2004.
- FANGMEIER, A.: Wien/Österreich, Universität für Bodenkultur, 03.-04.10.2004.
- FANGMEIER, A.: Beijing/China, China Agricultural University, 27.11.-02.12.2004.
- FRANZARING, J.: Kalamata/Griechenland 10.–13.02.2004.
- FRANZARING, J.: London/United Kingdom, 22.-27.08.2004.
- HÖGY, P.: Tsukuba/Japan, 18.–22.10.2004.
- KOPSCH, J.: Beijing/China, China Agricultural University (CAU), 27.11.-02.12.2004.
- KLUMPP, A.: EU-TAIEX Workshop “EU legislation and implementation of ambient air quality directives”, Debrecen/Ungarn, 05.-06.05.2004.
- KLUMPP, A.: China Agricultural University (CAU), Beijing, Seminar des internationalen DFG-Graduiertenkollegs “Sustainable Resource Use in North China” und DFG Sino-German Workshop on “Modeling material flows and production system for sustainable resource use in intensified crop production in the North China Plain”, 03.-08.07.2004.
- KOHLER, A.: Arbeitstreffen Donauprojekt, Universität Wien, mit Exkursionen, Wien/Österreich, 11.-18.04.2004.

- KOHLER, A.: Gewässerexkursionen mit Prof. Dr. Dr. h. c. SVEN BJÖRK (Universität Lund), Südschweden, 07.-19.08.2004.
- KOHLER, A.: Arbeitstreffen Donauprojekt, Universität Wien/Österreich, 12.-16.09.2004.
- FRANZARING, J.: Teilnahme an einem durch das BMVEL geförderten Deutsch-Polnischen Treffen in Kraków und Poznań (Projekt 22/05 Landwirtschaft und Umwelt – Schadstoffemissionen, Gegenmaßnahmen und Wirkungen von Luftverunreinigungen auf Kulturpflanzen – Agri-Enviro) vom 04.-09.12.2005. Das Treffen diente der Vorbereitung gemeinsamer Projekte mit deutschen, polnischen und französischen Partnern.
- KOHLER, A.: Universität Wien/Österreich, Universität Graz/Österreich, Arbeitstreffen Makrophyten mit Prof. Dr. G. JANAUER, Prof. Dr. F. WOLKINGER, 05.-15.05.2005.
- KOHLER, A.: Universität Lund/Schweden, Exkursionen mit Prof. Dr. h. c. Sven BJÖRK in Südschweden, 15.-27.06.2005.
- KOHLER, A.: Universität Wien/Österreich, Arbeitstreffen Makrophyten mit Prof. Dr. G. JANAUER, mit Exkursionen, 31.08.-04.09.2005.
- KOPSCH, J.: China, Beijing, Datenerhebung in Dongbeiwang, Quzhou und Wuqiao, 22.03.-31.05.2005.
- KOPSCH, J.: China, Beijing, Datenerhebung in Dongbeiwang, Quzhou und Wuqiao, 01.08.-15.10.2005.
- FANGMEIER, A.: Forschungsaufenthalt in Peking China, mit Vorträgen am College of Environmental Sciences, Beijing University, und an der Chinese Academy of Sciences, Beijing, 15.05.-22.05.2006.
- FANGMEIER, A.: Teilnahme an der Summer School „European Field Excursions in Environmental Sciences“, Grimsö, Schweden, 09.-14.07.2006.
- KLUMPP, A.: 3rd International Symposium on Air Quality Management at Urban, Regional and Global Scales and 14th IUAPPA Regional Conference, Istanbul, Türkei (Vortrag), 26.-30.09.2005.
- KLUMPP, A.: Polish Academy of Sciences, Institute of Botany, Dept. Ecology, Kraków und August-Cieszkowski Agricultural University of Poznań (ACAU), Dept. Ecology and Environmental Protection im Rahmen des Projekts Agri-Enviro (Förderung BMVEL). Vortrag und Ausarbeitung von EU-Projektanträgen, 04.-09.12.2005.
- KOHLER, A.: Arbeitstreffen Makrophyten mit PROF. DR. G. JANAUER, Universität Wien/Österreich, 16.-21.04.2006.
- KOHLER, A.: Arbeitstreffen Makrophyten mit PROF. DR. G. JANAUER, Universität Wien/Österreich, Donau-Theiss-Exkursion nach Ungarn mit Dr. V. SIPOS, Szentes, 11.-18.06.2006.
- KOHLER, A.: Exkursion Gewässer Süd-Schweden mit DR. D. JÄGER (Hohenems/Österreich) und PROF. DR. DR. H. C. SVEN BJÖRK (Universität Lund/Schweden), 30.06.-13.07.2006.

IX. Sonstige Tätigkeiten, Gäste

Sonstige Tätigkeiten

- BÖCKER, R.: Stellvertretender Landesvorsitzender des NABU-Baden-Württemberg
- BÖCKER, R.: Mitglied im Vorstand der Botanischen Arbeitsgemeinschaft Südwestdeutschland (BAS)
- BÖCKER, R.: Mitglied des Beirates für Umwelt und zukunftsfähige Entwicklung (bis 30.10.04)
- FANGMEIER, A.: Prorektor für Forschung der Universität Hohenheim (bis 30.09.2005)
- FANGMEIER, A.: Leiter des Life Science Center der Universität Hohenheim
- FANGMEIER, A.: 1. Vorstand der A.F.W. Schimper-Stiftung
- FANGMEIER, A.: Repräsentant der Subject Area „Environmental Sciences“ innerhalb der Euroleague for Life Sciences

Gäste

- VAICIUKYNAS, V. (Kaunas/Litauen), April bis Juli 2004
- HOSSEIN, E., Prof. Dr. (Dhaka/Bangladesh), September 2004
- LYSENKO, T., Dr. (Togliatti/Russland), Oktober bis Dezember 2004
- SIPOS, V., Dr., FALUSI Eszter und ZERNIG Frigues, Dipl. Ing. agr., 21.06.-03.07.2004: im Rahmen des Donaprojekts in Baden-Württemberg (Universität Gödöllő/Ungarn)
- SIPOS, V., Dr., 17.09. und 24.09.2004 (Universität Gödöllő/Ungarn)
- HE, Chun-e, China Agricultural University
- BOROWIAK, Klaudia, Dr., Department of Ecology and Environmental Protection of Agricultural University of Poznań, 12.-18.06.2005
- DRAPIKOWSKA, Maria, Dr., Department of Ecology and Environmental Protection of Agricultural University of Poznań, 12.-18.06.2005
- FALUSI, E., Dipl. Ing. agr., Universität Gödöllő / Ungarn, 29.06.-06.07.2005 und 11.-15.11.2005
- HE, Chun-e, China Agricultural University, Beijing, China, 01.01.-09.03.2005 und 21.10.-31.12.2005
- IVASK, Maria, Prof. Dr. , Estonian Agricultural University, Tartu, Estland, 10.-21.07.2005
- KUPIEC, Jurek, M. Sc., Department of Ecology and Environmental Protection of Agricultural University of Poznań, 12.-18.06.2005

LIMA, Josanidia Santana, Profa. Dra, Universidad Federal da Bahia, Instituto de Biologia, Laboratorio de Alternativas Viaveis a Impactos em Ecosystemas Terrestres – LAVIET, 01.05.-30.07.2005

LYSENKO, T., Dr. (Togliatti/Russland), Oktober bis Dezember 2005

PENKSZA, K., Prof. Dr., Universität Gödöllő / Ungarn, 29.06.-06.07.2005 und 11.-15.11.2005

ZHANG, Ying, China Agricultural University, Beijing, China, 23.10.-16.12.2005

LIU, Xuejun, Prof. Dr., China Agricultural University, Beijing, China, 06.10.-03.11.2005 und 09.11.-18.11.2006

LYSENKO, T., Dr. (Togliatti/Russland), August bis Oktober 2006

RODRIGUEZ, Judith Hebel, Dipl.-Biol., Universität Cordoba, Argentinien, 01.10.2006 – 30.09.2007

SHEN, Jianling, China Agricultural University, Beijing, China, 01.11.2006 - 29.01.2007

ZHANG, Ying, China Agricultural University, Beijing, China, 01.-30.11.2006

Auswirkungen solarer, klimatischer und atmosphärischer Komponenten auf landwirtschaftliche Erträge?

Effects of solar, climatic and atmospheric components on crop yields?

Jürgen Franzaring, Ingeborg Henning-Müller, Rainer Funk, Wilfried Hermann, Volker Wulfmeyer, Andreas Fangmeier

Schlüsselwörter: Klimawandel, Hohenheim, Erntestatistik, Ertragssensitivität, Ertragsvariabilität

Keywords: climate change, Hohenheim, yield statistics, yield sensitivity, year-to-year variability

Synopsis

In this paper we present historical time series of national, regional and farm agricultural statistics, nutrient use, solar radiation, climate components and atmospheric CO₂-concentrations, which may be useful in developing crop yield scenarios and adaptation strategies to future climate change. In order to filter yield statistics for intensification of agricultural practice over time, yields of the main crop species were expressed as deviations from the five year moving averages. Relating national yield deviations within the 20th century to anomalies of temperature and precipitation from 5 year moving averages showed some dependence of crop yields to monthly climatic statistics. Highest negative correlations were found between crop yields and summer temperatures, indicating that hot summers in a future climate will have negative impacts. Precipitation proved to be a less important factor to negatively affect crop yields in Germany and Hohenheim. Yield data for SW-Germany from the hot 1990s confirmed that for every degree temperature increase, yields decreased by 5-10 %. We suggest that historical yield data and local agrostatistical information may be useful in national and regional sensitivity analyses and developing mitigation strategies to climate change.

1 Einleitung

Der extreme Sommer des Jahres 2003 führte in Mittel- und Südeuropa zu Ernteeinbußen von vielerorts über 30 %, während in Nordeuropa insgesamt sehr gute Ernten erzielt wurden (EEA 2004). In Deutschland wiesen fünf von sieben Getreidearten Mindererträge auf (UBA 2004). Auch in Hohenheim war der Sommer 2003 bislang der heißeste mit einer mittleren Temperatur von 21.8° C gegenüber dem langjährigen Mittel (1878-2002) von 16.9° C (WULFMEYER & HENNING-MÜLLER, in review). Die langjährigen Zeitreihen von Hohenheim zeigen aber auch ohne den Extremsommer 2003, dass die

Jahresmitteltemperatur in der Periode von 1971-2000 gegenüber der von 1878-2000 um 0.6° C angestiegen ist. Der rezente Klimawandel und erste negative Folgen in vielen Weltregionen sind mittlerweile unbestritten, jedoch gibt es nach wie vor Diskussionen darüber, ob hierbei natürliche oder anthropogene Ursachen überwiegen.

2 Ertragsentwicklung in Deutschland und Hohenheim

Unbestritten hat die Intensivierung in der Landwirtschaft im Laufe der Zeit in Mitteleuropa zu höheren Erträgen und einer verbesserten Ertragsicherheit geführt (Abb. 1). Der Vergleich nationaler Erntestatistiken mit regionalen und betriebsbezogenen Ertragsdaten zeigt aber auch, dass es große Unterschiede bei verschiedenen Kulturarten und bezüglich des jeweiligen Aggregationsniveaus gibt, mit generell ausgeglicheneren Erträgen in der National- und Regionalstatistik gegenüber den z. B. durch lokale Unwetter betroffenen, auf Betrieb oder Schlag bezogenen Erträgen. Insgesamt lagen die Hohenheimer Erträge bei allen Kulturarten im letzten Jahrhundert über dem nationalen Ertragsniveau und über den in Baden-Württemberg erzielten mittleren Erträgen (Daten nicht gezeigt). Sie liegen aber beim Weizen (nicht aber bei der Zuckerrübe) etwas unter den auf dem Ihinger Hof (Kreis Böblingen) erzielten Erträgen und weisen erwartungsgemäß große Schwankungen zwischen einzelnen Schlägen auf.

Die Betrachtung des im 20. Jahrhundert auf menschliches Wirtschaften zurückgehenden Anstiegs der globalen CO_2 -Konzentrationen und des stark angestiegenen Einsatzes von Stickstoffdüngern erfolgt in Abbildung 2. Während der in diesem Zeitraum beobachtete CO_2 -Anstieg nur maximal 5 % der erfolgten Ertragssteigerungen erklären kann (AMTHOR 2001), hat der nach dem 2. Weltkrieg stark gestiegene Stickstoffeinsatz bei Getreiden etwa 25 % der Ertragssteigerung ausgemacht (Chloupek et al. 2004). Laut LÜTKE ENTRUP & OEHMICHEN (2000) sind Züchtungsfortschritte für ca. 40 % der Ertragssteigerungen nach dem Kriege verantwortlich.

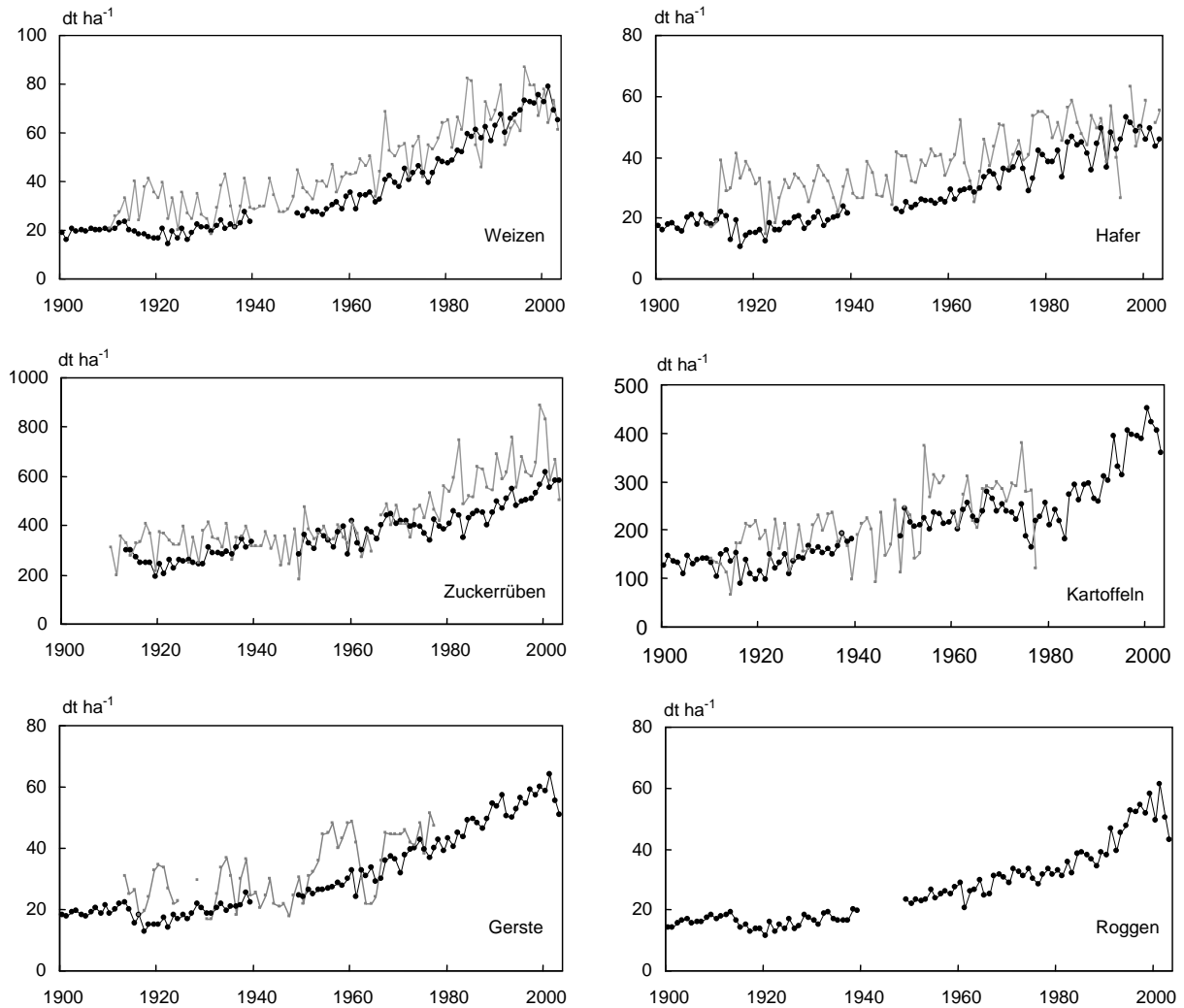


Abb. 1: Ertragssteigerungen bei sechs Kulturarten im 20. Jahrhundert. Nationale Erntestatistik Deutschlands (schwarze Punkte) und Ertragsentwicklung in Hohenheim (graue Punkte). Angaben nach Statistisches Bundesamt (1972) und www.fao.org, sowie DÜWEL-HÖSSELBARTH (1982) sowie FUNK (Daten ab 1978, pers. Mitteilung) für die Hohenheimer Ertragsdaten (keine Daten für Roggen).

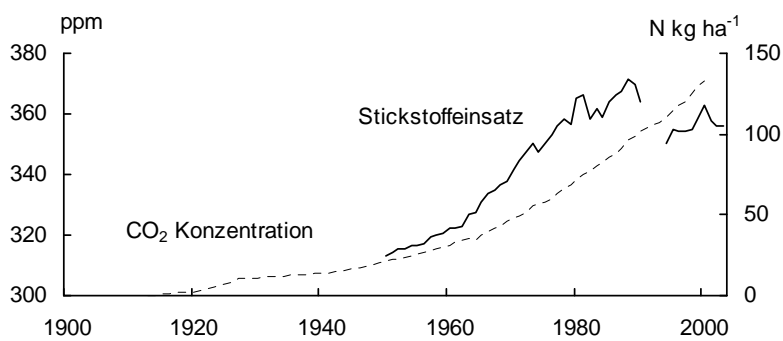


Abb. 2: Anstieg der globalen CO₂-Konzentrationen (gestrichelte Kurve) und Stickstoffeinsatz in der Landwirtschaft in Deutschland (schwarze Kurve) im 20. Jahrhundert nach Statistisches Bundesamt (2003).

3 Beeinflussung der Landwirtschaft durch solare Komponenten?

Als natürliche Ursache von Klima- und Ertragsschwankungen wurde schon früh die periodische Veränderung der Sonnenfleckenaktivität bzw. der Solar-konstante vermutet. KING et al. (1974) beobachteten bei Ertragsstatistiken aus den 1950er und 60er Jahren, dass die Erntevariabilität im Laufe eines Solarzyklus etwa 10 %, in einigen Ländern sogar über 50%, beträgt. Vermutlich lassen sich solche Effekte aufgrund der mittlerweile vorangeschrittenen Intensivierung der Landwirtschaft heute nur schwer aus Agrarstatistiken herausfiltern. Vorindustrielle Erntestatistiken jedoch sollten diese Zusammenhänge wegen der insgesamt noch extensiv betriebenen Landwirtschaft jedoch abbilden können. Dies könnten die gegenüber den Strahlungszyklen zeitlich versetzten Zyklen der Weizenpreise auf der Groninger Getreidebörse von 1706 bis 1855 bestätigen (Abb. 3). Hohe Preise in Zeiten schlechter Ernten waren in strahlungsarmen Jahren gehäuft, während niedrige Preise in Zeiten guter Ernten in strahlungsreichen Jahren auftraten. Demgegenüber waren keine deutlichen Beziehungen der Preise zu den mittleren Temperaturen und den Niederschlägen festzustellen (Daten nicht gezeigt).

In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass die rezente Klimaerwärmung in keinem deutlichen Zusammenhang zur Veränderung der Solar-konstante steht. So kommen SOLANKI & KRIVOVA (2003) nach der Auswertung von Rekonstruktionen und satellitengestützter Messungen zu dem Schluss, dass Veränderungen der an der Erdatmosphäre ankommenden Strahlung (Solar-konstante) nur unwesentlich zur rezenten Erderwärmung beigetragen haben können und damit anthropogene Ursachen der Globalen Erwärmung eindeutig die quasi-natürlichen dominieren (s. u.).

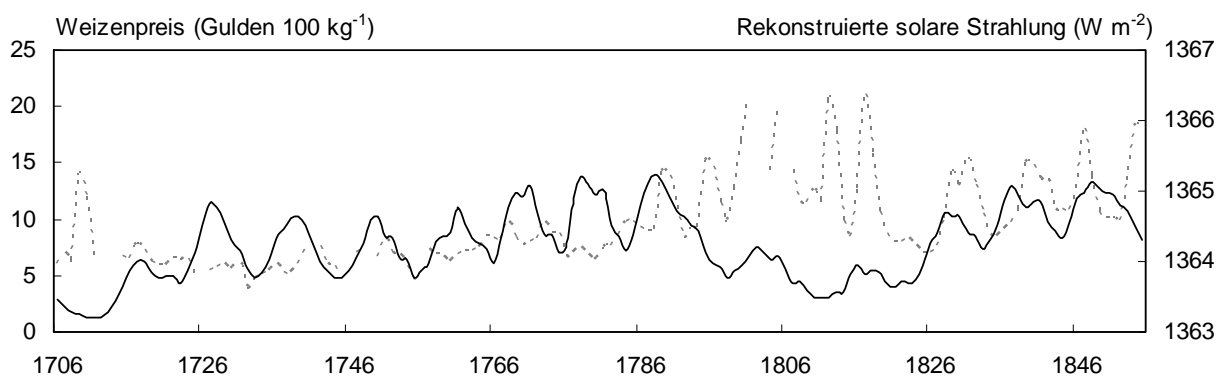


Abb. 3: Entwicklung der „vorindustriellen“ Weizenpreise (gestrichelte Linie) auf der Groninger Getreidebörse und der rekonstruierten solaren Strahlung (schwarze Linie) in dem Zeitraum von 1706-1855. Daten der Getreidepreise nach Nederlands Agronomisch Instituut (NAHI <http://odur.let.rug.nl/~nahi/tijms.htm>) und Daten der solaren Strahlung nach Solanki & Krivova (2003) und Krivova (pers. Mitteilung).

4 Klimaentwicklung in Deutschland und Hohenheim

Im Folgenden werden Klimadaten der Stationen Berlin und Hohenheim miteinander verglichen (Abb. 4) und in Beziehung zur Nordatlantischen Oszillation (NAO) und der Solaraktivität gesetzt.

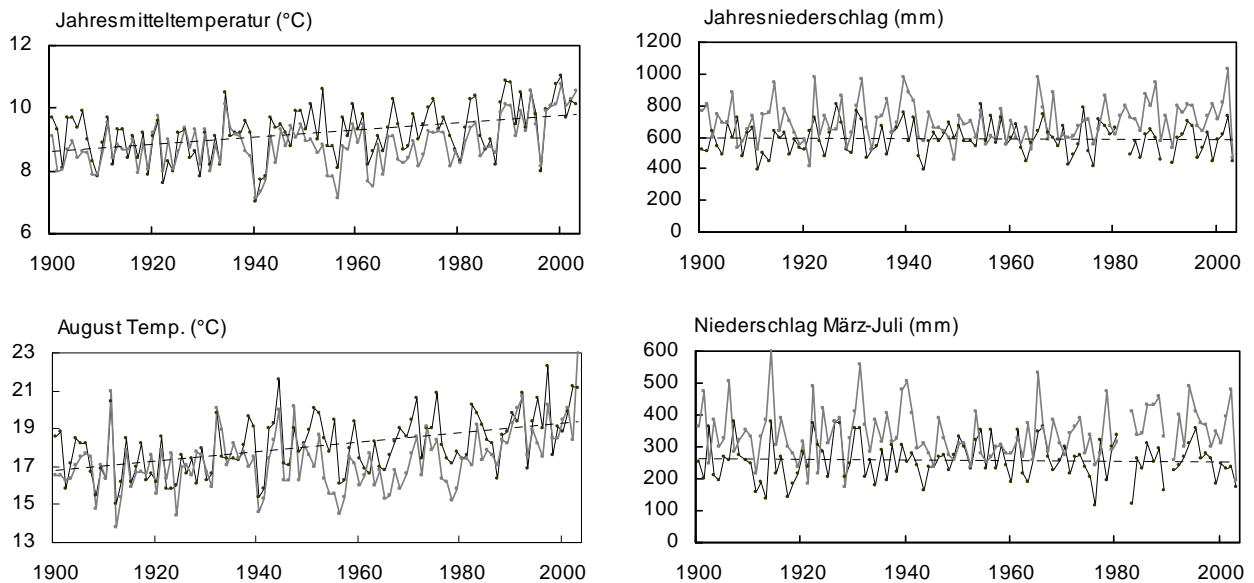


Abb. 4: Entwicklung der Jahrestemperaturmittel und Niederschlagssummen im 20. Jahrhundert in Berlin (schwarze Punkte) und Hohenheim (graue Punkte). Daten von Berlin nach www.wetterzentrale.de und von Hohenheim nach Henning-Müller (pers. Mitteilung).

Die Entwicklung der Klimaelemente weist an beiden Stationen einen sehr ähnlichen Verlauf auf. Sowohl in Berlin als auch in Hohenheim war bei den Jahresmitteltemperaturen über das 20. Jahrhundert ein leicht positiver Trend festzustellen. Bei den Niederschlägen war kein Trend festzustellen. Lagen die Temperaturen in Hohenheim zu Anfang und zur Mitte des letzten Jahrhunderts etwas unter denen des bei geringerer Höhe über NN gelegenen Berlins, so waren sie in den letzten 20 Jahren sehr vergleichbar mit dieser Station. Bei den Niederschlagssummen lag Hohenheim über das gesamte 20. Jahrhundert erwartungsgemäß deutlich über denen des kontinentaleren Berlins.

Sowohl die mittleren Temperaturen von Berlin als auch von Hohenheim zeigen im 20. Jahrhundert einen zeitweise ähnlichen Verlauf wie der NAO-Index, welcher die atmosphärischen Druckanomalien über dem Nordatlantik (zwischen Azorenhoch und Islandtief) beschreibt (Abb. 5). Die NAO ist vor allem im Winter ausgeprägt und ein positiver Index geht mit kräftigen Westwinden und vielen Zyklonen in den mittleren Breiten einher. In diesem Fall werden temperierte und feuchte Luftmassen nach Nord- und Mitteleuropa geführt, so dass mildes Klima vorherrscht. Ein negativer NAO-Wert bedeutet demgegenüber, dass die Zyklonen südlich in den Mittelmeerbereich geleitet werden und es in Mitteleuropa insgesamt kühler ist. Dies war z.B. in den Jahren 1987 und 1996 der Fall.

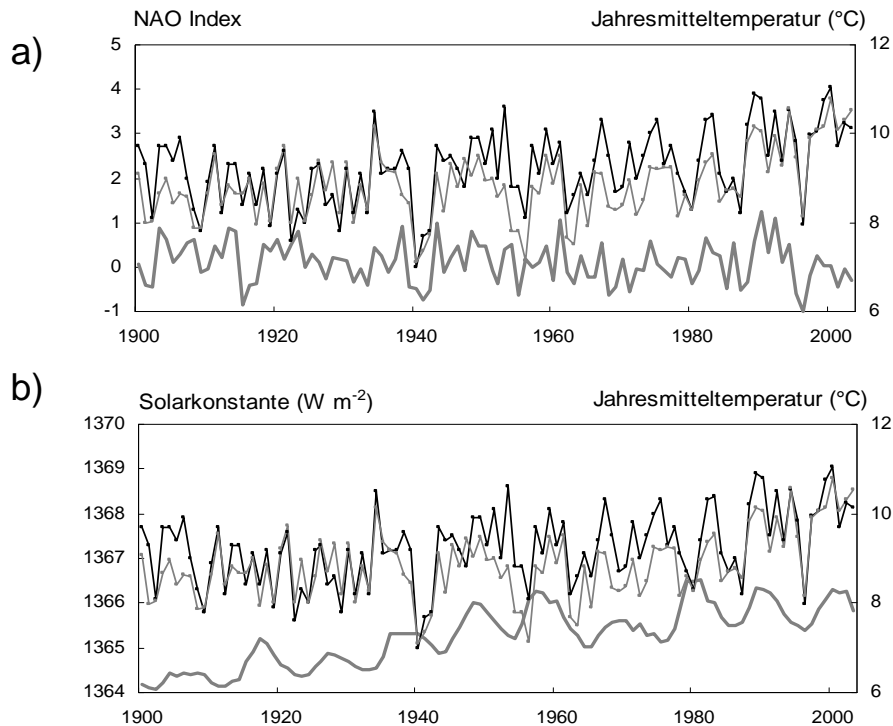


Abb. 5: Entwicklung der Jahrestemperaturmittel im 20. Jahrhundert in Berlin (schwarze Punkte) und Hohenheim (graue Punkte) im Vergleich **a)** zur Nordatlantischen Oszillation (dicke graue Linie) und **b)** im Vergleich zur Solaren Aktivität (dicke graue Linie). Daten des NAO-Index' nach <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/nao.htm> und Daten zur Solarkonstante nach Solanki & Krivova (2003) und Krivova (pers. communication).

Vergleicht man die Temperaturmittel auch mit den Daten der Solarkonstante (Abb. 5 unten), so sind hier nur wenige Übereinstimmungen festzustellen. Auffällig aber ist, dass die beiden erwähnten kühlen Jahre jeweils in den strahlungsarmen Jahren des Solarzyklus' auftraten. Trotzdem ist die Erwärmung der letzten Jahre nur unwesentlich von Schwankungen der Solarkonstante beeinflusst (s. o.) und auch andere natürliche Antriebskräfte wie der Vulkanismus tragen laut IPCC (2001) weitaus weniger zum beobachteten Temperaturanstieg bei als die anthropogen bedingte Erhöhung der Treibhausgaskonzentrationen.

5 Beeinflussung der Erträge durch das Klima - Sensitivitätsanalyse

Die Ertragsbildung von Nutzpflanzen unterliegt komplexen physiologischen, edaphischen und klimatischen Faktoren, die sich in dynamischen Wachstumsmodellen (z. B. DSSAT, CERES) parametrisieren lassen. Obwohl die Gültigkeit dieser Modelle unbestritten ist, liegen selbst bei Vorliegen langjähriger, zeitlich und räumlich hochaufgelöster Daten zu Bodenfeuchten, zur Phänologie und dem Klima die *a posteriori* modellierten Erträge meistens über den tatsächlich an einem Ort geernteten (verschiedene Beiträge in DOWNING et al. 2000). Um die Stärke der Beeinflussung der landwirtschaftlichen Erträge durch einzelne Klimaelemente bzw. deren zeitlichen Auftreten zu untersuchen, betrachteten SOJA & SOJA (2003) im Rahmen des österreichischen Klimafor-

schungsprogramms langjährige Ertrags- und Klimastatistiken aus dem Panonischen Raum. Sie konnten mit dieser Sensitivitätsanalyse nachweisen, in welchen Monaten sich im 20. Jahrhundert besondere Klimabedingungen in Ernteverlusten auswirkten. Aus Klimamodellen kann anschließend entnommen werden, inwieweit sich die für die Landwirtschaft als kritisch identifizierten Klimabedingungen in den nächsten Jahrzehnten verändern werden, woraus sich vorläufige Aussagen für die landwirtschaftliche Produktion bzw. zu Anpassungsstrategien ableiten lassen.

In Anlehnung an SOJA & SOJA (2003) wurden die Ertragsdaten Deutschlands von Intensivierungseffekten bereinigt, indem die jährlichen Erträge als Abweichungen vom gleitenden Fünfjahresmittel betrachtet wurden. Diese Daten wurden anschließend mit den entsprechenden Temperatur- und Niederschlagsanomalien bzw. den für einzelne Monate ermittelten Klimadaten korreliert. Für die nationalen Erträge wurden hierbei die monatlich aufgelösten Klimadaten der Wetterstation Berlin benutzt und die Hohenheimer Erträge wurden mit den monatlichen Klimadaten der Wetterstation Hohenheim korreliert. Beispiele hierfür sind in Abb. 6 dargestellt.

Die Ergebnisse der nationalen Sensitivitätsanalyse sind in Tabelle 1 dargestellt. Obwohl keine hochkorrelierten Zusammenhänge ($r > 0.6$) zwischen Ertragsabweichungen und einfachen Klimaelementen auftraten, sind die Ergebnisse insgesamt plausibel. Die höchsten Korrelationskoeffizienten zwischen Ertragsabweichungen und Klimaelementen wurden erwartungsgemäß beim thermophilen Wein festgestellt. Die Weinerträge korrelieren in Deutschland mit hohen Sommertemperaturen, während es bei hohen Niederschlagsmengen im Juni zu Ertragsverlusten kommt. Demgegenüber sind hohe Junitemperaturen mit Ertragsverlusten beim Getreide korreliert, was auf die starke Temperaturanfälligkeit der Anthese zurückgehen dürfte.

Die Temperatursensitivität ist beim Hafer am größten, gefolgt von Gerste, Roggen und Weizen. Auch die Erträge der Kartoffel erwiesen sich in der Analyse als thermosensitiv. Im Gegensatz zu den Getreidearten waren aber nicht die Juni- sondern die Julitemperaturen mit Ertragsabweichungen korreliert.

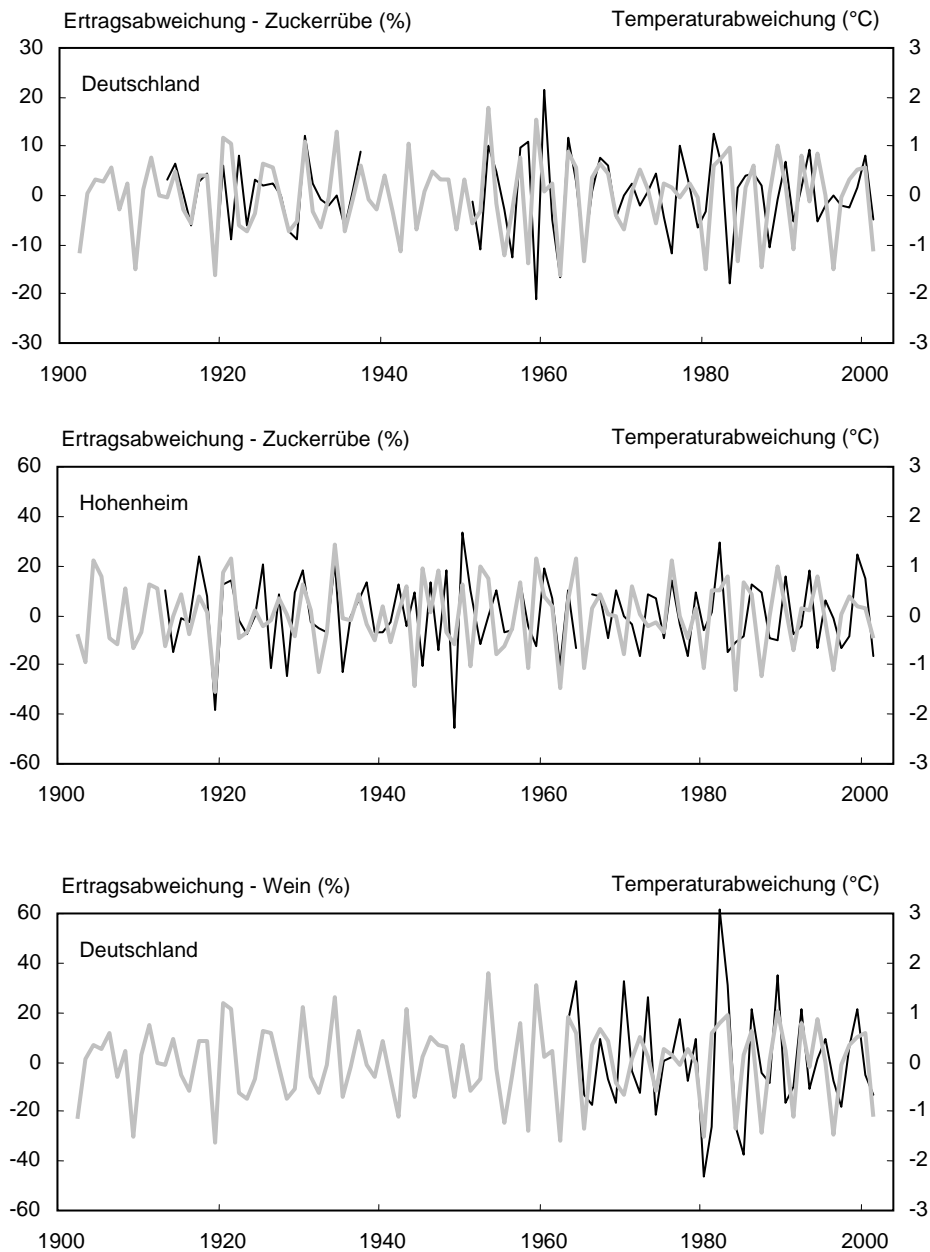


Abb. 6: Ertrags- und Temperaturabweichungen von gleitenden Fünfjahresmitteln bei der Zuckerrübe in Deutschland (oben) und in Hohenheim (Mitte), sowie Ertragsabweichungen beim Wein (unten). Ertragsabweichungen: schwarz, Temperaturabweichungen: grau. Den nationalen Erntestatistiken sind die Temperaturabweichungen der Monate März bis Juli der Station Berlin gegenübergestellt und der Hohenheimer Erntestatistik die dort über fünf Sommermonate gemessenen Daten. Klimadaten von Berlin nach www.wetterzentrale.de und von Hohenheim nach Henning-Müller (pers. Mitteilung). Daten der Weinerträge Deutschlands (ab 1961) nach FAOSTAT.

Auch die Niederschlagssummen erwiesen sich in dieser Analyse erwartungsgemäß als ertragsbeeinflussend. Hohe Juliniederschläge führten im 20. Jahrhundert bei den nationalen Erträgen zu Ertragseinbussen (*Verregnen* der Ernten), was auf die Bedeutung des Pilzbefalls, von Liegeschäden und des Auswachsens des Getreides hindeutet. Am sensitivsten erwies sich hierbei der Weizen, gefolgt von Roggen und Gerste, wohingegen der später reifende Hafer hiervon unbeeinflusst blieb. Hafer wurde im Gegensatz zu den anderen Getreidearten aber positiv durch hohe Juniniederschläge beeinflusst.

Tab. 1: Korrelationen zwischen Klimaelementen und den Abweichungen der nationalen Erträge vom gleitenden Fünfjahresmittel für sieben Kulturarten im 20. Jahrhundert. Datengrundlage: nationale Erträge nach Statistisches Bundesamt (1972) und FAOSTAT und Klimadaten von Berlin (www.wetterzentrale.de). Fett gezeichnet sind die Korrelationskoeffizienten >0.3 (Produktmomente), die eine leichte Beziehung andeuten.

	Weizen	Roggen	Gerste	Hafer	Kartoffel	Zuckerrübe	Wein
Temperatur							
JAN	0,175	0,007	0,157	-0,012	-0,265	-0,232	0,082
FEB	-0,028	-0,097	0,028	-0,110	-0,108	0,136	-0,046
MAR	0,118	0,078	0,220	0,130	-0,056	0,139	0,088
APR	0,052	-0,059	0,022	0,085	-0,106	0,017	-0,088
MAY	-0,040	-0,055	-0,133	-0,190	0,135	0,287	0,159
JUN	-0,243	-0,323	-0,434	-0,551	0,139	0,211	0,491
JUL	0,116	0,127	0,083	-0,211	-0,302	-0,142	0,394
AUG	0,113	0,115	0,079	-0,015	-0,217	-0,106	0,172
SEP	-0,100	-0,048	-0,045	0,045	-0,235	-0,094	0,331
OCT	0,157	0,173	0,237	0,227	-0,133	0,031	0,002
NOV	0,084	0,070	0,108	0,061	0,003	0,289	0,285
DEC	-0,121	0,038	-0,034	-0,009	0,064	0,108	0,049
Jahresmittel	0,061	-0,002	0,076	-0,102	-0,208	0,122	0,322
Mittel März-Juli	0,013	-0,077	-0,065	-0,251	-0,076	0,199	0,409
Mittel Jun-Aug	-0,013	-0,047	-0,140	-0,386	-0,177	-0,007	0,542
Abweichung März-Juli	0,014	-0,079	-0,092	-0,305	-0,066	0,266	0,507
Abweichung Jahresmittel	0,057	-0,004	0,052	-0,135	-0,249	0,190	0,439
Niederschlag							
JAN	-0,062	-0,173	-0,158	-0,158	-0,231	-0,139	0,062
FEB	-0,063	-0,137	-0,031	0,003	-0,028	0,006	-0,051
MAR	-0,120	-0,275	-0,278	-0,213	0,172	0,102	0,049
APR	-0,250	-0,236	-0,150	-0,194	-0,151	-0,180	0,177
MAY	0,038	0,049	-0,034	0,151	-0,011	0,021	-0,139
JUN	0,048	0,068	0,152	0,310	-0,151	0,049	-0,306
JUL	-0,392	-0,331	-0,250	-0,038	0,151	0,220	-0,208
AUG	-0,101	-0,084	-0,113	-0,213	0,162	0,093	0,034
SEP	0,004	0,053	-0,031	0,016	0,207	0,266	-0,293
OCT	0,165	0,169	0,068	0,024	0,049	0,021	-0,012
NOV	-0,049	0,058	-0,049	-0,078	0,056	-0,004	0,228
DEC	0,077	0,101	0,065	0,202	0,096	0,019	-0,101
Summe	-0,235	-0,214	-0,220	-0,020	0,115	0,187	-0,135
Summe März-Juli	-0,336	-0,324	-0,227	0,067	0,028	0,145	-0,244
Abweichung Jahressumme	-0,244	-0,221	-0,238	-0,049	0,105	0,180	-0,052
Sonnenflecken	0,023	-0,009	0,019	-0,053	0,075	0,042	-0,018
Solarkonstante	-0,002	-0,017	0,004	-0,032	0,031	0,026	-0,063

Bei den Korrelationen der Hohenheimer Ertragsabweichungen mit den nach Monaten differenzierten Klimaelementen (Daten nicht gezeigt) wurden insgesamt weniger Zusammenhänge als bei der nationalen Betrachtung festgestellt. Die negative Beziehung zwischen Niederschlägen und den Weizen-ertragsabweichungen war in Hohenheim aber deutlicher als auf nationaler Ebene und betrug für Juliniederschläge $r: -0.42$ und die Niederschlagssumme von März bis Juli sogar $r: -0.57$. Die in Hohenheim insgesamt höheren Sommerniederschläge schienen sich also stärker auf die Ertragsbildung auszuwirken als im nationalen Mittel. Abschließend ist noch zu erwähnen, dass weder die auf nationaler Ebene noch in Hohenheim beobachteten Ertragsabweichungen mit den solaren Komponenten korrelierten.

6 Fazit

Obwohl zwischen den Ertragsabweichungen und den monatlich aufgelösten Klimaelementen insgesamt keine sehr hohen Korrelationen bestanden, konnten die Resultate doch artspezifische Klimasensitivitäten mehr oder weniger gut abbilden. Der Vergleich der nationalen Ernten mit den in Hohenheim beobachteten ergab, dass die Erträge in Hohenheim im 20. Jahrhundert weniger stark auf erhöhte Temperaturen und stärker auf hohe Niederschlagsmengen reagierten als die nationalen Erträge.

Betrachtet man nur die seit den 1990er Jahren in Südwestdeutschland erzielten Erträge, so fällt aber auf, dass es in diesem „heißen Jahrzehnt“ deutlichere Beziehungen zwischen den Sommertemperaturen und den Erträgen gab als die Hohenheimer Daten für den Zeitraum 1900-2003 nahe legten. So wirkten sich hohe Julitemperaturen besonders bei der Kartoffel (R^2 : 0.44), dem Weizen (R^2 : 0.37) und dem Hafer (R^2 : 0.36) negativ aus, wohingegen die Erträge der thermophilen Zuckerrübe und des Körnermais keine Beziehung zur Julitemperatur aufwiesen.

Abb. 7: Beziehung der in den 1990er Jahren in Südwestdeutschland bei drei Getreidearten erzielten Erträge zur Sommermitteltemperatur (März bis Juli). Ertragsdaten der Kreise Karlsruhe, Stuttgart und Konstanz nach Statistisches Landesamt BW und Klimadaten nach www.dwd.de.

Auch die über März bis Juli erreichte mittlere Sommertemperatur zeigte im Südwesten Deutschlands in den 90er Jahren deutlichere Beziehungen zu den Erträgen. Bei den Getreiden ging eine Temperaturerhöhung von einem Grad Celcius mit Ernteverlusten von ca. 8 % einher.

Abschließend muss noch erwähnt werden, dass neben klimatischen auch phytotoxische atmosphärische Komponenten zu „versteckten Ertragseinbussen“ führen können. So sind die in Baden-Württemberg von 1990 bis 2003 erzielten Erträge der Zuckerrübe negativ mit der Anzahl der Tage mit hohen Ozonkonzentrationen korreliert (Abb. 8). Da beide Größen ihrerseits nur schwach mit den Sommertemperaturen oder den -niederschlägen korreliert sind, könnte es sich hierbei tatsächlich um negative Wirkungen des in Südwestdeutschland verbreiteten Sommersmogs auf die Zuckerrüben erträge handeln. Bei den anderen Kulturarten waren solche Beziehungen nur schwach ausgeprägt.

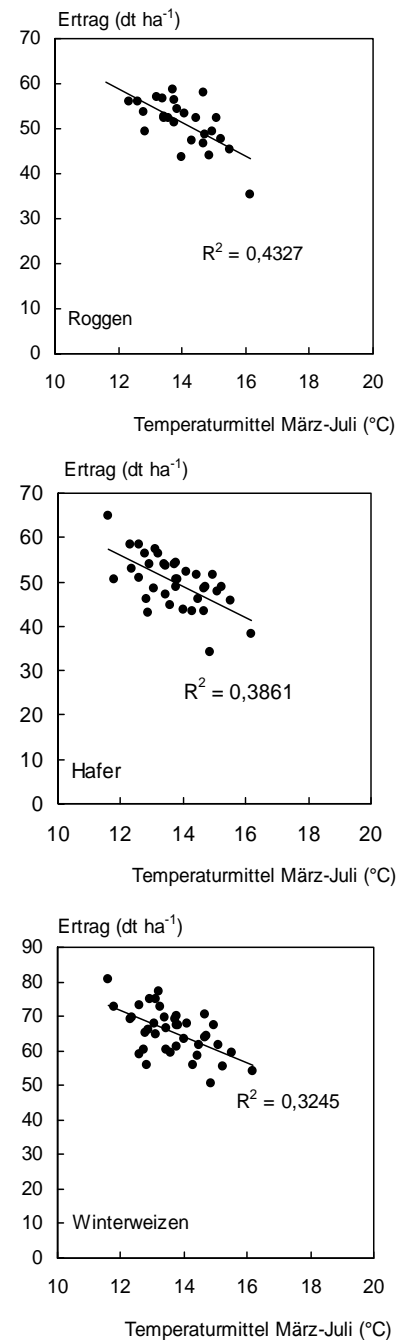
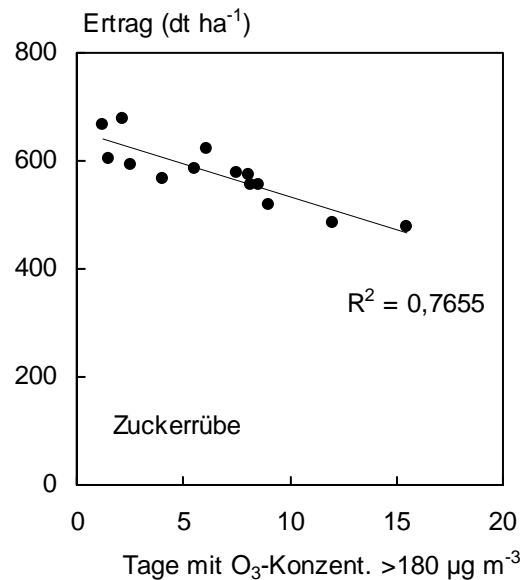


Abb. 8: Beziehung der baden-württembergischen Zuckerrübenenerträge zur Anzahl der in diesem Bundesland auftretenden Tage mit hohen Ozonkonzentrationen ($O_3 > 180 \mu\text{g m}^{-3}$). Die Daten beziehen sich auf den Zeitraum 1990 bis 2003. Ertragsdaten nach Angaben des Statistischen Landesamts BW und Daten zur Ozonbelastung nach UMEG (2004).



Neben der weiteren regional differenzierten Betrachtung von Beziehungen zwischen Klimaelementen und landwirtschaftlichen Erträgen und der Ertragsvariabilität sollte sich die Klimawirkungsforschung in Zukunft auch der Frage der möglichen Beeinflussung der Nahrungsmittelqualität durch den Klimawandel widmen. Hierbei müssen neben der Untersuchung der Wirkung veränderter Klimaelemente auch Veränderungen der Konzentrationen atmosphärischer Spurenstoffe, z. B. CO_2 und O_3 (FUHRER 2003) sowie die voranschreitende Eutrophierung berücksichtigt werden.

Danksagung

Wir möchten uns für die Bereitstellung von langjährigen Daten der Solarkonstante (rekonstruiert und gemessen) bei Frau Dr. Natalie Krivova Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung in Lindau bedanken. Frau Ingeborg Henning-Müller vom Institut für Physik und Meteorologie der Universität Hohenheim sei für die Bereitstellung der Hohenheimer Klimadaten gedankt. Für die Bereitstellung umfangreicher Daten zu langjährigen landwirtschaftlichen Erträgen danken wir Herrn Rainer Funk von der Versuchsstation für Nutztierbiologie und Ökologischen Landbau der Universität Hohenheim und Herrn Dr. Wilfried Herrmann von der Versuchsstation für Pflanzenbau und Pflanzenschutz Ihinger Hof.

Literatur

- AMTHOR, J. S. (2001): Effects of atmospheric CO_2 concentration on wheat yield: review of results from experiments using various approaches to control CO_2 concentration. *Field Crops Res.* 73: 1-34.
- CHLOUPEK, O., HRSTKOVA, P., SCHWEIGERT, P. (2004): Yield and its stability, crop diversity, adaptability and response to climate change, weather and fertilisation over 75 years in the Czech Republic in comparison to some European countries. *Field Crops Research* 85: 167-190.

- DOWNING, T. E., HARRISON, P. A., BUTTERFIELD, R. E., LONSDALE, K. G. (2000): Climate Change, Climatic Variability and Agriculture in Europe. An Integrated Assessment. Environmental Change Institute, Oxford. Research Report 21, 445 pp.
- DÜWEL-HÖSSELBARTH, W. (1982): Chronik der Hohenheimer Meteorologischen Beobachtungen der Jahre 1878-1977.
- EEA (2004): Impacts of Europe's changing climate. An indicator based assessment. EEA-Report 2/2004, 107 pp.
- FUHRER, J. (2003): Agroecosystem responses to combinations of elevated CO₂, ozone, and global climate change. Agriculture, Ecosystems & Environment 97: 1-20.
- KING, J. W., HURST, A. J., SLATER, A. J., SMITH, P. A., TAMKIN, B. (1974): Agriculture and sunspots. Nature 252: 2-3.
- IPCC (2001): Climate Change 2001. The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 881 pp.
- LÜTKE ENTRUP, N., OEHMICHEN (2000): Lehrbuch des Pflanzenbaues. Band 2: Kulturpflanzen. Mann Verlag Gelsenkirchen. 856 S.
- SOJA, A.-M., SOJA, G. (2003): Dokumentation von Auswirkungen extremer Wetterereignisse auf die landwirtschaftliche Produktion. Abschlussbericht StartClim 3b, 106 S., ARC Seibersdorf Research. www.austroclim.at/startclim/bericht2003/StCl03b.pdf.
- SOLANKI, S. K., KRIVOVA, N. A. (2003): Can solar variability explain global warming since 1970? Journal of Geophysical Research 108: 7-1-7-8.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (1972): Bevölkerung und Wirtschaft 1872-1972, hrsg. von Fürst, W., anlässlich des 100 jährigen Bestehens der amtlichen Statistik. Stuttgart/Mainz.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2003): Produzierendes Gewerbe, Düngemittelversorgung. Fachserie 4 / Reihe 8.2, 23 S., Wiesbaden.
- UBA (2004): Jahresbericht 2003. www.umweltbundesamt.de
- UMEG (2004): Ozon in Baden-Württemberg 2003. Bericht-Nr.: 21-01/2004, 34 S. Zentrum für Umweltmessungen, Umwelterhebungen und Gerätesicherheit Baden-Württemberg.
- WULFMEYER, V., HENNING-MÜLLER, I. (in review): The climate station of the University of Hohenheim: analyses of air temperature and precipitation time series since 1878.

Adresse Autor:

Jürgen Franzaring

Universität Hohenheim, Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie -320-

Fachgebiet Pflanzenökologie und Ökotoxikologie

Ökologiezentrum 2, August-von-Hartmann-Str. 3, 70599 Stuttgart

Tel. +49 711 459 23693, Fax +49 711 459-23044,

e-mail: franzari@uni-hohenheim.de

Functional test report of plant growth chambers recently installed at the Institute for Landscape and Plant Ecology

Jürgen Franzaring, Andreas Fangmeier, Andreas Klumpp, Petra Högy and the students of the ENVIROFOOD module “Global Change”

Keywords: climate change, crop yields, CO₂ enrichment study

Schlüsselwörter: Klimawandel, Ertragsbildung, CO₂-Anreicherungsversuch

Synopsis

In January 2006, a test run of the Institute’s recently acquired plant growth chambers was commenced with two out of six chambers. In the framework of a student practical pre-grown plants of wheat (*Triticum aestivum*), corn (*Zea mays*), goose-foot (*Chenopodium album*) and amaranth (*Amaranthus retroflexus*) were transferred into two chambers and exposed to ambient and elevated CO₂ concentrations. At first the chambers were operated with a simple day profile for temperature, humidity and light. Later on the programmed daily profiles of temperature and relative humidity as well as the ambient levels of carbon dioxide were based on hourly averages of the season 2005 (1 May to 31 August) measured at the Heidfeldhof experimental farm of the University of Hohenheim. Pre-set light conditions were also adapted to the hourly seasonal averages with 100% light output set to the average noon global radiation levels.



In order to measure the photosynthetically active radiation (PAR) within the chambers, a quantum yield sensor was operated in both chambers. Furthermore, a combined temperature/humidity sensor was installed to compare the records for these parameters to those registered by the chamber data acquisition system. Following short communication reports on the first experiences with and the operation quality of the climate chambers.

1. Introduction

1.1 Background

In **Resolution #2** the scientific community at the XVII International Botanical Congress (Vienna) urged in its closing session on 23 July 2005 that Global Change issues need to be addressed in plant related studies for the following reasons: “*Plants form the green roof of the biosphere are primary transducers of solar energy and atmospheric chemistry, and are also first responders to global environmental change; Plants in forests and natural ecosystems in general are already responding to the current sharp rise in atmospheric carbon dioxide, unprecedented in the history of human occupation of the planet. It is thereby resolved by the XVII International Botanical Congress that: We cannot simply continue to observe the uncontrolled global environmental change. As a matter of urgency, facilities for controlled, ecosystem-scale experiments are*

required now, supported by commitments that match those presently devoted to space and planetary sciences. Without such facilities, experiments, and international research activities, we have little prospect of understanding, anticipating and taking advantage of the mechanisms that underlie functional biodiversity in plants of major forest biomes such as the boreal, temperate, humid and dry tropical forests. These ecosystem processes mediate most of the exchanges between the terrestrial biosphere and the atmosphere, and are vital to sustained human habitability of Earth.”

1.2 Objectives

In order to perform controlled ecophysiological studies on plant responses to selected climatic parameters, elevated concentrations of carbon dioxide as well as selected air pollutants (e.g. ozone) plant growth chambers were recently purchased by the Institute of Landscape and Plant Ecology. The quantity of six chambers and the space within each chamber (2 m²) will allow us to perform pot experiments with a sufficient number of replications and treatments. The investigations will focus on the whole plant and biochemical levels and will complement the field studies, e. g. Mini FACE experiments we currently perform at the Heidfeldhof experimental farm of the University of Hohenheim.. Chambers were operated for the first time in January 2006 during a student practical within the ENVIROFOOD module “Global Change Issues”. These **plant growth experiments** aimed at investigating plant responses to elevated CO₂ concentrations. After the practical, the test run of the chambers was continued using the daily climate and CO₂ profiles determined at the Heidfeldhof farm in the summer season 2005. In the scope of this **simulation experiment** temperature, humidity and light measurements were performed within the chambers to test the output and quality of the facilities.

2. Materials and Methods

2.1 Operation of plant growth chambers

The specifications of the climate chambers are as follows. Vötsch VB 1514/S BioLine plant growth chambers coupled to a Simcon/32-Net control system and Simpati 2.0 software run on a personal computer. Each plant growth chamber has a usable area of 1.7 m² and a chamber volume of 2 m³. For the supply of carbon dioxide 40 kg flasks of a purity of 3.5 (99.95 %) were coupled to a series of pressure reducing valves with a final pressure at the chamber inlet of ca. 3 bar.

The test programme for running the chambers was written using the editor of the Simpati 2.0 software. During the student practical (i.e. the plant growth experiments) simple daily profiles for temperature, air humidity and light supply were initially edited using the graphical editor of the software. CO₂ was applied at a constant mode during daylight hours with one chamber receiving 400 ppm (ambient) and the other 770 ppm (elevated). Later on (i. e. in the simulation ex-

periment) the test programme was modified representing the daily profile determined from measurements performed between 1 May and 31 August 2005 at the university farm Heidfeldhof. 24 average hourly seasonal values for temperature, humidity and ambient carbon dioxide were thus programmed for daily cycles repeated in a continuous loop (14 days). Pre-set values were identical in the two chambers for temperature, relative humidity and light conditions. For the latter we chose to set the average seasonal noon values of global radiation to 100 % light output and to adjust all the average values relative to this value. For one chamber we programmed the hourly levels of CO₂ concentrations measured outside during the summer 2005. While this was hence regarded as the “ambient” treatment, the second chamber received “enriched” concentrations of carbon dioxide by adding 200 ppm to the hourly ambient averages. The “Heidfeldhof 2005” profile of the pre-set values is indicated in Figure 1.

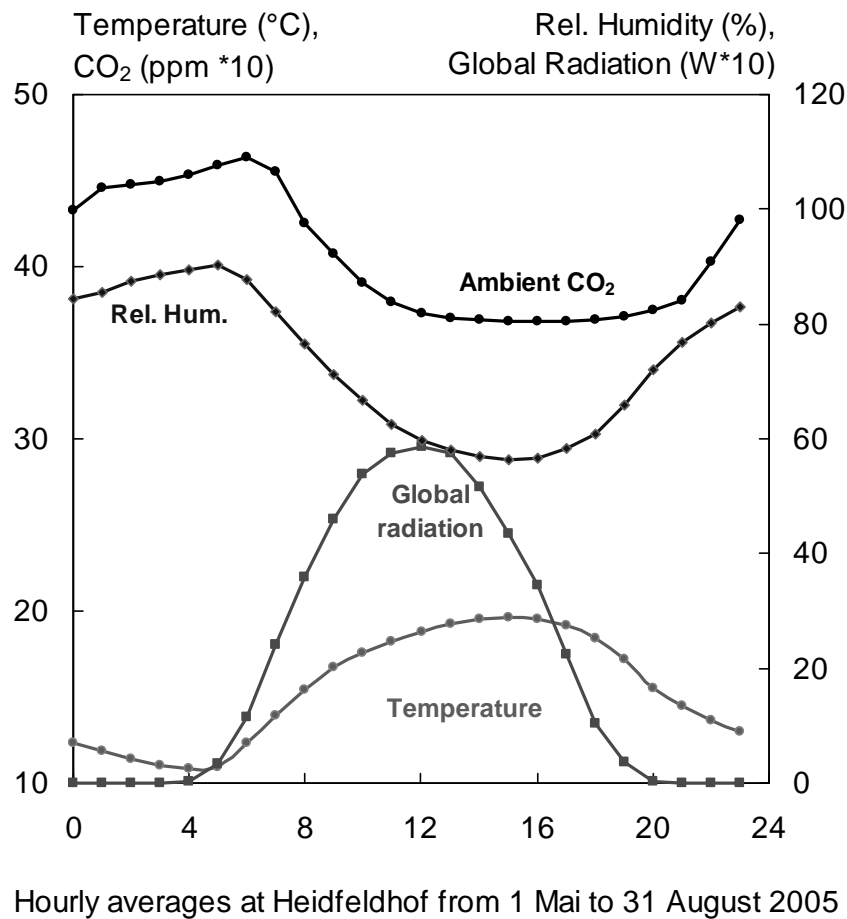


Figure 1: Hourly seasonal averages for temperature, relative humidity, global radiation and ambient carbon dioxide concentrations measured during the summer 2005 at the Heidfeldhof university farm. In the scope of a simulation experiment the profiles of these environmental variables were uploaded into the control system of the plant growth chambers.

2.2 Determination of environmental parameters

In order to measure the levels of photosynthetically active radiation (PAR) emitted by the lamp system during the simulation experiment, we used a quantum yield sensor coupled to a Datahog 1 datalogger (Skye). A Datahog 2 equipped with an integral Relative Humidity/Temperature sensor was used to check whether readings for these parameters were identical to those recorded by the chamber data acquisition system. The data logged by both Datahog systems were transferred to a PC using the SkyLynx Standard 2.6 software. Data records were adjusted to 15 min intervals by the Simpati 3.0 software and to 10 min intervals using the SkyLynx software. After logging all data was transferred to and analysed using Windows-Excel software.

2.3 Plant cultivation

Plants of corn, summer wheat, amaranth and goose-foot were pre-grown in a greenhouse between November 2005 and January 2006. Temperature in the greenhouse varied between 10° C at night and 23° C at noon and light was supplied for 14 h per day. On 2 January 2006, plants (12 per species and treatment) were transferred to the plant growth chambers with noon and midnight temperatures of 21.5° C and 11.5° C, respectively. Plants were watered and fertilised on demand. Wheat plants were treated with a fungicide when first pest infestations were observed. Air humidity in the chambers varied between 49 % and 72 % and carbon dioxide during the day was kept at 400 (ambient) and 770 ppm (elevated), respectively. After three weeks, on 23 January 2006, most of the plants were harvested in the framework of a student practical, while the rest remained in the chambers during the simulation experiment. Plant harvest in the practical was based on determining plant height and percentage of senescent leaves of each of the 96 plants. Students proceeded to separate the different aboveground fractions (stems, flowers, green and senescent leaves) of the four plant species. Fresh and dry weights of these fractions were determined and the leaf area of the green leaves was determined using a LiCor leaf area meter.

3. Results

3.1 Plant growth experiments

3.1.1 Environmental control of the chambers

Both, temperature and relative humidity in the chambers followed the pre-set values very closely (data not shown). The daylight CO₂ concentrations in the two treatments of the plant growth experiment were very close to the set levels of 400 and 770 ppm, respectively (Fig. 2). During nighttime, when no CO₂ was supplied, respiration of the plants increased the nighttime concentrations significantly. As plants grew, respiration levels increased over time in both chambers. However, the night time CO₂ levels were generally higher in the elevated treatment. Overall, the CO₂ supply to the chambers worked fine in the plant

growth experiment. The high concentrations of nighttime carbon dioxide due to the plant's respiration of over 1000 ppm may be somewhat avoided by also operating the CO₂ control at night (see below).

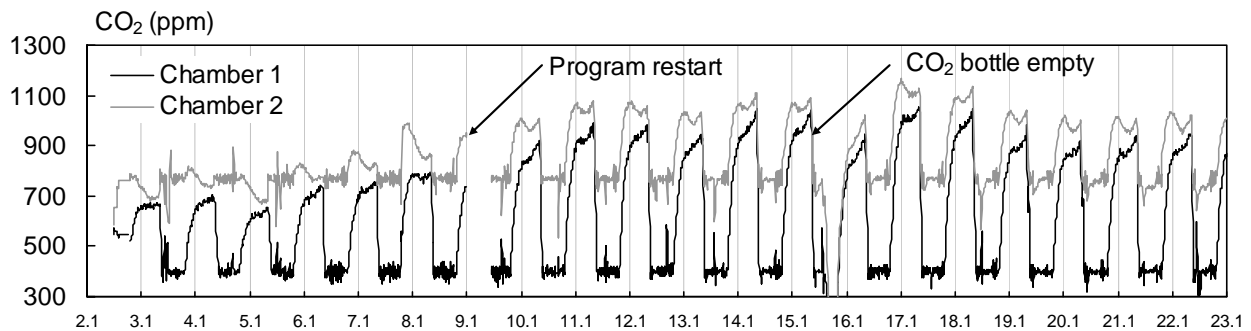


Figure 2: CO₂ concentrations in two plant growth chambers (January 2006). Daylight set CO₂ levels were 400 (chamber 1) and 770 ppm (chamber 2), respectively. Data were recorded over a 15 min sampling interval. Arrows indicate missing values (program restart) and the fading CO₂ supply due to an empty CO₂ bottle.

3.1.2 Plant responses to two levels of carbon dioxide

Plants of all four species (two C₃ and two C₄ species) cultivated in the growth chambers were healthy except of some leaf crinkling due to lice attacks in *Chenopodium*. At harvest, the same species showed medium to strong occurrence of senescence and seed onset as its life cycle was nearly finished. The growing cycle of the other species was not yet finished, but amaranth was fully flowering and wheat was about to flower at final harvest.

On the average, samples of the crop plants corn and wheat were taller in the elevated CO₂ treatment (Fig. 3) and wheat had more ears in CO₂-enriched air. However, height of the weeds amaranth and goose-foot was not affected by the elevated levels of carbon dioxide. In all four species - irrespectively of the species belonging to weeds or crops or to C₃ and C₄ species - plants produced more shoot biomass on the average under elevated levels of carbon dioxide. Shoot biomass increased due to elevated CO₂ in wheat, corn, goose-foot and amaranth by 52, 39, 19 and 17 %, respectively (Fig. 4). These results suggest that crop plants have greater potential to use increasing levels of CO₂ than weed plants. On the other hand, the C₄ plants corn and amaranth showed lower increases in shoot biomass under elevated CO₂ than their C₃ counterparts wheat and goose-foot. Latter results are well in line with notions made in textbooks and are affected by the different photosynthetic responses of C₃ and C₄ species to rising levels of carbon dioxide. On the other hand, the large increase in biomass observed in our experiments is somewhat different from results mentioned in the literature. As a general rule an increase of crop biomass of up to 30 % is found in C₃ crops at a doubling of CO₂ levels. This increase refers to increased yields (i.e. harvestable plant parts), but our experiments were not lasting long enough to determine final crop yields (and harvest indices).

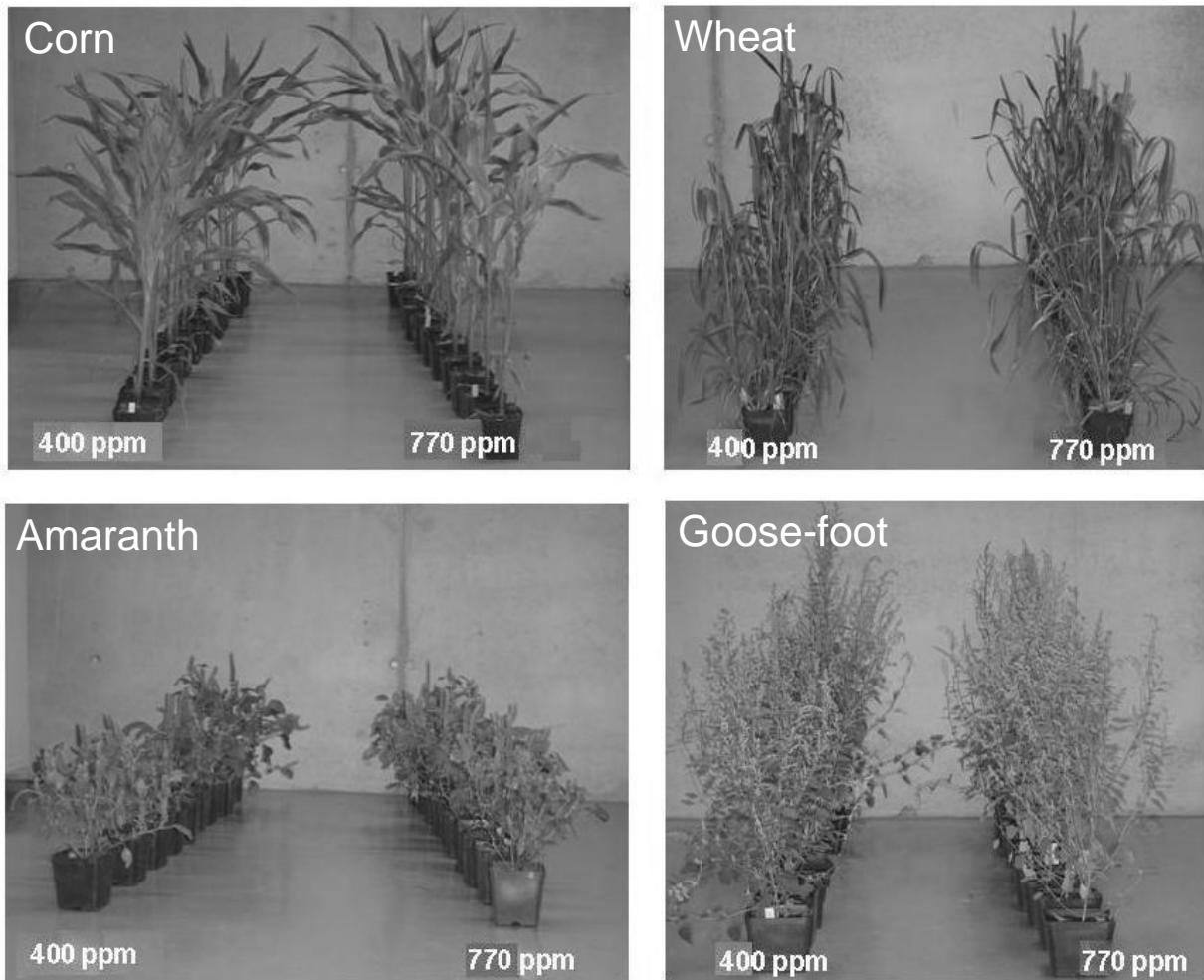


Figure 3: Overview of the four test species exposed to two levels of CO₂ in the plant growth chambers. Plants on the right side were exposed to elevated levels of CO₂ and the crop species (above) were slightly taller in these treatments.

At the same time, elevated levels of CO₂ decreased specific leaf areas (SLA) of the four plant species, indicating that leaf tissues became denser under higher CO₂ levels (Fig. 4). The results suggest that intercellular space in the spongy mesophyll was reduced and that more dry mass could accumulate on an area basis. Another observation made was the higher degree of senescence of plants grown under elevated levels of CO₂ in the two C₃ species wheat and goose-foot, while the C₄ species remained unaffected (Fig. 3). The SPAD pigment measurements performed on young and old leaves of the plant species confirmed these findings (data not shown). It thus seems that the phenology of the previous species was affected by the CO₂ treatment; apart from the higher senescence wheat and goose-foot had also allocated more biomass to the inflorescences at the harvest (data not shown).

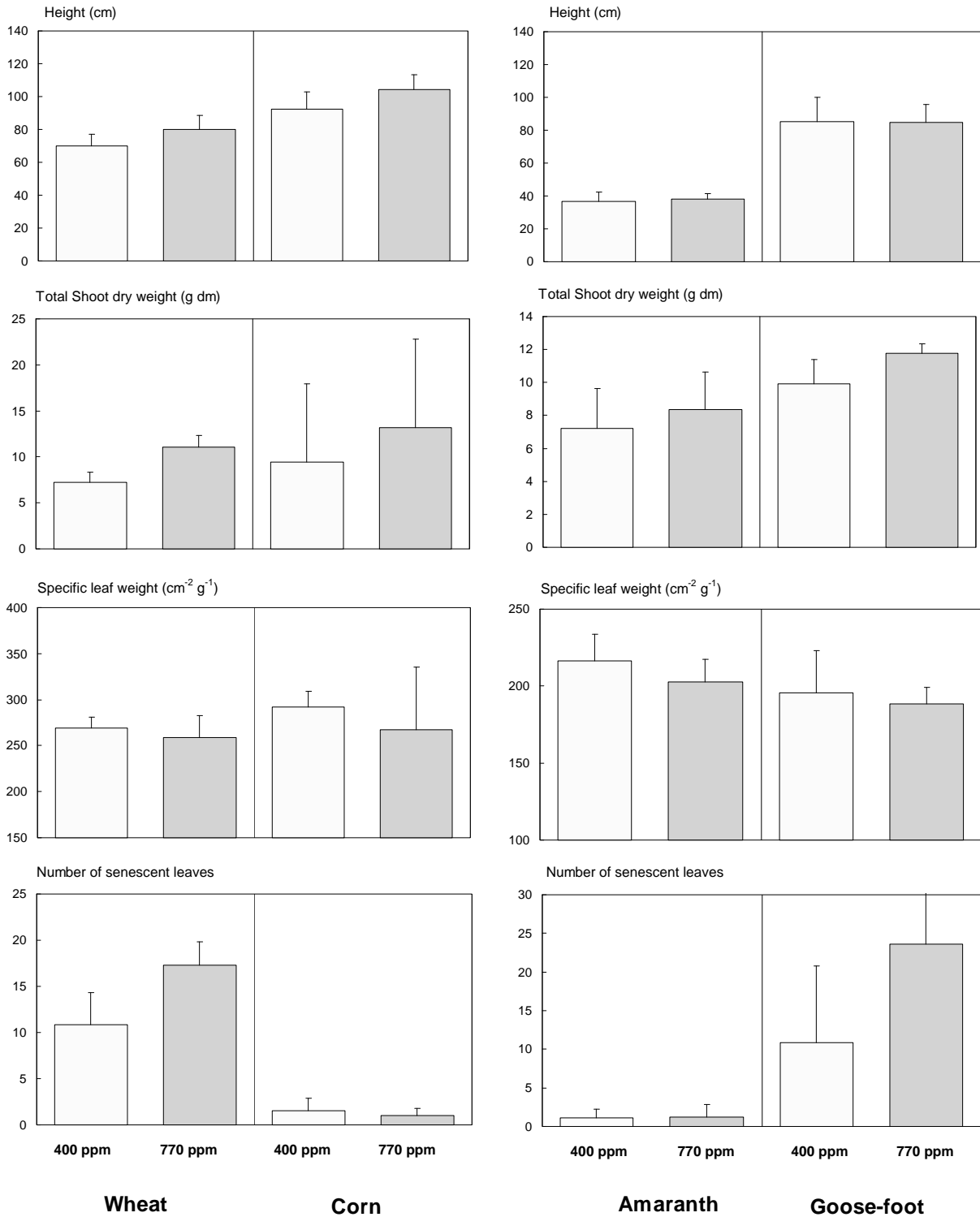


Figure 4: Responses of crops (left side) and weeds (right side) to two levels of carbon dioxide. Treatments of 400 ppm CO_2 are represented by white and those of 770 ppm by grey. Plant response parameters from top to down: plant height, shoot dry biomass, specific leaf area and number of senescent leaves. Error bars represent the standard deviation over eight plants per treatment.

3.2 Simulation experiment

After the plant growth experiments had terminated the environmental conditions in the chambers were modified according to the seasonal daily profile of the year 2005 determined at the Heidfeldhof farm (see Fig. 1). During the week the test run was made, control of temperature and relative humidity performed very well achieving the pre-set values (Fig. 5). No differences were observed with regard to these parameters in the two chambers.

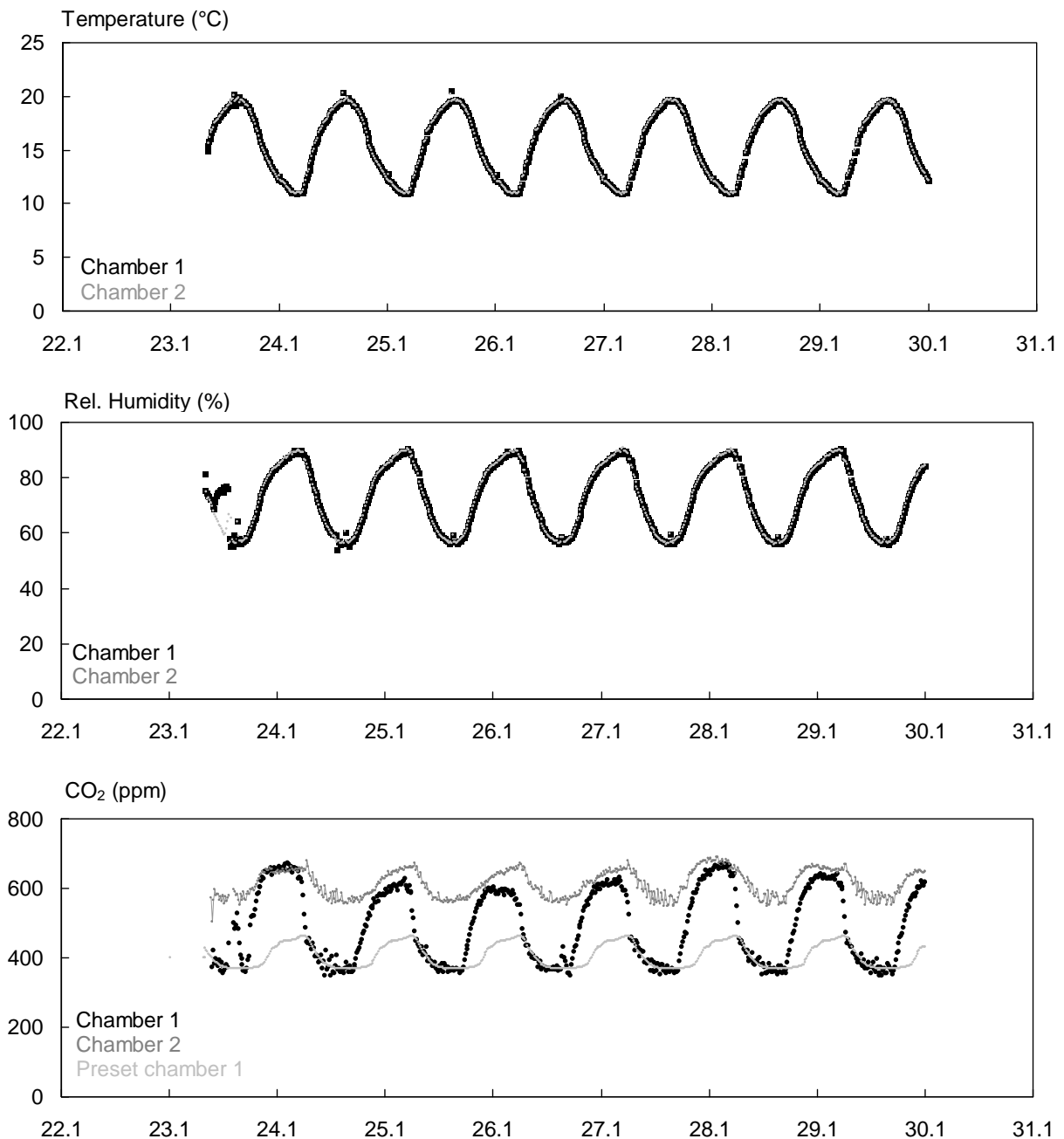
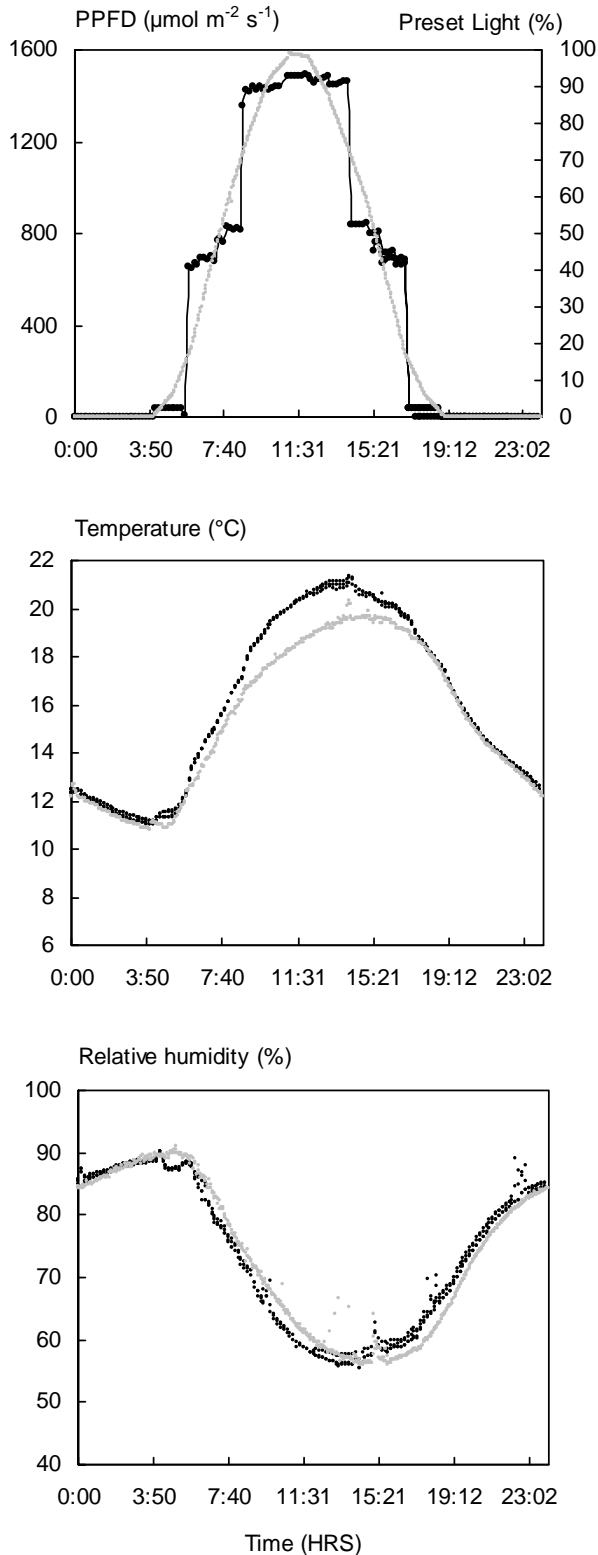


Figure 5: Daily cycles of temperature, relative humidity and concentrations of carbon dioxide in two growth chambers (based on 24 hourly averages). Chambers were operated according to seasonal daily cycles simulating the summer 2005 climatology at the Heidfeldhof farm.

Also the pre-set daily cycles of the carbon dioxide levels were well achieved in both treatments with the exception that at night much carbon dioxide accumulated due to the respiration of the plants. During daylight hours photosynthesis made the plants work as a CO_2 sink so that the set levels of carbon dioxide again reached the set values. We note that the effect of CO_2 accumulation during the night also occurs in plant canopies under field conditions. However, using small to medium sized plants in chamber experiments would somewhat reduce this effect.



The environmental control of the plant growth chambers was finally checked by means of sensors, which were placed into the chambers for three days. Data on measurements of relative humidity from the control system and from the mobile sensor were nearly identical but maximum temperatures recorded by the mobile sensor were three degrees centigrade higher than those recorded by the chambers' internal sensor (Fig. 6). This may be due to the different position of the sensors in the chamber.

Also the daily light profile was checked by putting a mobile sensor into the chambers for three consecutive days (switching from chamber 1 to 2 after 1.5 days). The pre-set bell-shaped light curve was satisfactorily reproduced by the system of various lamps fitted to the chamber light system. Also the light intensity, which reached $1400 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ was regarded as sufficient for chamber based plant studies.

Figure 6: Daily profiles of light, temperature and relative humidity in the growth chambers determined by the control system itself (grey) and by mobile sensors placed into the chambers (black). Note: grey curve for light refers to pre-set light intensity (%).

4. Conclusion

The plant growth chambers performed satisfactorily in the first experiments. All environmental parameters could be controlled for, both in terms of quality and operability. However, carbon dioxide accumulated somewhat during night hours due to respiration from the relatively large plants. In order to avoid this, plants used for future experiments should not be too tall. In addition, we are thinking about developing a CO₂ scrubbing system to avoid artefacts due to high night time CO₂ concentrations. We plan to run six chambers at a time, which will afford further tests in spring 2006.

Acknowledgements

We would like to thank Monika Alani and Gabi Guidi for the pre-cultivation of the plants and for watering the plants at the weekends. Gina Gensheimer is thanked for assistance during the student practical.

Address of Authors:

Dr. Jürgen Franzaring
Universität Hohenheim
Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie -320-
Fachgebiet Pflanzenökologie und Ökotoxikologie
Ökologiezentrum 2
August-von-Hartmann-Str. 3
70599 Stuttgart

Correspondence:

Tel. +49 (0)711 459 22329
Fax +49 (0)711 459-23044
e-mail: franzari@uni-hohenheim.de

Horizontale und vertikale Verteilung von Diasporen in Streuobstwiesen unterschiedlicher Bewirtschaftung

Erich Glück, Steffen Winterfeld & Reinhard Böcker

1. Einleitung

Streuobstwiesen werden zumeist als Dauergrünland mit eingestreuten Obstbaum-Hochstämmen definiert (WELLER 1986). Sie prägen insbesondere im Albvorland noch größere Landschaftsteile. Im Zuge der seit den 30er Jahren zunehmenden Intensivierung der Landwirtschaft und dem seit dem Krieg drastisch angewachsenen Flächenverbrauch ist der Flächenanteil der Streuobstwiesen auch in diesem Naturraum teilweise dramatisch gesunken. Entsprechend dem sinkenden Stellenwert extensiver Dauergrünlandbewirtschaftung auf der einen und Obstverwertung auf der anderen Seite kam es auch auf den verbliebenen Flächen zu weitreichenden und tiefgreifenden Veränderungen im ökologischen Wirkungsgefüge der Streuobstwiesen (DEUSCHLE et al. 2002).

Die Veränderungen in der Bewirtschaftung der Streuobstwiesen wirken sich in besonderem Maße auf die Vegetation aus (GLÜCK et al. 2004). Das Brachfallen ehemals als Dauergrünland genutzter Flächen wurde eingehend beschrieben (ECKERT 1995). Bewirtschaftungen wie Schafe-Stand- oder Umtriebsweide blieben im Kontext der Streuobstwiesen bislang weitgehend unberücksichtigt (Deuschle et al. 2002), das Mulchen wurde bislang als eine die mehrschürige Mahd auf brachgefallenen Flächen imitierende Form des Managements angesehen (SCHREIBER & NEITZKE 1992).

Die aktuelle Vegetation des Dauergrünlandes ist im Zusammenwirken von Managementvarianten und Rückkopplung mit den Diasporengemeinschaften zu betrachten. Die Bedeutung keimfähiger Samen und Früchte in Wiesenböden wurde schon relativ früh erkannt (CHIPPINDALE & MILTON 1934; CHAMPNESS & MORRIS 1948). Dem Einfluss von im Boden persistierenden Ausbreitungseinheiten (Diasporen) auf Grünlandökosysteme wurde in Mitteleuropa erst ab Mitte der 80er Jahre vermehrte Bedeutung beigemessen (RYSER & GIGON 1985).

Eine Diasporenbank stellt die Gesamtheit der generativen Ausbreitungseinheiten einer bestimmten Sippe an einem Fundort dar (URBANSKA 1992). Diasporenbanken sind mithin artspezifisch definiert und können daher sowohl generative wie auch vegetative Ausbreitungseinheiten umfassen (POSCHLOD 1991b). Alle gemeinsam an einem Fundort vorkommenden Diasporenbanken werden hier synonym als „Diasporengemeinschaft“ und „Diasporencoenose“ bezeichnet.

Dauerhafte unterirdische Diasporenbanken stellen eine der Möglichkeiten höherer Pflanzen dar, die Risiken räumlicher und zeitlicher Isolationseffekte zu verringern (POSCHLOD 1991b). Das Überdauern von Diasporen im Boden ist jedoch nur dann von ökologischer Relevanz, wenn die Diasporenbanken vor dem Eintreten des physiologischen Todes der Diasporen oder sonstiger Ver-

luste, wie etwa durch Prädation und Pathogenbefall, aktiviert werden (POSCHLOD 1991b). Unterbleibt dies, leisten Diasporenbanken weder demographische noch genetische Beiträge zum Erhalt der Populationen (SILVERTOWN & LOVETT-DOUST 1993).

In dieser Arbeit werden populationsdynamische Prozesse in verschiedenen Managementvarianten innerhalb eines naturräumlich einheitlichen Streuobstökosystems vergleichend untersucht. Ein wichtiger Umstand ist dabei das seit über acht bis fünfundzwanzig Jahren gleichmäßig aufrecht erhaltene Management dieser Flächen.

Ziel der Arbeit ist es, die Zusammensetzung der Diasporencoenosen von fünf, verschiedenen Managementvarianten unterworfenen Flächen einer Mulchwiese, einer Wiesenbrache, einer zweischürigen Mähwiese, einer Schafe-Umtriebsweide und einer Schaf-Standweide aufzuzeigen. Drei unterschiedliche Bodentiefen (0-25 mm, 26-51 mm und 51-100 mm) und ihr Gehalt an generativen Diasporen wurden vergleichend betrachtet.

Aspektartig werden naturschutzrelevante Managementvarianten im Hinblick auf Entstehung und Aktivierung von Diasporengemeinschaften diskutierend erläutert.

2. Untersuchungsgebiet, Material und Methoden

2.1 Das Naturschutzgebiet „Limburg“

Naturräumlich ist das 1990 ausgewiesene Naturschutzgebiet „Limburg“ dem Vorland der mittleren Schwäbischen Alb zuzuordnen (SCHLENKER & MÜLLER 1973). Es liegt an dessen Südrand und ist dem Traufbereich der Schwäbischen Alb vorgelagert. Das Naturschutzgebiet umfasst mit einer Fläche von 161,5 ha den gesamten Bergkegel der Limburg.

Im Norden grenzt das Gebiet unmittelbar an die Stadt Weilheim/Teck im Landkreis Esslingen (48°36' N / 9°38' E). Dort beträgt die durchschnittliche Jahrestemperatur 7–8° C. An 30 bis 40 Tagen liegen die Tageshöchsttemperaturen über 25° C. Durchschnittlich werden Jahresniederschläge von etwa 900 mm verzeichnet, von denen 100-120 mm auf den Monat Juli entfallen.

Vegetationszonen

Halbtrockenrasen des Gipfelbereiches (550 - 598 m ü. NN).

Gebüsch- und Waldgürtel ist zwischen 500 m und 550 m ü. NN ausgebildet
Streuobstgürtel (350-500 m ü. NN) nimmt den größten Teil des Naturschutzgebietes ein.

Der Nordhang der Limburg wird in Nord-Süd-Richtung von der Weinsteige, einem asphaltierten Wirtschaftsweg, durchschnitten. Zahlreiche, von der Weinsteige abzweigende Wege erschließen die zumeist schmalen und langgestreckten Parzellen des Streuobstgürtels des Nordwest- und Nordhanges parallel zu den Höhenlinien. Ein Großteil der Parzellen wird heute mehrmals jährlich gemulcht. Ein kleinerer Teil der Parzellen wird von Schafen beweidet, zu-

meist in Umtriebsweide, seltener in Standweide. Die traditionelle Bewirtschaftung der Flächen als zweischürige Futterwiese ist nur noch selten anzutreffen. Etliche Grundstücke werden sehr unregelmäßig gemäht oder fallen vollständig brach. Einige Pächter und Grundstücksbesitzer nutzen ihre von Zierhecken und Zäunen umgebenen Parzellen als Kleingärten. Die locker mit hochstämmigen Obstbäumen bestandenen Wiesen des Südhanges unterliegen einer vergleichsweise intensiven Grünlandbewirtschaftung.

2.2 Die Untersuchungsflächen

Die Einteilung der Probenflächen orientiert sich am jeweils vorherrschenden Bewirtschaftungsregime und richtet sich nicht nach Flurstücksgrenzen.

Extensive Mulchwiese (MU)

Die Mulchwiese (Flurstück-Nummern 1140 und 1141) wird nach Westen hin durch eine Böschung zur tiefer gelegenen Weinsteige hin begrenzt. Im Osten schließt sich eine Schaf-Umtriebsweide an. Die Flächengröße der Mulchwiese beträgt etwa 29 Ar. Die Wiese wird seit bald 25 Jahren zwei- bis dreimal im Jahr gemäht. Dies erfolgt entweder mit einem großen Rasenmäher oder einem Balkenmäher. Das Schnittgut verbleibt unzerkleinert auf der Fläche. Durch Obstbäume mittleren bis hohen Ertragsalters wird die Krautschicht vergleichsweise stark beschattet. Zu den südlichen und nördlichen Flächengrenzen hin ist der Baumbestand etwas aufgelockert.

Wiesenbrache (BR)

Die etwa 13 Ar große Wiesenbrache (Flst.-Nr. 2030) befindet sich auf der westlichen Seite der Weinsteige, der Fläche MU gegenüberliegend. Das langgestreckte Grundstück fällt wie die Fläche MU mit einer steilen Böschung zur Weinsteige hin ab und ist auch im Norden und Süden von steil abfallenden Böschungen begrenzt. Westlich grenzt eine als Kleingarten genutzte umzäunte Parzelle an die Wiesenbrache. Seit ungefähr zehn Jahren ist auf der Fläche jegliche Form der Bewirtschaftung unterblieben. Die wenigen alten und ausladenden Obstbäume beschatten vor allem das Süd- und Nordende der Parzelle stark, unter einem der Bäume fand sich ein Horst von *Brachypodium sylvaticum*. Zwischen den alten Bäumen ist die Beschattung gering. Polykormone von *Cerasus avium*, *Prunus domestica*, *Cornus sanguinea* und aufkommende Gebüsche von *Rubus idaeus* und *Rubus fruticosus* agg. lassen das Grundstück zunehmend verbuschen.

Zweischürige Mähwiese (MW)

Die schmale und langgestreckte Parzelle (Flst.-Nr. 1948;) liegt westlich der Weinsteige auf etwa 460 m ü. NN. Sie umfasst eine Fläche von 11 Ar. Abgesehen von einer auf etwa 50 m Länge angrenzenden, zwei Jahre alten Wiesenbrache ist das Grundstück von Mulchwiesen umgeben. Die Wiese wird in jedem Jahr zweimal gemäht und nicht gedüngt. Der lückige Obstbaumbestand beschattet die Vegetation unter den Bäumen aufgrund seines durchweg hohen Ertragsalters relativ stark.

Schaf-Umtriebsweide (SU)

Das schmale und sehr lange Grundstück (Flst.-Nr. 1944) liegt in unmittelbarer Nähe der Probenfläche MW. Die Parzelle besitzt eine Flächengröße von 11 Ar und grenzt sowohl im Westen und als auch im Osten an Mulchwiesen. Seit einigen Jahren wird das Grundstück zwei- bis dreimal jährlich für jeweils drei bis sechs Tage von einer etwa 20köpfigen Schafherde beweidet. Die wenigen und zudem noch jungen Obstbäume beschatten die Fläche nur sehr gering. Lediglich am späten Nachmittag beschatten Bäume der westlich angrenzenden Parzelle das Grundstück.

Schaf-Standweide (SW)

Die Standweide (Flst.-Nr. 2093, 2094, 2095, 2096 und 2233) ist mit 65 Ar die größte der untersuchten Probenflächen. Sie liegt am nordwestlichen Rand des Untersuchungsgebietes und ist auf drei Seiten von Mulchwiesen umgeben. Im Norden schließt sich ein Grundstück mit Stallungen an. Der alte Obstbaumbestand ist lückig, die Bäume beschatten nur die unmittelbar unter ihnen wachsende Vegetation in nennenswertem Ausmaß. Bis zum Jahre 1995 wurde diese Untersuchungsfläche mindestens 25 Jahre lang als Schaf Standweide genutzt. Die Vegetation ist aufgrund der langjährigen Beweidung nur lückig.

2.3 Vegetationsaufnahmen

Auf jeder der fünf untersuchten Probenflächen wurden Vegetationsaufnahmen nach vegetationskundlichen Kriterien durchgeführt. Die jeweils mindestens zwei Aufnahmeflächen wurden gezielt nach ihrer Repräsentanz für die untersuchte Managementvariante subjektiv ausgewählt (BRAUN-BLANQUET 1964). Sie besaßen je eine Flächengröße von ca 25 m² (WESTHOFF & VAN DER MAAREL 1978). Zur Erfassung der Vegetation wurde die Artmächtigkeit der in der Krautschicht vorgefundenen Gefäßpflanzenarten geschätzt (BRAUN-BLANQUET 1964), wobei die verwendete Schätzsкала im unteren Skalenbereich feiner abgestuft war (PFADENHAUER et al. 1986). In Form einer Abundanz-Dominanz-Skala finden lediglich die Dominanzverhältnisse der Deckungsgrade Verwendung.

2.4 Probenentnahme zur Ermittlung der Diasporen im Boden

Die untersuchten generativen Diasporen stammen aus Bodenbohrkernen, die am 18.04., 19.04. und 20.04.1995 aus den fünf beschriebenen Probenflächen entnommen wurden. In jeder Bewirtschaftungsvariante wurde ein Transekt mit zehn 25 m² großen Probenquadraten angelegt (VERWEIJ et al. 1994). Ein Gitternetz mit 25 durchnummerierten Kleinquadraten von je 1 m Kantenlänge diente als Entnahmeraster für die 25m²-Flächen. Aus dem Zentrum von jeweils zehn Kleinquadraten wurde dann anhand 500 vorher ermittelter Zufallszahlen je eine Stichprobe entnommen. Die Anordnung der Probenquadrate innerhalb der Untersuchungsflächen wurde mit Hilfe eines Maßbandes aufgemessen. Die An-

fangs- und Endpunkte der Transekte sowie die Eckpunkte der Probenquadrate wurden mit Zimmermannsnägeln markiert.

Ein Bodenbohrer mit einem Schneidenranddurchmesser von 40 mm diente der Probenentnahme. Um die Komprimierung des Bohrkerns zu verhindern, besaßen die drei Probenröhrchen im Inneren des Bohrers einen lichten Durchmesser von 42 mm. Die Längen der Plexiglashülsen wurden entsprechend den gewünschten Tiefenhorizontierungen von 0 bis 25 mm (Tiefe 1), von 26 bis 50 mm (Tiefe 2) und von 51 bis 100 mm (Tiefe 3) gewählt (THOMPSON 1993). Die in jeder 25m²-Fläche beprobte Bodenoberfläche betrug 0,0126 m², das jeweils entnommene Bodenvolumen 1,26 l.

Um den Zeitaufwand für die spätere Aufbereitung der Proben zu begrenzen, wurden für jedes der insgesamt 50 Probenquadrate die zehn Stichproben einer Tiefenschicht zu Mischproben mit Volumina von 0,31 l (Tiefe 1, Tiefe 2), beziehungsweise 0,63 l (Tiefe 3) vereinigt (WARR et al. 1994). Die insgesamt 150 Teilproben mit einem Gesamtvolumen von etwa 63 l wurden bis zu ihrer weiteren Bearbeitung bei 5° C gelagert (TER HEERDT & BAKKER 1994).

2.5 Keimfähigkeitsprüfung der Diasporen

Aktuelle Keimfähigkeit

In einem ersten Arbeitsschritt wurde die zu untersuchende Teilprobe etwa 15 Minuten lang mit einem kräftigen Wasserstrahl durch eine Siebkombination gespült. Die Siebkombination besitzt einen Durchmesser von 300 mm und Maschenweiten von 4,0 mm, 2,0 mm und 0,2 mm. Generative Diasporen, die durch die beiden größeren Siebe zurückgehalten worden waren, wurden aussortiert und in die 0,2 mm-Fraktion überführt. Anschließend wurde diese diasporenhaltige Fraktion in einer 2-3 mm dünnen Schicht in vorbereitete Kulturschalen ausgebracht. Die auf der Unterseite mit Löchern versehenen Kunststoffschalen waren zuvor mit einer 30 mm dicken Schicht gequollener Blumentopferde gefüllt worden, die als Wasserreservoir fungierte. Über der Blumentopferde verhinderte eine dünne Deckschicht aus Quarzsand die Vermischung von Bodenprobe und Blumentopferde. Sowohl Blumentopferde als auch Quarzsand wurden durch eine vorhergehende einwöchige Trocknung bei 104° C sterilisiert.

Für die Teilproben der Tiefenschichten 1 und 2 betrug die Abmessungen der Kulturschalen jeweils (200 x 300) mm², für die doppelt so voluminösen Teilproben der untersten Tiefenschicht (400 x 300) mm². Alle drei Kulturschalen eines Probenquadrates fanden in einer gemeinsamen als „Übertopf“ dienenden Europflanzschale (Abmessungen (400 x 600) mm²) Platz. Insgesamt wurden im Gewächshaus 50 Pflanzschalen mit diasporenhaltigen Bodenproben aufgestellt. Um den Anflug allochthoner Diasporen quantifizieren zu können, wurden außerdem sieben Kontrollschalen mit Quarzsand als oberster Schicht im Gewächshaus verteilt.

Die Kultivierung der Proben erfolgte im Gewächshaus. Eine zusätzliche Beleuchtung war von 6.00 bis 21.00 Uhr vorhanden. Zwischen 6.00 und 19.00

Uhr wurde die Innentemperatur des Gewächshauses auf 25° C eingeregelt. In der Zeit von 19.00 bis 6.00 Uhr wurde die Temperatur auf 15° C abgesenkt (THOMPSON & GRIME 1983).

Aufgelaufene Keimlinge wurden registriert und aus den Kulturschalen entfernt, zum Großteil ausgetopft und bis zu ihrer Bestimmbarkeit weiterkultiviert. Abgestorbene Keimlinge wurden ebenfalls erfasst und gezählt. Wenn in den stets feucht gehaltenen Proben nach ungefähr neun Wochen keine Samen und Früchte mehr keimten, wurde die Bewässerung der Pflanzschalen nach und nach eingestellt. Die Austrocknungsphase erstreckte sich über drei bis fünf Wochen. Ein Dürrestress für Keimlinge, die als „Nachzügler“ erst während des Austrocknens der Proben aufliefen, wurde auf diese Weise vermieden. Am Ende der Austrocknungsphase lösten sich die Probenschichten mit zahlreichen Trocknungsrissen vom Quarzsand. Die Proben wurden dann einzeln von der Sandschicht abgesammelt, verpackt und bis zu ihrer weiteren Bearbeitung bei 5° C aufbewahrt.

Potentielle Keimfähigkeit

Jeweils sechs aus zehn Proben einer Bewirtschaftungsvariante und somit dreißig der insgesamt fünfzig Probenquadrate wurden zufällig ausgewählt. Um die Effizienz aller weiteren Arbeitsschritte zu erhöhen, wurden die noch in den Proben vorhandenen Bodenaggregate dispergiert. Je Teilprobe wurden 200 ml (Tiefe 1 und 2) oder 400 ml (Tiefe 3) einer wässrigen Lösung von 50 g Natriumhexametaphosphat und 25 g Na(HCO₃) in 1 l H₂O als Dispergierungsmittel benötigt (MALONE 1967).

Um die Bodenaggregate möglichst vollständig zu dispergieren, wurde jede Probe für etwa drei Minuten in einem Becherglas gerührt (MALONE 1967). Dann wurde der Inhalt des Gefäßes über die Siebkombination abgegossen. Größere Partikel wie nach und nach aufgekommene Moosthali, diverse Bestandteile der Blumentopferde und größere Samen oder Früchte ließen sich so vom Rest der Probe abtrennen (MALONE 1967; TER HEERDT & BAKKER 1994). Die im feinsten Sieb befindliche Fraktion wurde in ein Becherglas überführt. Zur Entfernung leichten organischen Materials wie leerer Samenschalen und Fruchtwände wurden die Teilproben dreimal mit Wasser flottiert (ROBERTS & RICKETTS 1979). Anschließend folgten drei Flotationen mit einer gesättigten MgSO₄-Lösung. In dieser Lösung ($\sigma \approx 1,3 \text{ g}\cdot\text{cm}^3$) schwammen die leichteren Diasporen auf, schwerere organische und mineralische Bestandteile sanken ab (MALONE 1967). Die aufschwimmenden Partikel wurden dekantiert und mit einem Filtertrichter abgenutscht. Die Rückstände wurden bei 35° C im Trockenschrank getrocknet und anschließend ausgewogen. Jeweils einer von zehn Massenanteilen wurde in ein 25 mL-Schraubglas abgefüllt und später unter einem Binokular von Hand ausgelesen. Darin vorgefundene generative Diasporen wurden determiniert und bis zu ihrer weiteren Untersuchung bei 5° C aufbewahrt. Die übrigen neun Massenanteile verblieben in den Petrischalen, wurden verpackt und ebenfalls kühl gelagert.

Da in der vorliegenden Arbeit jedoch nur wenige ungekeimte Diasporen aufgefunden wurden, werden Ausbreitungseinheiten, die sanften Druck unbeschadet überstanden und im Querschnitt ein gesund erscheinendes weißes Endosperm besaßen, als potentiell keimfähig eingestuft (TER HEERDT & BAKKER 1994).

2.6 Nomenklatur und Determination

Die Nomenklatur der Gefäßpflanzensippen richtet sich nach ROTHMALER (SCHUBERT & VENT 1990). Die Determination der Sippen erfolgte bis zum Art-niveau.

Samen und Früchte wurden mit Hilfe von BERTSCH (1941) und BEIJERINCK (1976), Keimlinge mittels der Werke von MULLER (1978) und HANF (1990) determiniert. Zur Bestimmung juveniler, immaturer, erwachsener virginiler und generativer Individuen (*sensu* RABOTNOV 1995) wurden die Floren von ROTHMALER (SCHUBERT & VENT 1990; SCHUBERT et al. 1991), HESS et al. (1976-1980), SEBALD et al. (1990-1992) und KLAPP & OPITZ VON BOBERFELD (1988, 1990) verwendet.

2.7 Vegetationsbeschreibung und -gliederung

Die Gliederung der Vegetation wurde mit Hilfe eines analytischen Lösungsansatzes der von ELLENBERG (1956) ausführlich beschriebenen „Tabellenarbeit“ vorgenommen (WILDI 1989; 1994). Die Analysesequenz ist im Programmpaket MULVA-5 implementiert und läßt sich in vier Hauptschritte unterteilen (WILDI 1994). Die auf diese Weise ausgegliederten Vegetationseinheiten stellen ranglose Pflanzengemeinschaften dar (ELLENBERG 1956). Die Deskription dieser Vegetationseinheiten wurde unter Verwendung der Zeigerwerte nach ELLENBERG vorgenommen (ELLENBERG et al. 1992; BRIEMLE & ELLENBERG 1994).

2.8 Auswertung

Zur Evaluierung des gewählten Verfahrens wurde der Anteil aktuell keimfähiger Diasporen an der Gesamtzahl aller lebensfähigen Samen und Früchte eines Probenquadrates ermittelt. Dieses als relative Keimfähigkeit bezeichnete Verhältnis nimmt Werte zwischen 0 und 1 an. Je sechs der zehn Probenquadrate einer Parzelle wurden für diesen Teil zufällig ausgewählt. Die relative Keimfähigkeit diene als Schätzwert für die unbekannte Wahrscheinlichkeit π der Grundgesamtheit. Der exakte 95 %-Vertrauensbereich für π wurde mit Hilfe der oberen 2,5 %-Schranken der *F*-Verteilung ermittelt.

Zur konfirmatorischen Datenanalyse wurde der verteilungsunabhängige MANN-WHITNEY-*U*-Test angewendet.

Zur Veranschaulichung räumlicher Muster der Artenverteilungen und Abundanzstrukturen (KENT & COKER 1992) diente der Aggregationsindex I_p nach LLOYD, wobei Werte für $I_p \leq 2$ als Beleg für zufällige räumliche Verteilungsmuster angesehen wurden. Werte von $I_p > 2$ für die Diasporen einer Art innerhalb einer Untersuchungsfläche galten als Hinweis auf eine geklumpfte Verteilung (LLOYD 1967; TER HEERDT & BAKKER 1994).

3. Ergebnisse

3.1 Vegetation

Nach Durchlaufen der beschriebenen Analysesequenz stellen sich die Vegetationsaufnahmen in Form einer Tabelle dar. Sechs differenzierende abstrakte Vegetationseinheiten sind in einer Diagonalstruktur ähnlich der einer pflanzensoziologischen Differentialtabelle angeordnet (Tab. 1). Die erste Vegetationseinheit umfasst mit *Vicia sepium* eine typische Art frischer Glatthaferwiesen, die aber auch in stickstoffbedürftigen Krautfluren auftritt. *Cirsium arvense* besiedelt als Stickstoffzeiger zumeist häufiger gestörte Stellen auf, ist jedoch auch ein weitverbreitetes Weideunkraut. *Aegopodium podagraria* ist ein weit verbreiteter, den Halbschatten bevorzugender Stickstoffzeiger.

Abgesehen von der ebenfalls den Halbschatten bevorzugenden *Vicia angustifolia* und dem weitverbreiteten Nitrophyten *Urtica dioica* sind die Arten der zweiten Differentialartengruppe als lichtbedürftig einzustufen. Diese übrigen Arten sind mit Ausnahme von *Daucus carota* ausgesprochene Stickstoffzeiger.

In die dritte Differentialgruppe sind Arten der frischen bis feuchten Glatthaferwiesen eingeordnet. *Geranium pratense* ist allerdings auch in der Wiesenbrache BR, die Gundelrebe *Glechoma hederacea* zudem noch in der Standweide SW anzutreffen. Ebenso wie *Poa pratensis* sind auch die beiden erstgenannten Arten in Krautfluren stickstoffreicher Standorte anzutreffen.

Die Arten der vierten Gruppe weisen auf frische Standortverhältnisse hin. Im Gegensatz zu den Pflanzensippen der vorigen Vegetationseinheit treten sie bevorzugt an nur mäßig stickstoffreichen Standorten auf. Alle Arten sind als gut schnittverträglich einzustufen. Die Gruppe kann als eine Art „Bindeglied“ zwischen frischen Glatthaferwiesen auf der einen und ungedüngten Mähwiesen und „-weiden“ auf der anderen Seite aufgefaßt werden.

Der fünfte Vegetationstyp vereint Arten, die mäßig frische und größtenteils stickstoffarme Standortverhältnisse bevorzugen. Den Verbreitungsschwerpunkt der angetroffenen Arten stellen die typischen Glatthaferwiesen dar. Sie treten aber auch noch in trockeneren Ausprägungen der Glatthaferwiesen auf.

Tab. 1: Differentialtabelle der Vegetationsaufnahmen auf den Untersuchungsflächen. – Schätzskala nach PFADENHAUER *et al.* (1986); numerische Klassifizierung der Aufnahmen und Arten nach WILDI (1989).

Vegetationseinheit	V1		V2		V3			V4		V5	
	BR	BR	SU	SU	MU	MU	MU	MW	MW	SW	SW
Untersuchungsfläche	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
laufende Aufnahme Nr.	4	3	40	13	2	36	33	41	14	25	31
Differentialarten											
D1	1a 2a		1a 1a		1a	1a	+				+
	1a 1a		1a 1a								
	1b 2b		1b 1b								
D2			r r								r
			+ 1a								
			r r								
			+ +								
			+ +								
D3	+	1a	1a 1a		2b	1b	2b	+	+	2a	2a
			1b 1a		3	2a	3	+	+	1b	
			+ +		1a	1a	1a	1b	1a		
			+ +		1b	1a	1b	1a	1a		
	1b	2b	1a 1a		2b	2b	2a	1a	1a		
D4								1a	1a	1b	1b
								1a	1a	+	+
								r	1a	+	
					+	1a	+	+	1a	+	r
					+	1a	+	1a	1a	+	
	1a	1a			1a	+		r	+	2a	2a
D5								1a	1a		
								2a	2a		
								2a	2a		
								+	+		
								1b	1b		
								1b	2b		
								+	1a		
								r	+		
								r	2a		
						+		2a	2a		
D6										+	+
										1a	1a
										3	3
										r	r
										1b	1b
										2a	1a
									1a	+	+
									1a	1a	1a
Begleiter											
Dactylis glomerata	1a	2a	1b	1b	1b	1a	1b	+	1a	1b	1b
Galium mollugo	1a	1b	1a	1a	+	1b	+	1a	1a	r	
Ranunculus acris		+	+	1a	1a	+	1a	+	1b	1b	+
Taraxacum officinale agg.	+		1a	1b	1a	2a	1b	2b	2b	+	+
Heracleum sphondylium		1a	1a	2b	+			r	1a		
Rumex acetosa		1a	2a	1a	+				1a	r	
Ranunculus repens		2a	1a	1b	1a		1a				
Trifolium pratense				1a		1a		2a	2a	+	
Alopecurus pratensis					1a			1a		+	+
Arrhenatherum elatius	1b			1a					1a	+	
Crepis biennis			+	+		+			1b		
Lathyrus pratensis				+		1a		+	+		
Lysimachia nummularia	+					+				1a	1a
Poa pratensis				1a					1a	1a	+
Ranunculus auricomus agg.	1a	+				1a			+		
Trifolium repens						1a		1b	1b	1b	
Prunus domestica (juv.)	1b				+		+				
Avenula pubescens				+					+		
Bromus hordeaceus					1a					r	
Petroselinum crispus				+					+		

außerdem mit Steigigkeiten <10 % vorkommend (laufende Aufnahme Nr. in Klammern):

Anthriscus sylvestris (4), Bromus sterilis (2), Campanula patula (9), Centaurea scabiosa (9), Cirsium oleraceum (4), Cornus sanguinea (1), Filipendula ulmaria (6), Fraxinus excelsior (juv.) (1), Galium aparine (2), Geranium robertianum (1), Geranium sylvaticum (9), Geum urbanum (6), Lamium album (6), Leontodon autumnalis (4), Lolium perenne (10), Luzula campestris (5), Potentilla reptans (3), Rubus fruticosus agg. (1), Veronica hederifolia (2)

Die Arten der sechsten Gruppe besiedeln zumeist mäßig versauerte, frische bis mäßig feuchte, allenfalls mäßig stickstoffreiche Standorte. Abgesehen von *Stellaria graminea* vertragen die Arten aufgrund ihres guten vegetativen Regenerationsvermögens zudem Schnitt und intensive Beweidung gut. Die von den Arten repräsentierte Gemeinschaft kann als schlecht gedüngte Standweide bezeichnet werden.

3.2 Die horizontale Struktur der Diasporengemeinschaften

Anhand der Transektdarstellungen sollen die Gesamtrohdaten der Probenquadratur veranschaulicht werden und die innerhalb einer Untersuchungsfläche geklumpt verteilten Diasporenbanken dargestellt werden (Abb. 1).

Beim Betrachten der Probenquadrate der Mulchwiese MU lassen sich keine geklumpten Verteilungen entdecken. Im Profil der Wiesenbrache ist dagegen das geklumpete Vorkommen von *Urtica dioica* im Quadrat 16 augenfällig (Abb. 2). *Filipendula ulmaria* tritt im gleichen Probenquadrat mit zwei Diasporen auf und ist – wie *Galium mollugo* im Quadrat 18 – auf diesen Transektabschnitt beschränkt.

Das aggregierte Vorkommen von *Achillea millefolium* in den Quadraten 25 und 26 stellt die auffälligste Besonderheit der Mulchwiese MW dar (Abb. 3). Die Art wurde nur in diesen beiden Teilflächen vorgefunden. Auch dem Auftreten von *Cardamine pratensis* und *Prunella vulgaris* in Quadrat 27 scheinen geklumpete Verteilungen zugrunde zu liegen.

In der Schafe-Standweide SU fallen zwei aggregierte Diasporenbanken auf: einerseits das auf die Teilflächen 33 und 34 beschränkte Vorkommen von *Cirsium arvense* und andererseits das gehäufte Auftreten von *Rumex obtusifolius* in Quadrat 31 (Abb. 4). Auch die beiden Verbreitungsschwerpunkte von *Urtica dioica* scheinen nicht rein zufälligen Ursprunges zu sein. In der Probenfläche SW ist nur das einmalige gehäufte Vorkommen von *Arrhenatherum elatius* in Quadrat 46 augenfällig (Abb. 5).

Der **Aggregationsindex I_p nach LLOYD** dient als rechnerisches Maß für die Aggregation einzelner Diasporenbanken (Tab. 2). Anhand dieser Werte lassen sich die aggregierten Verteilungen abgleichen. Zusätzlich dazu sind weitere geklumpete Verteilungen festzustellen. So wird anhand des I_p -Wertes auch das Vorkommen von *Taraxacum officinale* in der Mulchwiese als aggregiert eingestuft (Tab. 2). Ebenso werden die räumlichen Verteilungen von *Plantago lanceolata* in der Mähwiese, *Agrostis capillaris* in der Umtriebsweide und *Juncus bufonius* in der Schafweide als geklumpt angesehen.

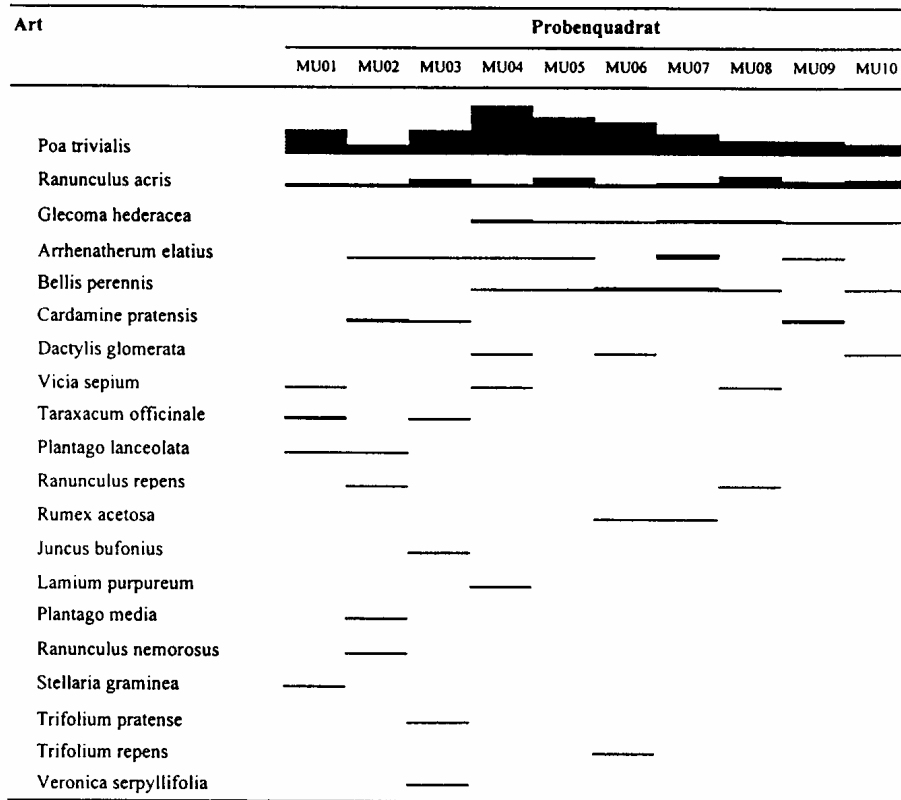


Abb. 1: Transektdarstellungen der jeweils zehn Gesamtdiasporencoenosen einer Managementvariante. – Die dünnste Linienstärke entspricht einer Diaspore. – Mulchwiese MU.

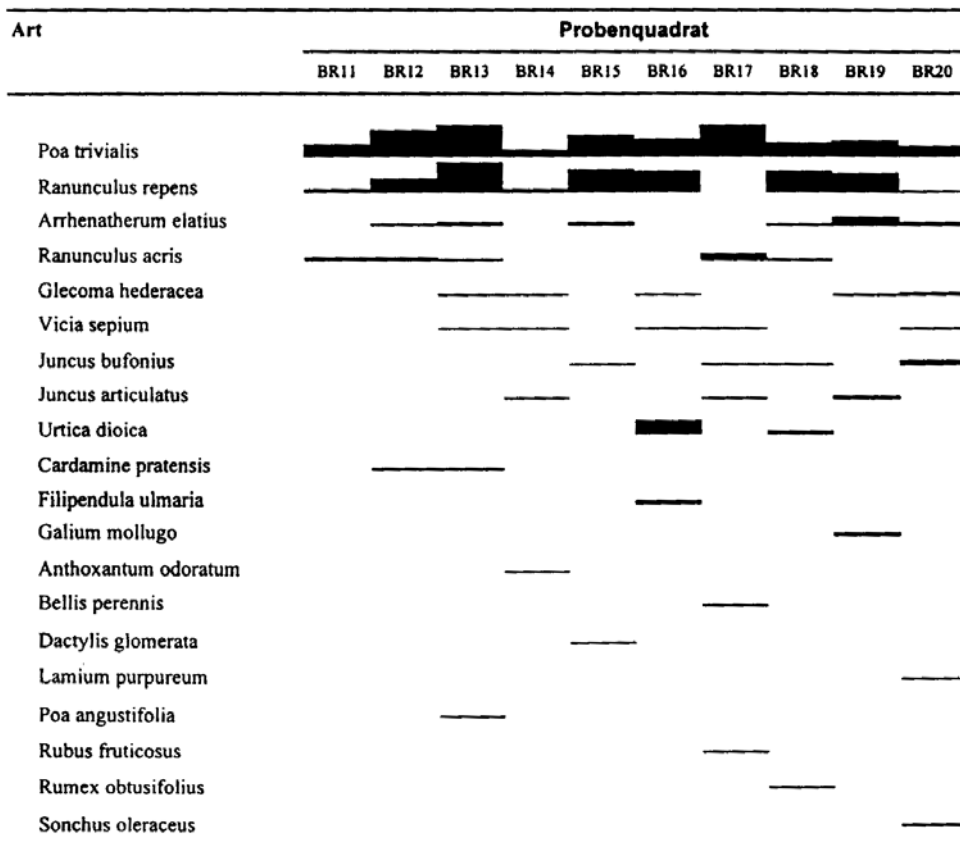


Abb. 2: Wiesenbrache BR (Text s. Abb. 1)

Art	Probenquadrat									
	MW21	MW22	MW23	MW24	MW25	MW26	MW27	MW28	MW29	MW30
<i>Ranunculus acris</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Poa trivialis</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Trifolium repens</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Taraxacum officinale</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Plantago media</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Plantago lanceolata</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Glecoma hederacea</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Juncus bufonius</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Cerastium holosteoides</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Juncus effusus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Achillea millefolium</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Cardamine pratensis</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Leontodon hispidus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Poa angustifolia</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Rumex acetosa</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Trifolium pratense</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Prunella vulgaris</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Bellis perennis</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Carex curta</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Juncus articulatus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Lamium purpureum</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ranunculus repens</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Rorippa palustris</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Solidago canadensis</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Abb. 3: Mähwiese MU (Text s. Abb 1)

Art	Probenquadrat									
	SU31	SU32	SU33	SU34	SU35	SU36	SU37	SU38	SU39	SU40
<i>Poa trivialis</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ranunculus acris</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ranunculus repens</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Urtica dioica</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Juncus effusus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Glecoma hederacea</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Juncus inflexus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Rumex obtusifolius</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Leontodon hispidus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Bellis perennis</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Dactylis glomerata</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Picris hieracioides</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Taraxacum officinale</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Trifolium pratense</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Cirsium arvense</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Agrostis capillaris</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Lamium purpureum</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Trifolium repens</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Juncus articulatus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Rubus fruticosus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Cardamine pratensis</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Carex spicata</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Carex sylvatica</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Galium mollugo</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Plantago media</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Potentilla reptans</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Prunella vulgaris</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Typha latifolia</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Veronica chamaedrys</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Abb. 4: Schaf - Umtriebsweide SU (Text s. Abb 1)

Tab. 2: I_p -Werte geklumpt verteilter Diasporenbanken ($I_p > 2$) und deren relativer Anteil an der Artensumme.

Art	Untersuchungsfläche				
	MU	BR	MW	SU	SW
<i>Achillea millefolium</i>	-	-	3,7	-	-
<i>Agrostis capillaris</i>	-	-	-	2,2	-
<i>Arrhenatherum elatius</i>	-	-	-	-	6,7
<i>Cardamine pratensis</i>	-	-	3,8	-	-
<i>Cirsium arvense</i>	-	-	-	5,5	-
<i>Filipendula ulmaria</i>	-	5	-	-	-
<i>Galium mollugo</i>	-	5	-	-	-
<i>Juncus articulatus</i>	-	-	-	5	-
<i>Juncus bufonius</i>	-	-	-	-	2,2
<i>Plantago lanceolata</i>	-	-	2	-	-
<i>Prunella vulgaris</i>	-	-	5	-	-
<i>Rubus fruticosus</i>	-	-	-	5,0	-
<i>Rumex obtusifolius</i>	-	-	-	4,4	-
<i>Taraxacum officinale</i>	2,2	-	-	-	-
<i>Urtica dioica</i>	-	5,8	-	2,2	-
$\Sigma_{\text{geklumpt verteilte Arten}}$	1	3	4	6	2
Σ_{Arten}	20	20	24	29	21
$\Sigma_{\text{geklumpt verteilte Arten}} / \Sigma_{\text{Arten}}$	0,05	0,15	0,17	0,21	0,10

Art	Probenquadrat									
	SW41	SW42	SW43	SW44	SW45	SW46	SW47	SW48	SW49	SW50
<i>Poa trivialis</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Agrostis capillaris</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Cerastium holosteoides</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Cardamine pratensis</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Glecoma hederacea</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Ranunculus acris</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Veronica serpyllifolia</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Urtica dioica</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Juncus inflexus</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Poa angustifolia</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Trifolium repens</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Juncus bufonius</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Poa pratensis</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Arrhenatherum elatius</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Bellis perennis</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Carex otrubae</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Chenopodium polyspermum</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Lysimachia nummularia</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Polygonum hydropiper</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Stellaria media</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Veronica chamaedrys</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Abb. 5: Schaf - Standweide SW (Text s. Abb. 1)

Tab. 3: Relative Anteile von fünf Probenumfangsklassen an den Gesamtartenzahlen der Untersuchungsflächen. – Ermittlung des für die einzelnen Arten benötigten Probenumfanges anhand des q^0 -Wertes (LLOYD 1967; s. 3.7).

Anzahl benötigter Probenquadrate	relativer Anteil je Untersuchungsfläche %				
	MU	BR	MW	SU	SW
1 - 10	25,0	35,0	25,0	37,9	38,1
11 - 20	15,0	10,0	20,8	13,8	14,3
16 - 21	20,0	5,0	20,8	10,3	9,5
22 - 31	0,0	10,0	4,2	6,9	4,8
32 - 44	40,0	40,0	29,2	31,0	33,3

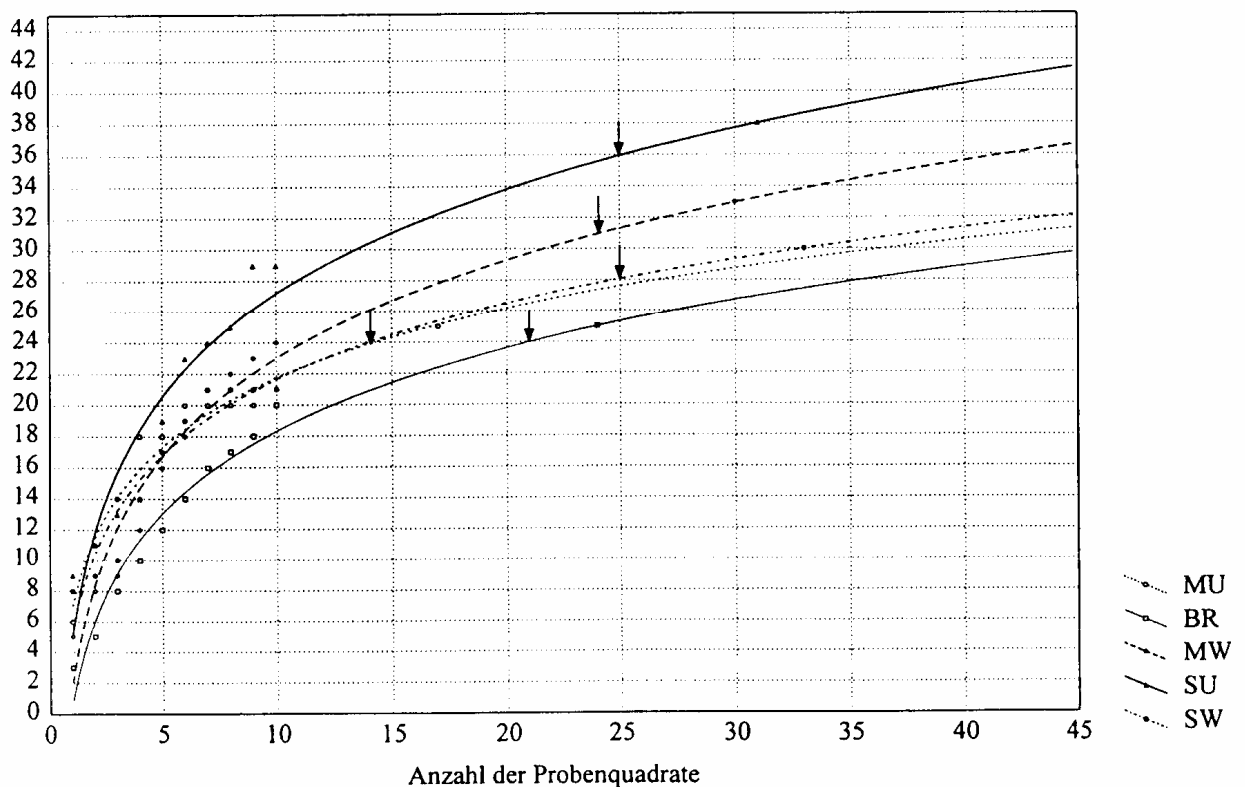


Abb. 6: Optimierungskurven zur Ermittlung des Probenumfanges. – Kurvenanpassung an kummulative Artenzahlen und potentielle Gesamtartenzahlen der Untersuchungsflächen (s. 3.7); Pfeile kennzeichnen das 95 %ige Artenpotential.

3.3 Die Ermittlung des Probenumfanges

Je nach Untersuchungsfläche liegen nur 25 % bis 38 % der Werte für **LLOYDS q^0** unter 10 Probenquadraten (Tab. 3). Demnach sind die Individuen eines Großteils der Arten mit Wahrscheinlichkeiten von unter 99 % in den Bodenproben vertreten. Für 40 % der in den Proben der Flächen MU und BR vorgefundenen Arten wären hingegen mindestens 44 Probenquadrate nötig gewesen, um das Auflaufen zumindest eines Keimlings dieser Arten mit 99 %iger Wahrscheinlichkeit zu gewährleisten (Tab. 3). Dieses Wahrscheinlichkeitsniveau hätte sich mit einer Erhöhung des Probenumfanges von 10 auf 21 Quadrate für immerhin 50 % bis 67 % der Arten erreichen lassen.

Aus den Optimierungskurven (Abb. 6) lässt sich erkennen, daß die kumulativen Artenzahlen der jeweils 10 Probenquadrate die potentielle Gesamtartenzahl nicht erreichen. Die iterative Vorgehensweise erlaubt von der potentiellen Gesamtartenzahl ausgehend, das 95 %ige Artenpotential der Flächen zu bestimmen. Damit kann der Probenumfang, der nötig ist, um 95 % der Arten zu erfassen, exakt angegeben werden. Er beträgt für die Fläche MU 14, die Fläche BR 21, die Fläche MW 24 und die Flächen SU und SW jeweils 25 Probenquadrate. Alle Artensummen der Flächen indizieren, dass der Bereich des maximalen Zugewinns an Arten mit jeder Probennahme gerade abgedeckt ist (Abb. 6).

3.4 Diasporenbanken

Von den insgesamt 1270 gekeimten Diasporen starben 14 frühzeitig ab und konnten nicht determiniert werden. Insgesamt 23 Diasporen von *Betula pendula*, *Epilobium* spp., *Erigeron annuus* und *Salix × rubens* wurden von der weiteren Datenanalyse ausgeschlossen. Es verblieben 1233 aktuell keimfähige Diasporen.

Bei der Betrachtung der Diasporenbanken bleiben Arten mit insgesamt weniger als drei Diasporen unberücksichtigt. Arten mit drei aktuell keimfähigen Ausbreitungseinheiten wie *Galium mollugo*, *Picris hieracioides*, *Prunella vulgaris*, *Rumex acetosa* und *Trifolium pratense* werden tabellarisch dargestellt (Tab. 4). Diasporenbanken, deren generative Ausbreitungseinheiten auf allen Untersuchungsflächen mit mindestens vier Diasporen in den oberen beiden Tiefenschichten vertreten waren und gleichzeitig in Tiefe 3 fehlten, werden als vorübergehend eingestuft. Einzig *Achillea millefolium* erfüllt dieses Kriterium (Tab. 4). Trat eine Art auch in der untersten Tiefenschicht auf, so wird dies als Beleg für das Vorhandensein einer dauerhaften Diasporenbank gewertet. Am eindeutigsten lassen sich die vier vorgefundenen Diasporenbanken der Gattung *Juncus* als dauerhaft einstufen. Die vertikale Struktur der Diasporenbanken von *Rubus fruticosus*, *Rumex obtusifolius*, *Urtica dioica*, und der Gattungen *Ranunculus* und *Poa* weist auch diese als dauerhaft aus (Tab. 4).

Da die Diasporenbanken von *Agrostis capillaris*, *Arrhenatherum elatius*, *Bellis perennis*, *Cardamine pratensis*, *Cerastium holosteoides*, *Cirsium arvense*, *Dactylis glomerata*, *Glecoma hederacea*, *Plantago lanceolata*, *Plantago media*, *Taraxacum officinale*, *Trifolium repens* und *Veronica serpyllifolia* zumindest auf den Flächen ihrer höchsten Gesamtabundanzen mehr als zwei Diasporen in Tiefe 3 enthielten, werden auch sie als dauerhaft eingestuft (Tab. 4).

Lamium purpureum trat in den unteren Tiefenschichten der Flächen MU und BR zwar nur mit je einer aktuell keimfähigen Ausbreitungseinheit auf, wird aber aufgrund des geringen Gewichts seiner Diasporen dennoch als dauerhaft persistierend klassifiziert. Dagegen unterbleibt diese Zuordnung für die Diasporenbanken von *Leontodon hispidus* und *Vicia sepium*: sie waren in der Summe aller Untersuchungsflächen mit insgesamt nur einer Diaspore in der untersten Tiefenschicht präsent.

Tab. 4: Vertikale Struktur und Überdauerungsfähigkeit der vorgefundenen Diasporenbanken. – Tiefenschichten: T1 (0 - 25 mm), T2 (26 - 50 mm), T3 (51 - 100mm); Verhältnisklassen: A > B > C > 0 (s. 3.7); Diasporenbanktypen: d (dauerhaft; T3 > 0), v (vorübergehend; T3 = 0), ? (Zuordnung unsicher); Arten mit Diasporengesamtsummen < 3 blieben unberücksichtigt.

Art	Untersuchungsfläche												Diasporenbanktyp						
	MU			BR			MW			SU				SW					
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3		T1	T2	T3			
<i>Achillea millefolium</i>							A	B	0										v
<i>Agrostis capillaris</i>										A	B	0	A	B	C				d
<i>Arrhenatherum elatius</i>	A	0	0	A	B	B							A	0	0				d
<i>Bellis perennis</i>	A	A	A	A	0	0	0	A	0	0	A	0	0	0	A				d
<i>Cardamine pratensis</i>	B	B	A	A	0	0	A	B	C	0	A	0	A	B	C				d
<i>Cerastium holosteoides</i>							A	B	0				B	A	C				d
<i>Cirsium arvense</i>										A	B	C							d
<i>Dactylis glomerata</i>	A	A	B	A	0	0				A	0	B							d
<i>Galium mollugo</i>				A	A	0				A	0	0							?
<i>Glecoma hederacea</i>	A	B	C	0	A	A	A	A	0	0	B	A	B	A	C				d
<i>Juncus articulatus</i>				B	0	A	A	0	0	0	0	A							d
<i>Juncus bufonius</i>	0	0	A	B	B	A	B	0	A				A	0	A				d
<i>Juncus effusus</i>							A	0	B	C	B	A							d
<i>Juncus inflexus</i>										C	A	B	0	0	A				d
<i>Lamium purpureum</i>	0	0	A	0	0	A	0	A	0	A	0	0							d
<i>Leontodon hispidus</i>							A	0	0	A	B	C							?
<i>Picris hieracioides</i>										A	B	0							?
<i>Plantago lanceolata</i>	A	A	0				A	B	B										d
<i>Plantago media</i>	A	0	0				A	C	B	A	0	0							d
<i>Poa pratensis</i> s.l.				0	0	A	A	0	0	A	0	0	B	A	C				d
<i>Poa trivialis</i>	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C				d
<i>Prunella vulgaris</i>							A	0	0	0	A	0							?
<i>Ranunculus acris</i>	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	B	A	C				d
<i>Ranunculus repens</i>	A	0	0	A	B	C	0	0	A	A	B	C							d
<i>Rubus fruticosus</i>				0	0	A				0	0	A							d
<i>Rumex acetosa</i>	A	0	0				A	0	0										?
<i>Rumex obtusifolius</i>				0	0	A				A	0	B							d
<i>Taraxacum officinale</i>	A	0	0				B	A	C	0	A	A							d
<i>Trifolium pratense</i>	A	0	0				A	0	0	A	B	0							?
<i>Trifolium repens</i>	A	0	0				A	B	C	A	0	B	B	A	0				d
<i>Urtica dioica</i>				B	A	C				A	B	C	C	A	B				d
<i>Veronica serpyllifolia</i>	A	0	0										A	B	A				d
<i>Vicia sepium</i>	A	0	0	A	A	B													?

4. Diskussion

In der Praxis lässt sich in jeder Untersuchung von Diasporengemeinschaften nur ein begrenztes Bodenvolumen zeitlich und räumlich bewältigen (BENOIT et al. 1989). Gibt man Trennungsmethoden den Vorzug, so ist der für das Handauslesen nötige Arbeitsaufwand der begrenzende Faktor (TER HEERDT & BAKKER 1994). Fällt die Entscheidung zugunsten einer Auflaufmethode, dann schränken Platzmangel im Gewächshaus und lange Keimungsperioden eine umfangreiche und intensive Probenahme ein (POSCHLOD 1991a; TER HEERDT & BAKKER 1994).

Eine Kompression der Bodenbohrkerne konnte unter Verwendung des unter 2.5 beschriebenen Bodenbohrers weitgehend vermieden werden. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund einer Tiefenunterteilung der Bodenproben von Bedeutung. Dennoch wird dieser Umstand längst nicht in jeder der entsprechenden Studien ausreichend berücksichtigt (POSCHLOD & JACKEL 1993; WARR et al. 1994). Die Schichtdicken der Bodenproben in den Kulturschalen betragen durchschnittlich 2 bis 3 mm (TER HEERDT & BAKKER 1994; VERWEIJ et al. 1994). Nach spätestens 12 Wochen waren keinerlei auflaufende Keimlinge mehr zu verzeichnen.

Im Gelände war die transektförmige Anlage der Probenquadrate durch die zu meist langgestreckte Form der Untersuchungsflächen vorgegeben. Um trotz des „screening“-Charakters dennoch statistischen Mindestanforderungen gerecht zu werden, wurde in jeder Untersuchungsfläche ein diskontinuierliches Transekt mit jeweils zehn Quadraten angelegt (PFADENHAUER et al. 1986). Zur Erfassung eines möglichst großen Anteils an der Gesamtvariabilität innerhalb eines Quadrates, wurden aus jedem Probenquadrat zehn randomisierte Bodenproben entnommen (WARR et al. 1994). Sind die Flächen kontinuierlich oder in zu geringen Abständen angeordnet, ergibt sich bei Anwendung numerischer Analyseverfahren die Gefahr von Pseudoreplikationen (WIEGLEB 1992). Gruppenstrukturen wie die der Quadrate SU33 und SU34 sind aber anhand der aktuellen Vegetation eindeutig erklärbar und nicht als Artefakte der Probenahmestrategie anzusehen. Entsprechend der gewählten Skalierung findet sich für jede Untersuchungsfläche eine Anzahl geklumpt verteilter Arten (Tab. 3). Änderungen der räumlichen Skalierung ändern jedoch die Anzahl aggregierter Verteilungen: liegen mehrere „patches“ einer Art innerhalb eines Probenquadrates, gehen Informationen über die räumliche Verteilung der Art verloren – die gesamte Teilfläche erscheint als ein „patch“ (vgl. ALLEN & HOEKSTRA 1991). Auch die Gefahr von Pseudoreplikationen ist augenfällig. Streut eine Pflanze Diasporen bis ins angrenzende Quadrat hinein aus, scheinen zwei aggregierte Verteilungen vorzuliegen (vgl. WIEGLEB 1992). Auch die Abstände zwischen den Quadraten einer Untersuchungsfläche bedürfen einer geeigneten Skalierung. Sind die Flächen kontinuierlich oder in zu geringen Abständen angeordnet, ergibt sich bei Anwendung numerischer Analyseverfahren die Gefahr von Pseudoreplikationen (WIEGLEB 1992). Gruppenstrukturen wie die der Quadrate SU33 und SU34

sind aber anhand der aktuellen Vegetation eindeutig erklärbar und nicht als Artefakte der Probenahmestrategie anzusehen (Tab. 1, 2).

Die Vegetationsaufnahmen wurden vorrangig zur Erstellung eines Kartierschlüssels durchgeführt. Die Vegetation wurde daher nicht explizit in den für die Diasporenbankuntersuchungen eingerichteten Quadraten erfasst. Zukünftig bedarf es hierbei einer der Untersuchung von Diasporengemeinschaften analogen Skalierung (ALLEN & HOEKSTRA 1991; WIEGLEB 1992).

Entsprechend der gewählten Skalierung findet sich für jede Untersuchungsfläche eine Anzahl geklumpt verteilter Arten (Tab. 2). Änderungen der räumlichen Skalierung ändern jedoch die Anzahl aggregierter Verteilungen: liegen mehrere „patches“ einer Art innerhalb eines Probenquadrates, gehen Informationen über die räumliche Verteilung der Art verloren – die gesamte Teilfläche erscheint als ein „patch“ (vgl. ALLEN & HOEKSTRA 1991). Auch die Gefahr von Pseudoreplikationen ist augenfällig. Streut eine Pflanze Diasporen bis ins angrenzende Quadrat hinein aus, scheinen zwei aggregierte Verteilungen vorzuliegen (vgl. WIEGLEB 1992).

Im Umkreis einer Mutterpflanze sind grundsätzlich geklumpfte Verteilungen ihrer Diasporen zu erwarten, die Größe dieses Umkreises ist für verschiedene Arten aber verschieden groß (vgl. MÜLLER-SCHNEIDER 1977). Die Probenahme muss sich daher an der Biologie der interessierenden Arten orientieren (WIEGLEB 1992; vgl. THOMPSON 1986). Anteile geklumpt verteilter Arten scheinen für die Beschreibung von Diasporencoenosen daher nur von begrenztem Nutzen, sie stellen vielmehr einen Aspekt von Diasporenbanken dar (Tab. 2; vgl. DESSAINT 1991; DESSAINT et al. 1991). Auch bei Studien über die Dauerhaftigkeit von Diasporenbanken sind – verglichen mit Untersuchungen von Organismengemeinschaften – grundsätzlich andere zeitliche Skalen erforderlich (ALLEN & HOEKSTRA 1991; WIEGLEB 1992). Innerhalb einer Vegetationsperiode lässt sich die Überdauerungsfähigkeit der Diasporen nur indirekt über ihre Tiefenverteilung im Boden bestimmen (BAKKER 1989; THOMPSON 1992, 1993; POSCHLOD & JACKEL 1993). Diese Ergebnisse liefern jedoch allenfalls grobe Hinweise auf das autökologische Verhalten der Arten, lassen aber dennoch Tendenzen bezüglich der Auswirkungen unterschiedlicher Managementvarianten erkennen.

Wesentlichen Einfluss auf die Vegetation nimmt aber insbesondere die Standbeweidung während der letzten 25 Jahre (ELLENBERG 1986; BAKKER 1989). Bis auf wenige Arten finden sich alle in der Vegetation dominierenden Arten in den Bodenproben wieder (Tab. 2).

Diasporen werden in je nach Bodenverhältnissen unterschiedlichen Qualitäten und Quantitäten in tiefere Bodenschichten verlagert. Ausgehend von der Diasporenproduktion der Vegetation interagieren im Verlagerungsprozess Faktoren wie Größe der Bodenaggregate, Lagerungsdichte der Böden, Schrumpfrisse im Boden, perkolierendes Niederschlagswasser, Kryoturbation, Gewicht

und Form der Diasporen, Aktivitäten grabender und wühlender Bodentiere und vorherrschende Managementvarianten. Aspektartig werden im folgenden die wesentlichen Charakteristika der Managementvarianten und ihrer Diasporencoenosen im Gesamtkontext skizziert und Möglichkeiten der Aktivierung tiefenverlagerter Diasporen angesprochen.

Die Standweide SW zeichnet sich durch geringe Individuenzahlen in der obersten Bodenschicht aus. Vermutlich ist dies dem permanenten selektiven Fraß der Schafe zuzuschreiben. Zwölf der vierzehn in den Bodenproben vertretenen Arten mit langfristig überdauerungsfähigen Ausbreitungseinheiten bauen dennoch eine dauerhafte Diasporenbank auf (Tab. 4). Neben den Arten- und Individuenzahlen in den tieferen Bodenschichten indizieren die durchweg hohen asymmetrischen Ähnlichkeiten die konstante Nutzung und die offensichtlich sehr gute Anpassung der Phytocoenose an zeitliche Isolationseffekte (POSCHLOD 1991b).

Die Artenzahlen der Mähwiese MW fallen von einer Bodenschicht zur nächst tieferen stark ab. Außerdem zeigen die Tiefenschichten 1 und 3 auffallend niedrige Individuenzahlen. Nur zehn von sechzehn Arten, deren Diasporen als dauerhaft persistierend angesehen werden, waren in der untersten Bodenschicht präsent (Tab. 4). Hohe Ähnlichkeiten zwischen Tiefe 1 und den unteren Tiefenschichten belegen die langjährige einheitliche Nutzung der Fläche. Die verhältnismäßig stark streuenden Wertereihen der mittleren Tiefe und die vergleichsweise geringe Ähnlichkeit zwischen der Tiefe 2 und der untersten Tiefenschicht lassen sich möglicherweise auf verspätete Mahdtermine oder zeitweilig nur einschürige Nutzung während mehrerer Jahre zurückführen.

Ein Vergleich der obersten Tiefenschicht der Umtriebsweide SU mit der Tiefenschicht 2 liefert Ähnlichkeitswerte von 75 %. Die asymmetrischen Ähnlichkeiten zwischen oberen Tiefenschichten auf der einen und der Tiefe 3 auf der anderen Seite betragen dagegen weniger als 70 %. Zudem weisen die Diasporengemeinschaften der Umtriebsweide in allen Tiefen höchste Artenzahlen auf. Diese sinken ähnlich wie in der Mähwiese von der obersten Bodenschicht nach unten hin stark ab. Immerhin fünfzehn von einundzwanzig zum Aufbau dauerhafter Diasporenbanken befähigter Arten sind aber tatsächlich in der untersten Bodenschicht der Umtriebsweide SU vertreten (Tab. 4).

Sowohl Arten- als auch Individuenzahlen der Mulchwiese MU sind in der obersten Bodenschicht deutlich höher als in den tieferen Bodenschichten. Die Ähnlichkeitsvergleiche zwischen den drei Tiefen ergeben Werte von 75 bis 78 %. Dies ist als Ausdruck des seit bald 20 Jahren nahezu ununterbrochen aufrechterhaltenen Managements zu werten. Obwohl fünfzehn der zwanzig angebotenen Arten grundsätzlich zum Aufbau einer dauerhaften Diasporenbank befähigt sind, konnten in der Tiefe 3 nur die Diasporen acht verschiedener Arten nachgewiesen werden (Tab. 4). Hier ist nun keinesfalls ein verringerter Diasporeneintrag Grund für die vorgefundene vertikale Struktur der Coenose –

vielmehr wurde die Untersuchungsfläche bis vor wenigen Jahren noch wesentlich häufiger gemulcht, der jährliche Diasporeneintrag war folglich deutlich geringer.

Die Individuenzahlen aller Tiefen der Wiesenbrache BR liegen deutlich über dem Gesamtdurchschnitt der Untersuchungsflächen. Während die Artenzahlen der beiden unteren Tiefenschichten denen anderer Untersuchungsflächen ähneln, treten in der Tiefe 1 deutlich weniger Arten als in den übrigen Flächen auf. Dreizehn der insgesamt zwanzig Pflanzensippen besitzen eine dauerhafte Diasporenbank (Tab. 4). Mit 57 % ist die Ähnlichkeit zwischen den Tiefen 1 und 3 ebenso gering wie die Übereinstimmung zwischen der mittleren und der unteren Tiefenschicht. Dagegen ähnelt das Arteninventar der mittleren Tiefenschicht der Tiefe 1 zu 90 %. Diese deutlichen Unterschiede lassen sich durch das Auflassen der heutigen Wiesenbrache vor etwa acht bis zehn Jahren deuten: ein Teil der Diasporen in Tiefe 3 stammt wohl noch aus der Zeit vor der abrupten Änderung des Nutzungsregimes.

Soll die Struktur der Diasporengemeinschaften kausal erklärt werden, müssen für eine Synthese aber noch weitere Faktoren Berücksichtigung finden. Neben Bodenparametern und der Artenzusammensetzung der Vegetation (Tab. 4) stellen dabei vor allem die Auswirkungen der verschiedenen Managementvarianten „Schlüsselfaktoren“ dar.

Die Mulchwiese MU wird im Durchschnitt viermal jährlich gemulcht. Entsprechend hoch ist der Anteil an Arten mit guter vegetativer Regenerationsfähigkeit. In der Vegetation der Mulchwiese MU treten zehn Arten auf, die grundsätzlich eine dauerhafte Diasporenbank aufbauen könnten – doch nur fünf Arten realisieren diese Möglichkeit (Tab. 4). Da selbst große Diasporen in die unterste Bodenschicht gelangt waren, scheint die Lagerungsdichte des Bodens nur geringen Einfluss auf die Tiefenverlagerung zu nehmen. Dennoch waren nur wenige Arten mit potentiell dauerhafter Diasporenbank tatsächlich in der Lage, Diasporen in tiefere Bodenschichten zu verlagern. Mulchschwaden können durch Verschlechterung der Keimungsbedingungen (starke Beschattung, Abmilderung von Temperaturschwankungen) die Aktivierung der Diasporenbanken stellenweise stark einschränken.

Die Wiesenbrache BR unterliegt seit etwa acht bis zehn Jahren der Sekundärsukzession. Seitdem sind Sträucher und junge Bäume in Ausbreitung begriffen. Die zunehmende Beschattung der krautigen Vegetation fördert Arten mit frühem Blühbeginn. In der Wiesenbrache BR waren alle in der Vegetation nennenswert abundanten Arten mit Diasporenbank auch in den Teilproben der Tiefe 3 vertreten (Tab. 4.). Alle in der Wiesenbrache vorkommenden Arten mit potentiell dauerhafter Diasporenbank konnten in der Tiefenschicht 3 nachgewiesen werden. Die durch Kryoturbation bedingte sehr geringe bis geringe Lagerungsdichte des Bodens erlaubt auch großen Diasporen eine Tiefenverlage-

rung. Eine Aktivierung tiefenverlagerter Diasporen ist in erster Linie durch die Tätigkeit wühlender Bodentiere zu erwarten.

Die Mähwiese MW ist durch regelhafte zwei- bis dreimalige Mahd charakterisiert. Im Gegensatz zur Fläche MU wird das Mähgut von der Fläche entfernt. Arten mit frühzeitigem Blühbeginn produzieren bereits vor der ersten Mahd zahlreiche Diasporen. In der Mähwiese MW sind die Diasporen nahezu aller in nennenswertem Ausmaß deckenden Arten mit langfristiger Diasporenbank auch tatsächlich in der untersten Tiefenschicht vertreten (Tab. 4). Lediglich kleine Diasporen gelangen in nennenswertem Ausmaß in tiefere Bodenschichten. Ein Großteil der aktuell bestandesbildenden Arten besitzt zwar ein gutes vegetatives Regenerationsvermögen, ist zur generativen Regeneration aber auf baldiges Auflaufen der nur vorübergehend keimfähigen Diasporen und den Diasporenanflug aus der Umgebung angewiesen. Der Anflug allochthoner Diasporen ist durch ausgeprägte Randlinieneffekte erleichtert. Eine Anlieferung tiefenverlagerter Diasporen zurück an die Oberfläche kann neben grabend-wühlenden Tätigkeiten von Bodentieren auch durch die Verletzung des Oberbodens durch die Mähgeräte erfolgen.

In der Umtriebsweide SU sind – ähnlich wie in der Mähwiese – alle in der Vegetation mit Deckungsgraden über 5 % vertretenen Arten, die eine dauerhafte Diasporenbank aufbauen können auch tatsächlich in der Tiefenschicht 3 vertreten (s. Tab. 4.8; A 4.4). Hinzu kommen noch Arten mit kleinen Samen wie *Juncus* spp. und *Rubus fruticosus* agg. Die Schaf-Umtriebsweide SU ist durch den regelhaften Tritt und Fraß der Schafe gekennzeichnet. Während der Anteil der vorgefundenen Diasporenbanken und das Größenspektrum der dem Boden inkorporierten Ausbreitungseinheiten den Verhältnissen auf der Mähwiese ähneln, ist der Anteil spät blühender Arten deutlich höher als auf anderen Flächen. Gepferchte Schafherden fressen weniger selektiv als die Schafe einer Standweide. Etliche Pflanzen werden lediglich umgetrampelt und können daher auch unmittelbar nach einem Nutzungsereignis noch Diasporen ausstreuen. Eine Aktivierung des Diasporenpotentials ist insbesondere auf durch Huftritt der Schafe entstandenen Freiflächen zu erwarten. Neben dem Diasporenenregen allochthoner Ausbreitungseinheiten leisten möglicherweise auch im Fell der Schafe transportierte allochthone Diasporen einen Beitrag zur genetischen Variabilität lokaler Populationen.

In der Standweide SW war eine Mehrheit der zum Aufbau dauerhafter Diasporenbanken befähigten Arten der Vegetation in der untersten Tiefenschicht präsent (Tab. 4). Der Boden der Standweide SW ist deutlich verdichtet. Folglich gelingt es Arten mit großen Diasporen nicht, eine dauerhafte Diasporenbank aufzubauen. Dies vermochten allenfalls Arten mit kleinen Diasporen. Der während der Vegetationsperiode permanent herrschende selektive Fraß der Schafe fördert Arten mit hohem vegetativem Regenerationspotential. Da die Tätigkeit grabender oder wühlender Bodentiere durch die vergleichsweise hohe Lage-

rungsdichte erschwert ist, scheint eine Aktivierung tiefenverlagerter Diasporen vor allem an durch Huftritt gestörten Stellen möglich.

Zusammenfassung

Die Diasporengemeinschaften von fünf, unterschiedlichen Managementvarianten unterliegenden, im Naturschutzgebiet Limburg (48°36' N / 9°38' E) gelegenen Probenflächen wurden vergleichend untersucht. Im April 1995 wurden in einer drei- bis viermal jährlich gemulchten Wiese, einer etwa acht bis zehn Jahre alten Wiesenbrache, einer zweischürigen Mähwiese, einer Schafe-Umtriebsweide und einer Schafe-Standweide je zehn Probenquadrate transektförmig angelegt. Aus jedem dieser Quadrate wurden zehn randomisierte Bodenproben entnommen. Diese Proben wurden in drei Tiefenschichten (0-25, 26-50 und 51-100 mm) unterteilt und die jeweils zehn Proben einer Tiefenschicht anschließend zu Mischproben vereinigt. Die Zusammensetzung der Diasporengemeinschaften wurde mit Hilfe einer verbesserten Auflaufmethode mit vorherigem Nasssieben ermittelt.

Während der Kultivierungsversuche liefen insgesamt 1270 Keimlinge auf. Davon wurden 1233 Keimlinge zur weiteren Auswertung herangezogen, diese gehörten zu insgesamt 52 verschiedenen Gefäßpflanzensippen (Tab. 1). Die Leistungsfähigkeit der Auflaufmethode lag bei 93-100 % relativer Keimfähigkeit.

Die Häufigkeitsverteilungen der Arten- und Individuenzahlen der Untersuchungsflächen wurden sowohl für die Gesamtdiasporencoenosen als auch für die Diasporengemeinschaften der drei Tiefenschichten vergleichend dargestellt und signifikante Unterschiede herausgearbeitet (Tab 3, 4).

Die horizontale Struktur der Diasporengemeinschaften wurde anhand der Anteile aggregierter Diasporenbanken an den Gesamtcoenosen beschrieben. Die relativen Anteile lagen zwischen 5 % auf der Mulchwiese und 21 % auf der Umtriebsweide (Abb. 1-5).

Die Probenumfänge aller Untersuchungsflächen konnten anhand von Optimierungskurven als ausreichend bewertet werden: in allen Managementvarianten decken bereits zehn Quadrate die Kurvenabschnitte maximalen Artenzuwachses ab (Abb. 6).

Literatur

- ALLEN, T. F. H. & HOEKSTRA, W. (1991): Role of heterogeneity in scaling of ecological systems under analysis. In: Kolasa, J. & Pickett, S.T.A. (Hrsg.). Ecological Heterogeneity. Ecological Studies 88. Springer, Berlin. S. 47-68.
- BAKKER, J. P. (1989): Nature Management by Grazing and Cutting. Geobotany 14. Kluwer, Dordrecht.
- BEIJERINCK, W. (1976): Zadenatlas der Nederlandsche Flora. Reprint. Backhuys & Meesters, Amsterdam.
- BENOIT, D. L., KENKEL, N. C. & CAVERS P. B. (1989): Factors influencing the precision of soil seed bank estimates. Canadian Journal of Botany 67: 2833-2840.
- BERTSCH, K. (1941): Früchte und Samen. Ein Bestimmungsbuch zur Pflanzkunde der vorgeschichtlichen Zeit. In: Reinerth, H. (Hrsg.). Handbuch der praktischen Vorgeschichtsforschung. Bd. 1. Enke, Stuttgart.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie. 3. Aufl.. Springer, Wien.
- BRIEMLE, G. & ELLENBERG, H. (1994): Zur Mahdverträglichkeit von Grünlandpflanzen - Möglichkeiten der praktischen Anwendung von Zeigerwerten. Natur und Landschaft 69: 139-147.
- CHAMPNESS, S. S. & MORRIS, K. (1948): The population of buried viable seeds in relation to contrasting pasture and soil types. Journal of Ecology 36: 149-173.
- CHIPPINDALE, H. G. & MILTON, W. E. J. (1934): On the viable seeds present in the soil beneath pastures. Journal of Ecology 22: 508-531.
- DESSAINT, F. (1991): La répartition spatiale du stock semencier: Comparision de techniques statistiques. Weed Research 31: 41-48.
- DESSAINT, F., CHADOEF, R. & BARRAILS, G. (1991): Spatial pattern analysis of weed seeds in the cultivated soil seed bank. Journal of Applied Ecology 28: 721-730.
- DEUSCHLE, J., GLÜCK, E., BÖCKER, R. (2002): Die Vegetation von Streuobstwiesen. Veröffentl. Natur- und Landschaftspflege BW 74: 5-56.
- ECKERT, G. (1995): Untersuchungen zur Geschichte der Landnutzung und zur Landschaftspflege auf brachgefallenen Wacholderheiden und Steinobstwiesen im Neidlinger Tal (Kreis Esslingen). Dissertation. Institut für Pflanzenbau und Grünland, Universität Hohenheim, Stuttgart.
- ELLENBERG, H. (1956): Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde. In: Walter, H. (Hrsg.). Einführung in die Phytologie IV/1. Ulmer, Stuttgart.
- ELLENBERG, H. (1986): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 4. Aufl. Ulmer, Stuttgart.
- ELLENBERG, H., WEBER, H. E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W. & PAULISSEN, D. (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. 2. Aufl.. Scripta Geobotanica 18. Goltze, Göttingen.

- GLÜCK, E., DEUSCHLE, J., BÖCKER, R. (2004): Wie beeinflusst die Nutzung die Vegetation von Streuobstwiesen ? Ber. Inst. Landschafts- und Pflanzenökologie Univ. Hohenheim 13: 69-90.
- HANF, M. (1990): Ackerunkräuter Europas. 3. Aufl. BLV, München.
- HESS, H. E., LANDOLDT, E. & HIRZEL, R. (1976-1980): Flora der Schweiz und angrenzender Gebiete. Bd.1-3. 2. Aufl.. Birkhäuser, Basel.
- KENT, M. & COKER, P. (1992): Vegetation Description and Analysis. Belhaven Press, London.
- KLAPP, E. & OPITZ VON BOBERFELD, W. (1988): Kräuterbestimmungsschlüssel für die häufigsten Grünland- und Rasenkräuter. 2. Aufl.. Parey, Hamburg.
- KLAPP, E. & OPITZ VON BOBERFELD, W. (1990): Taschenbuch der Gräser. 12. Aufl.. Parey, Hamburg.
- LLOYD, M. (1967): Mean crowding. Journal of Animal Ecology 36: 1-33.
- MALONE, C. R. (1967): A rapid method for estimating viable seeds in the soil. Weeds 15:81-382.
- MÜLLER-SCHNEIDER, P. (1977): Verbreitungsbiologie (Diasporologie) der Blütenpflanzen. 2. Aufl.. Veröffentlichungen des Geobotanischen Instituts der ETH, Stiftung Rübel, Zürich, 61.
- MULLER, F. M. (1978): Seedlings of the North-Western European Lowland. Junk, Den Haag.
- PFADENHAUER, J., POSCHLOD, P. & BUCHWALD, R. (1986): Überlegungen zu einem Konzept geobotanischer Dauerbeobachtungsflächen für Bayern Teil I. Berichte der ANL 10: 41-60.
- POSCHLOD, P. (1991a): Diasporenbanken in Böden - Grundlagen und Bedeutung. In: Schmid, B. & Stöcklin, J. (Hrsg.). Populationsbiologie der Pflanzen. Birkhäuser, Basel. S. 15-35
- POSCHLOD, P. (1991b): Anpassungsfähigkeit von Pflanzen an zeitliche und räumliche Isolationseffekte in unserer Landschaft als zusätzliche Kriterien für die Einstufung ihrer Gefährdung. In: Rahmann, H. & Kohler, A. (Hrsg.): Tier- und Artenschutz. 23. Hohenheimer Umwelttagung. Margraf, Weikersheim. S. 91-108.
- POSCHLOD, P. & JACKEL, A.-K. (1993): Untersuchungen zur Dynamik von Samenpflanzen in Kalkmagerrasen. Flora 188: 49-71.
- RABOTNOV, T. (1995): Phytozoölogie. Ulmer, Stuttgart.
- ROBERTS, H. A. & RICKETTS, M. E. (1979): Quantitative relationships between the weed flora after cultivation and the seed population in the soil. Weed Research 19: 269-275.
- RYSER, P. & GIGON, A. (1985): Influence of seed bank and small mammals on the floristic composition of limestone grassland (*Mesobrometum*) in Northern Switzerland. Berichte des Geobotanischen Instituts der ETH, Stiftung Rübel, Zürich 52: 41-52.
- SCHLENKER, G. & MÜLLER, S. (1973): Erläuterungen zur Karte der regionalen Gliederung von Baden-Württemberg. I. Teil. Mitteilungen des Vereins für forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung 23: 3-66.

- SCHREIBER, K. F & NEITZKE, A. (1992): Mähen und Mulchen. Biotoppflege – Biotopentwicklung, Maßnahmen zur Stützung und Initiierung von Lebensräumen für Tiere und Pflanzen, Teil 1. Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau, Bonn. S. 78-90.
- SCHUBERT, R., JÄGER, E. & WERNER, K. (1991): Exkursionsflora von Deutschland. Bd. 3. Atlas der Gefäßpflanzen. 8. Aufl.. Volk und Wissen, Berlin.
- SCHUBERT, R. & VENT, W. (1990): Exkursionsflora von Deutschland. Gefäßpflanzen. Bd. 4. Kritischer Band. 8. Aufl. Volk und Wissen, Berlin.
- SEBALD, O., SEYBOLD, S. & PHILIPPI, G. (1990-1992): Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs. Bd. 1-4. Ulmer, Stuttgart.
- SILVERTOWN, J. W. & LOVETT-DOUST, J. (1993): Introduction to Plant Population Biology. Blackwell, Oxford.
- TER HEERDT, G. N. J. & BAKKER, J. P. (1994): An improved method for seed bank analysis: seedling emergence after removing the soil by sieving. I: Clay soils. Manuskript. Laboratory of Plant Ecology, Groningen.
- THOMPSON, K. (1986): Small-scale heterogeneity in the seed bank of an acid grassland. *Journal of Ecology* 74: 733-738.
- THOMPSON, K. (1992): The functional ecology of seed banks. In: Fenner, M. (Hrsg.). *Seeds – The Ecology of Regeneration in Plant Communities*. C.A.B. International, Wallingford. S. 231-258.
- THOMPSON, K. (1993): Persistence in soil. In: HENDRY, G.A.F. & GRIME, J. P. (Hrsg.). *Methods in Comparative Plant Ecology*. CHAPMAN & HALL, London. S. 199-202.
- THOMPSON, K. & GRIME, J. P. (1983): A comparative study of germination responses to diurnally-fluctuating temperatures. *Journal of Ecology* 20: 141-156.
- URBANSKA, K. M. (1992): *Populationsbiologie der Pflanzen*. Fischer, Stuttgart.
- VAN DER REEST, P. J. & ROGAAR, H. (1988): The effect of earthworm activity on the vertical distribution of plant seeds in newly reclaimed polder soils in the Netherlands. *Pedobiologia* 31: 211-218.
- VERWEIJ, G. L., TER HEERDT, G. N. J. & BEKKER, R. M. (1994): An improved method for seed bank analysis: Seedling emergence after removing soil by sieving. II: Peaty and sandy soils. Manuskript. Laboratory of Plant Ecology, Groningen.
- WARR, S. J., KENT, M. & THOMPSON, K. (1994): Seed bank composition and variability in five woodlands in South-west England. *Journal of Biogeography* 21: 151-168.
- WELLER, F. (1986): Untersuchungen über die Möglichkeiten zur Erhaltung des landschaftsprägenden Streuobstbaus in Baden-Württemberg. Studie der FH Nürtingen. Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten Baden-Württemberg (EM-13-86), Stuttgart.

- WIEGLEB, G. (1992): Explorative Datenanalyse und räumliche Skalierung - eine kritische Evaluation. Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie 21: 327-338.
- WILDI, O. (1989): A new numerical solution to traditional phytosociological tabular classification. Vegetatio 81: 95-106.
- WILDI, O. (1994): Datenanalyse mit MULVA-5. Manuskript, Birmensdorf.

Anschriften der Verfasser:

Prof. Dr. Erich Glück

Gingener Weg 61/1
73072 Donzdorf

Steffen Winterfeld

Mühlgärtenweg 25
73207 Plochingen

Prof. Dr. Reinhard Böcker

Universität Hohenheim
Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie -320-
Fachgebiet Landschaftsökologie und Vegetationkunde
Ökologiezentrum 2
August-von-Hartmann-Str. 3
D – 70599 Stuttgart

Bemühungen zum Schutz seltener Pflanzengesellschaften am Beispiel von Halophytenzoenosen des Samara-Gebietes

T. Lysenko & R. Böcker

Pflanzengesellschaften lassen sich einfach als Indikatoren für den Zustand und die Veränderungen von Ökosystemen verwenden. Die Erhaltung der Pflanzengesellschaften trägt zur Erhaltung der Ökosysteme und der Biosphäre insgesamt bei. Ihre Veränderung ist daher eine wichtige Grundlage für eine Kontrolle des Managements von Reservaten. In den letzten Jahren sind in einigen westeuropäischen Ländern und Regionen Russlands Rote Liste der Organismen zusammengestellt worden, aktuell werden Verzeichnisse und Rote Listen der Pflanzengesellschaften entwickelt (das sogenannte Grüne Buch) (KOROPATSKINSKIJ, 1996; SCHELYAG-SOSONKO, 1987; RENNWALD, 2000). Das Ziel dieser Listen ist die Erfassung der schutzbedürftigen Pflanzengesellschaften und deren natürliche Umwelt, sowie darin vorkommende seltene bedrohte und zurückgehende Pflanzen- und Tierarten. Begründet wird dieses dadurch, dass die Evolution der Arten nur innerhalb von Pflanzengesellschaften verläuft. Ein Begründer der theoretischen Arbeiten hierzu war in der ehemaligen UdSSR E. M. LAWRENKO (1971). Er war der Meinung, dass das Vorhandensein der seltenen Arten, besonders im Status der Dominanten und Subdominanten, als ein Kriterium zum Schutz der Gesellschaften dienen soll und dass auch die zonalen oder typischen Gesellschaften sowie Gesellschaften am Arealrand geschützt werden müssten.

Für die Begründung der Abgrenzung seltener Pflanzengesellschaften, die dem Schutz unterliegen sollen, übernahmen viele russische Wissenschaftler die von W. P. SEDELNIKOW (1996) und N. B. JERMAKOW (2003) abgefassten Kriterien:

Wissenschaftliche Bedeutung der Gesellschaften:

- als Grundeinheit der natürlichen Vegetation und der anthropogen veränderten;
- als Grundeinheit, die die Entwicklung der Vegetation der Erde und insgesamt die Geochronologie widerspiegelt;
- Verringerung des Areals infolge der historischen Entwicklung und anthropogenen Faktoren;
- die sich an der Arealgrenze, extrazonal oder in sehr begrenzten Teilarealen im Samara-Gebiet finden.

Charakter der Verteilung der Gesellschaften im Verhältnis zum Gesamtareal (hier: Seltenheit):

- zonale Vorkommen der Gesellschaften;
- der Charakter der Verbreitung, oder die Seltenheit (man unterscheidet acht verschiedene Aspekte der Besonderheit der Verbreitung der Pflanzengesellschaften im Areal).

Hier wurde eine Methode übernommen, die von S. E. SHURAWLJOWA (1999) bei der syntaxonomischen Begründung der Wahl der geschützten Pflanzengesellschaften der Republik Baschkortostan verwendet wurde. Man bewertet drei unabhängige Gründe der Verbreitung der Pflanzengesellschaften: die Gesamtarealgröße, die Zahl der Assoziationsvorkommen innerhalb des Areal, die Größe der Gesellschaftsvorkommen im Gebiet. Es gibt acht Kombinationen der Merkmale (Tab. 1).

Tab. 1: Assoziationsmerkmale

	Gesamtarealgröße	Zahl der Assoziations-vorkommen	Größe der Vorkommen
R1	groß	groß	groß
R2	groß	klein	klein
R3	groß	groß	klein
R4	groß	klein	klein
R5	klein	groß	groß
R6	klein	klein	groß
R7	klein	groß	klein
R8	klein	klein	klein

Diese Methode ist auf subjektive Experteneinschätzung begründet und ist für die nur wenig untersuchten großen Territorien verwendbar, wo gegenwärtig keine quantitativen Daten zur Gesellschaftsverbreitung vorliegen.

Der Naturschutzstatus:

Die Kriterien dieses Abschnittes beschreiben die Art der Gefährdung der Pflanzengesellschaften, ihre Reaktionen auf eine Destabilisierung der Standortbedingungen, die Natürlichkeit der Gesellschaften und den aktuellen Status.

1. Die destabilisierenden Faktoren:

Die Wandlungen des Gebietes, das von der Gesellschaft eingenommen wird, ist durch wirtschaftliche Nutzung beeinflusst (Bau von Gebäuden, Wasserbehältern, Straßen, Wegen, die Förderung der Bodenschätze, die Verschmutzung der Wohngebiete durch industrielle und landwirtschaftliche Abfälle, Brände usw.).

2. Die Natürlichkeit:

Dieses Kriterium zeigt die Stufe des Wandels der natürlichen Pflanzengesellschaften unter der Einwirkung verschiedener anthropogener Faktoren (KOWARIK, 1999):

- naturnahe Gesellschaften, die sich nicht durch menschliche Einwirkung veränderten;
- bedingt naturnahe – Gesellschaften, die verschiedene Positionen in den natürlich verlaufenden Sukzessionsreihen einnehmen;

- naturfern, in traditioneller Nutzung, wo keine große Veränderung der Artenkombinationen und der Strukturen zu beobachten ist;
- stark naturfern, intensiv genutzte und veränderte Gesellschaften, mit großer Veränderung der Artenkombinationen;
- naturfremd, als Ergebnis der menschlichen Tätigkeit entstanden.

3. Die Flächenverringering:

Dieses Kriterium hat 4 Stufen, die aufzeigen, wie stark die Flächenverringering ist, die früher von den charakteristischen Assoziationen eingenommen wurde:

- 1 – 80 % und mehr
- 2 – 50-79 %
- 3 – 30-49 %
- 4 – weniger 30 %

4. Die Wiederherstellbarkeit:

Dieses Kriterium spiegelt die Einschätzung der Fähigkeit wider, nach unterschiedlichen anthropogenen und natürlichen Störungen zum Ausgangszustand zurückzukehren:

- 0 – keine Restitution möglich
- 1 – Regeneration im Laufe von mehr als 100 Jahren
- 2 – Regeneration im Laufe von 20-100 Jahren
- 3 – Regeneration im Laufe von 10-20 Jahren
- 4 – für die Wiederherstellung sind bis zu 10 Jahre erforderlich

5. Die Gefahr des Aussterbens:

Die verwendete Skala entspricht den Kategorien der IUCN (IUCN, 1994):

- EX – extinct
- EW – extinct in the wild
- CR – critical
- EN – endangered
- VU – vulnerable
- SU – susceptible
- CD – conservation dependent
- NT – near-threatened
- DD – data deficient

Die Parameter der Biodiversität und der strukturellen phytozönotischen Besonderheiten:

Diese Kriterien zeigen die Hauptcharakteristik der Biodiversität auf, die in den primären Dokumenten – den geobotanischen Beschreibungen der Pflanzengesellschaften – wiedergegeben sind.

1. Die Artenvielfalt:

Man beurteilt die Arten, die in einer bestimmten Zahl für die gegebene Assoziation in geobotanischen Beschreibungen verzeichnet sind.

2. Die Artensättigung:

Es wird die mittlere Artenzahl einer geobotanischen Beschreibung für eine bestimmte Fläche ausgewiesen.

3. Die Zahl der seltenen Arten:

Man gibt die Zahl der Pflanzenarten an, die in den Roten Listen der seltenen und zurückgehenden Arten der UdSSR, RSFSR und des Samara-Gebietes angegeben sind.

Die Kategorien des aktuellen Schutzzustandes der Gesellschaften und des geforderten Status.

1. Die aktuelle Sicherstellung des Schutzes:

Dieses Kriterium zeigt das Vorhandensein des gegebenen Typs der Gesellschaften im Bestand der Vegetation der Naturschutzgebiete und der Nationalparks auf:

- Vorkommen in Naturschutzgebieten und Nationalparks;
- Vorkommen in anderen geschützten Gebieten;
- Vorkommen in Gebieten für die der Schutz nicht gewährleistet ist.

2. Der geforderte Schutzstatus:

Es werden Vorschläge zur die Sicherung des Gesellschaftstyps im ganzen Areal gemacht:

- Schutz des ganzen Areals;
- besonderer Schutz von Teilarealen;
- Erhaltung in Nationalparks;
- Erhaltung in Naturdenkmälern;
- Verbot wirtschaftlicher Tätigkeit in den Gebieten.

In Russland gibt es ein komplexes Konzept zum Schutz der Pflanzengesellschaften; als Beispiel für die Bewertung können nur einige Kriterien herangezogen werden, da nicht alle Informationen zugänglich sind.

Die Standortsbedingungen und die Natur des Samara-Gebietes:

Das Samara-Gebiet liegt im mittleren Teil des Wolgaeinzugsgebietes mit einer Größe von 53 600 km². Die Standortsbedingungen des Gebietes sind heterogen, einerseits bedingt durch natürliche Gesetzmäßigkeiten und andererseits durch lokale und regionale Besonderheiten. Die Wolga teilt das Samara-Gebiet in zwei ungleiche Teile. Der kleinere Teil liegt am westlichen Ufer der Wolga und der größere – im Osten. Der westliche Teil des Gebietes gehört zu den Priwolshskaja-Höhen; den östlichen teilt man in Hoch-, Niedrig- und Syrtsawolshje. Das Klima des Gebietes hat kontinentalen, trockenen Charakter und zeigt große Variationen von Jahr zu Jahr, besonders der Niederschläge (450 mm in nördlich Teil, 300 mm und weniger im südlichen Teil). Die mittlere monatliche Lufttemperatur schwankt von +20.4° C (im Juli) bis zu -13.5° C (im Januar), die mittlere Jahresamplitude der Temperaturen beträgt 33.9° C. Im

Gebiet unterscheidet man zwei Vegetationszonen: die Waldsteppenzone – einschließlich der Nordkreise bis Samara, und die Steppenzone – im Süden. Im Gebiet sind Wald-, Steppen-, Wiesen-, Moor-, Wasser-, Halophyten-gesellschaften verbreitet. Die Böden sind Graue Wald-, Kastanien (Kastanozem)-, Solontschak- und Solonezböden und die Gewöhnlichen und Südlichen Schwarzerden (Tschernozem).

Der Waldanteil des Samara-Gebietes ist nicht besonders hoch und beträgt 12.6 % (Natur, 1990), hauptsächlich im Nordteil, in der Waldsteppenzone, gelegen. Der südliche Teil – in der Steppenzone – hat extreme Bedingungen für Wälder. Die vorwiegenden Arten sind Eiche – 26 %, Kiefer – 13 %, Linde – 23 %, Espe – 18 %, Birke – 8 %, die übrigen Arten haben 12 % Anteil. Die Verschlechterung des Waldzustandes wird von Umweltsituation, Krankheiten und Schädlingen, Klima- und Wetterbedingungen, von Waldbränden und Schwankungen des Grundwasserniveaus hervorgerufen. Am empfindlichsten sind die Eichen- und Kieferwälder.

Im Gebiet sind Wiesensteppen (im Norden), Kraut-Grassteppen und Grassteppen (im Süden) verbreitet. Die Wiesensteppen im Norden sind an den Abhängen und am Fuße der Hügel verbreitet (Natur, 1990), sie sind von großer wissenschaftlicher, ästhetischer und kultureller Bedeutung; sie sind derzeit noch gut erhalten. Sie können als Bewertungsmaßstab für den Zustand der Ökosysteme dort dienen. Sie nahmen früher weit bedeutendere Flächen ein, aber sie sind in Zusammenhang mit intensiverer Landnutzung sehr stark zurückgegangen. Die Kraut-Grassteppen und Grassteppen sind die zonalen Vegetationstypen der Steppenzone (GRIBOWA u. a., 1980). Als Neuland intensiv unter den Pflug genommen wurde, verringerte sich die Fläche der Echtsteppen bedeutend. Aktuell sind sie nur auf steilen Abhängen, in Senken, entlang kleiner Flüsse und auch in Schluchten verblieben. Die landwirtschaftliche Nutzung trägt zur Verbreitung von Ruderalpflanzen in den Steppenpflanzengesellschaften bei. Ökotope mit diesen Pflanzengesellschaften sind sehr leicht verwundbar, und die Restitution der Steppenvegetation geht sehr langsam voran.

Wiesengesellschaften gibt es zur Zeit nur kleinflächig im Samara-Gebiet in den Flusstälern und auf den Wasserscheiden. Sie sind für die Volkswirtschaft sehr wichtig, da sie eine wertvolle Futterquelle sind. In 20. Jahrhundert gingen bedeutende Wiesenflächen wegen der irrationalen Nutzung verloren.

Der starke Rückgang der natürlichen und naturnahen Vegetation im Samara-Gebiet macht die Notwendigkeit eines Verzeichnisses der bedrohten Pflanzengesellschaften sehr deutlich.

Materialien und Methoden

Die Geländearbeiten wurden in den Jahren 1994-2004 in den Sysran-, Stawropol-, Besenschuk-, Kinel- und Sergiewsk-Kreisen des Samara-Gebietes durchgeführt. Die geobotanischen Beschreibungen wurden innerhalb der natürlichen Verbreitung der Pflanzengesellschaften, die die geobotanischen Kriterien erfüllen, auf jeweils 12 bis 21 m², durchgeführt. Es wurde das floristische Inven-

tar der Pflanzengesellschaften, die Deckung jeder Pflanzenart und die Gesamtdeckung (in %) erhoben. Dabei wurde die Deckungsgradskala von BRAUN-BLANQUET angewandt. Für die Tabellen wurden die Stetigkeitsklassen berechnet.

In einigen Flächen wurden Bodenprofile bis 1 m Tiefe gegraben und dabei Boden- und Grundwasserproben genommen, die dann auf den Gehalt an Kationen und Anionen (ARINUSCHKINA, 1970) analysiert wurden. Die Benennung der Gesellschaften erfolgt nach den Dominanzarten, denn das pflanzensoziologische System der Syntaxa ist für Russland sehr problematisch und bedarf einer Revision.

Die Gefäßpflanzen wurden nach „Flora Europaea“ (TUTIN et al., 1964-1980), die Böden nach der «Klassifikation und Diagnostik der Böden der UdSSR» (JEGOROW u. a., 1977) benannt.

Ergebnisse

Im Jahre 2003 wurde die Rote Liste der Pflanzen des Samara-Gebietes (SAKSONOW u. a., 2003) veröffentlicht. Sieben Halophytenpflanzenarten (stenök) sind selten und geschützt: *Camphorosma songorica*, *C. monspeliaca*, *Glaux maritima*, *Limonium bellidifolium*, *Petrosimonia triandra*, *Plantago cornuti*, *Plantago maritima*, *Suaeda maritima* subsp. *maritima*, *Triglochin maritima*.

Hier sind die Halophytengesellschaften mit einigen seltenen und geschützten Halophytenpflanzen beschrieben, die für die Aufnahme in die Rote Liste der Pflanzengesellschaften des Samara-Gebietes vorgeschlagen sind. Die Salzböden haben nur 2.5 % Anteil an der Gebietsfläche, darum ist die Erhaltung dieser Biotope mit ihren Gesellschaften für die Erhaltung der Biodiversität insgesamt sehr wichtig. Einige Arten, die diese Gesellschaften bilden, sind an ihren Arealgrenzen und sind sehr selten. Die Kenntnis der Verbreitung dieser Gesellschaften ist für das Studium der historischen Prozesse der Entstehung und Bildung der Vegetation Eurasiens von Bedeutung.

Allgemeine Verbreitung der Gesellschaften:

Aktuell liegen Angaben zur Verbreitung der *Puccinellia tenuissima*-*Camphorosma songorica*-, *Juncus ranarius*-*Elymus repens*-, *Geranium collinum*-*Plantago cornuti*- und *Poa angustifolia*-*Plantago maritima*-Gesellschaften nur im Samara-Gebietes (R8) vor.

Ökologie und genaue Verbreitung der Gesellschaften:

Die *Puccinellia tenuissima*-*Camphorosma songorica*-Gesellschaften (Tab. 2) finden sich auf den Mikroerhöhungen oder Mikrosenken. Die Stellen, die von der Gesellschaft eingenommen werden, haben gerundete Formen und Flächen von 16-21 m². Die Böden sind Wiesensolontschak mit einem Sulfat-Soda (SO₄²⁻-HCO₃⁻)-Salzbodentyp. Die Gesellschaften liegen 4 km westlich des Dorfes Nishnee Santscheleewo (Stawropolskaja-Senke, Stawropol-Kreis), 4 km

nordöstlich und 10 km nördlich des Dorfes Nataljino (Majtuganskaja-Senke, Bezentschuk-Kreis) und 7 km nördlich des Dorfes Krasnosamarskoje (Ewgenjewskaja-Senke, Kinel-Kreis) (Abb. 1).

Tab. 2: *Puccinellia tenuissima*-*Camphorosma songorica*-Gesellschaft

Probenfläche, m ²	18	21	20	16	16	16	20	16	18	16	18	20	20	18	16	16	18	20	Stetigkeit
Deckung, %	20	25	40	50	40	40	60	20	25	30	30	35	20	20	30	15	25	30	
Artenzahl	2	2	2	2	2	2	2	3	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	
Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
<i>Camphorosma songorica</i>	2	2	3	3	3	2	4	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	V2
<i>Puccinellia tenuissima</i>	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	+	1	1	1	1	1	1	V ¹
<i>Phragmites australis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Suaeda corniculata</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	I

Fettdruck = Art der Roten Liste der Pflanzen des Samara-Gebietes.

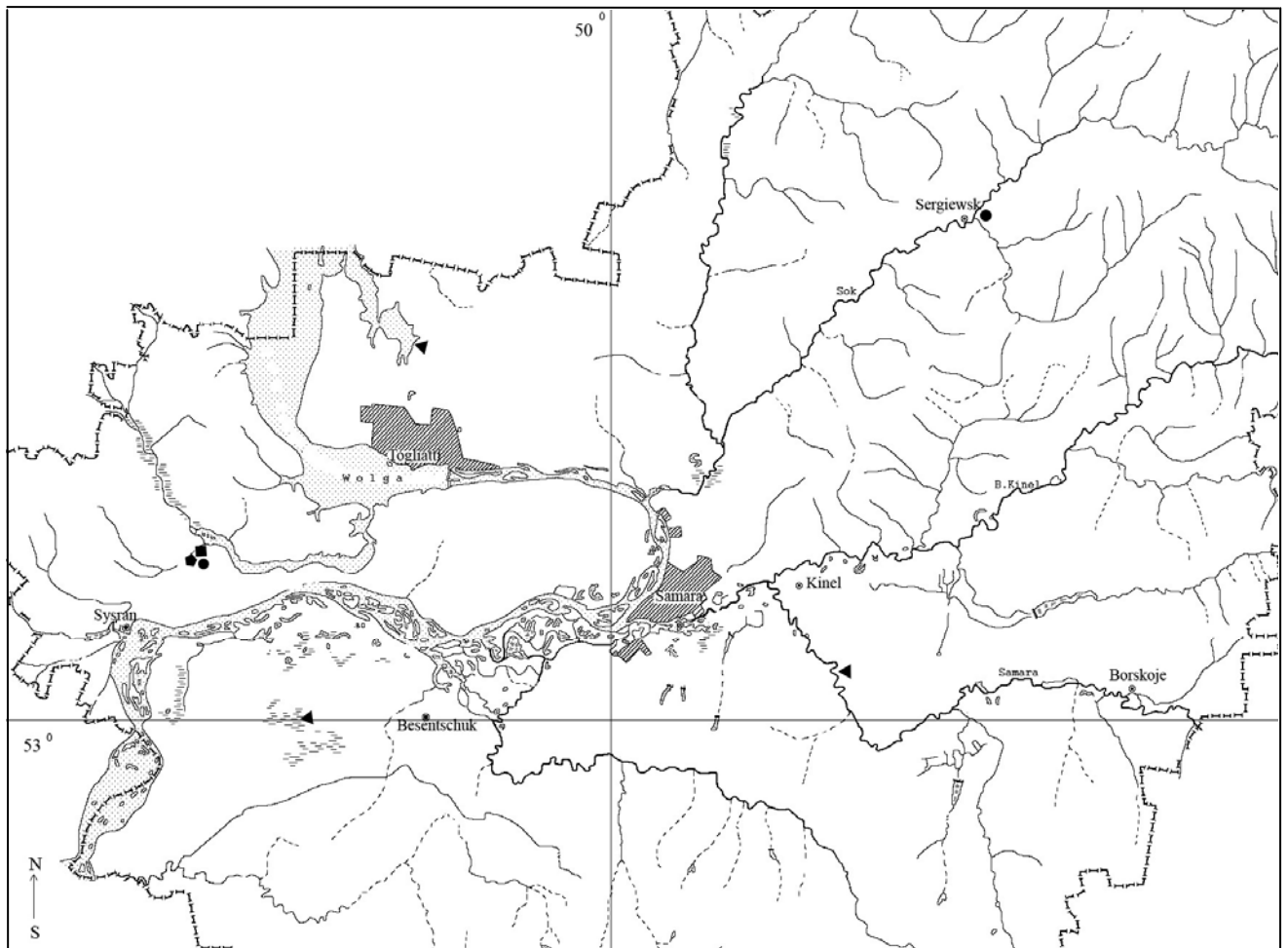


Abb. 1: Verbreitung der seltenen Salzpflanzengesellschaften in Samara-Gebiet.

- ◄ – *Puccinellia tenuissima*-*Camphorosma songorica*-Gesellschaft
- – *Juncus ranarius*-*Elymus repens*-Gesellschaft
- – *Geranium collinum*-*Plantago cornuti*-Gesellschaft
- ◆ – *Poa angustifolia*-*Plantago maritima*-Gesellschaft

Tab. 4: *Juncus ranarius-Elymus repens*-Gesellschaft

Probenfläche, m ²	20	20	20	20	20	Stetigkeit
Deckung, %	85	85	85	90	75	
Artenzahl	12	9	9	10	9	
Nummer	1	2	3	4	5	
<i>Juncus ranarius</i>	2	2	2	3	3	V ²
<i>Elymus repens</i>	2	2	2	2	2	V ²
<i>Cichorium intybus</i>	2	2	2	2	2	V ²
<i>Phragmites australis</i>	+	1	2	1	3	V ¹
<i>Scirpus lacustris</i>	+	1	+	1	1	V ¹
<i>Suaeda maritima</i> subsp. <i>maritima</i>	+	1	+	+	+	V ⁺
<i>Eguisetum arvense</i>	2	1	-	2	-	III
<i>Achillea millefolium</i>	-	+	+	1	-	III
<i>Taraxacum bessarabicum</i>	1	-	1	-	+	III
<i>Juncus gerardi</i>	-	-	-	+	1	II
<i>Polygonum hydropiper</i>	1	1	-	-	-	II
<i>Plantago maritima</i>	1	-	-	-	+	II
<i>Galium palustre</i>	+	-	-	-	-	I
<i>Artemisia abrotanum</i>	-	-	-	+	-	I
<i>Plantago media</i>	-	-	1	-	-	I
<i>Potentilla argentea</i>	+	-	-	-	-	I

Die *Geranium collinum-Plantago cornuti*-Gesellschaft trifft man auch auf den ebenen Terrassen des Flusses Surgut an frisch bis feuchten Stellen. Die Aufnahmelokalität liegt im zentralen Teil des Sergiewsk-Kreises im Samara-Gebiet, in den Niederungen des Surgut-Flusstales, 0.5 km westlich der Siedlung Sernowodsk.

Hauptfaktoren der Destabilisierung:

Diese liegen in der Zerstörung der natürlichen Umwelt von *Camphorosma songorica*, *Glaux maritima*, *Plantago cornuti*, *P. maritima*, *Suaeda maritima* subsp. *maritima* und *Triglochin maritima* bei der Nutzungsänderung in Viehweiden, der landwirtschaftlichen Bearbeitung der Böden, dem herbstlichen Abbrennen der Flächen durch die Bevölkerung und der Verdichtung des Bodens mit schweren Maschinen.

Schutzmotive:

Alle Gesellschaften haben ein beschränktes Areal im Samara-Gebietes und eine originäre floristische Zusammensetzung für die Waldsteppenzone oder Steppezone. Die Flächen der Gesellschaften verringern sich derzeit (VU).

Kategorien des aktuellen Schutzzustandes der Gesellschaften:

Es wird die ständige Zustandskontrolle der Gesellschaften und das Verbot bestimmter wirtschaftlicher Tätigkeiten empfohlen.

Tab. 5: *Geranium collinum-Plantago cornuti*-Gesellschaft

Probenfläche, m ²	20	20	20	25	20	20	16	12	12	12	Stetigkeit
Deckung, %	100	95	95	75	50	95	100	100	100	100	
Artenzahl	10	9	12	13	9	10	11	10	12	11	
Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<i>Agrostis stolonifera</i>	2	2	1	1	2	2	2	2	+	1	V ²
<i>Geranium collinum</i>	2	3	1	1	2	2	2	2	+	1	V ²
<i>Plantago cornuti</i>	2	1	2	2	2	2	1	1	1	1	V ²
<i>Potentilla anserina</i>	1	1	1	1	2	2	3	2	2	1	V ²
<i>Juncus compressus</i>	1	2	1	2	+	+	1	2	2	+	V ¹
<i>Alopecurus arundinaceus</i>	1	1	2	2	-	2	-	-	1	-	IV ¹
<i>Althaea officinalis</i>	-	-	-	+	1	+	-	-	-	-	III
<i>Elymus repens</i>	+	-	+	-	+	-	1	1	1	1	III
<i>Festuca arundinacea</i>	-	2	-	1	-	-	1	2	2	1	III
<i>Phragmites australis</i>	1	-	-	1	-	2	2	-	1	1	III
<i>Poa angustifolia</i>	-	-	1	1	1	+	-	+	-	-	III
<i>Achillea millefolium</i>	-	1	2	2	-	2	1	-	2	1	III
<i>Scirpus maritimus</i> subsp. <i>maritimus</i>	-	-	1	+	-	-	1	-	-	-	II
<i>Calamagrostis epigejos</i>	1	-	-	-	-	+	-	1	1	-	II
<i>Inula hirta</i>	-	-	1	+	1	-	-	-	-	-	II
<i>Trifolium pratense</i>	-	+	-	-	-	-	1	+	1	-	II
<i>Galium verum</i>	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	II
<i>Leontodon autumnalis</i>	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	I
<i>Plantago media</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	I
<i>Ranunculus repens</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Taraxacum bessarabicum</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	I
<i>Triglochin maritima</i>	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Triglochin palustris</i>	1	-	-	-	+	-	-	-	-	-	I
<i>Vicia cracca</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	I

Aktuelle Sicherung und Schutz:

Die Standorte der *Poa angustifolia-Plantago maritima*-, *Geranium collinum-Plantago cornuti*- und *Juncus ranarius-Elymus repens*-Gesellschaften sind zur Zeit nicht geschützt. Die Ökotope der *Puccinellia tenuissima-Camphorosma songorica*-Gesellschaft liegen im Naturdenkmal «Majtuganskije solonzy», und letztere auch im Naturdenkmal «Krasnosamarskij Solonez» (Kinel-Kreis) (PLAKSINA, MICHAJLOW, 1995; ROSENBERG, PASHENKOW, 1999).

Die beschriebenen Gesellschaften haben nur eine geringe Verbreitung im Samara-Gebiet. Sie enthalten Halophyten, die für die Aufnahme in die Rote Liste des Samara-Gebietes empfohlen sind; die Erhaltung dieser Gesellschaften soll auch in Zukunft die Vielgestaltigkeit der Pflanzendecke Russlands aufzeigen.

Literatur

- ARINUSCHKINA, E. W. (1970): Eine Einführung in die chemische Analyse der Böden. Moskau: 488 S. (In Russisch).
- GRIBOWA, S. A., ISATSCHENKO T. I. & LAWRENKO E. M. [Hrsg.] (1980): Vegetation des europäischen Teiles der UdSSR. Leningrad: 429 S. (In Russisch).
- JEGOROW, W. W., FRIDLAND, E. N., IWANOW, E. N., ROSOW, N. N., NOSIN, W. A. & FRIJEW, T. A. (1977): Klassifikation und Diagnostik der Böden der UdSSR. Moskau: 224 S. (In Russisch).
- JERMAKOW, N. B. (2003): Die Einschätzung der Hemiborealwälder entsprechend der Kriterien der geschützten Pflanzengesellschaften. In: Die ökologischen Probleme der Schutzgebiete Russlands. SAKSONOW S. W. [Hrsg.]. Togliatti: 97-118 (In Russisch).
- IUCN, International Union for Conservation of Nature [Hrsg.] (1994): IUCN Red List Categories, prepared by the IUCN Species Survival Commission. [As approved by the 40th Meeting of the IUCN Council] – Gland (Mskr.): 17 S.
- KOROPATSCHINSKIJ, I. Ju. [Hrsg.] (1996): Grünes Buch Sibiriens: Die seltenen und geschützten Pflanzengesellschaften. Nowosibirsk: 396 S. (In Russisch).
- KOWARIK, I. (1999): Natürlichkeit, Naturnähe und Hemerobie als Bewertungskriterien. In: KONOLD, W., BÖCKER, R. & HAMPICKE, U.: Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege, ecomed, Landsberg: 18 S.
- LAWRENKO, E. M. (1971): Über den Schutz der biologischen Objekte in der UdSSR. In: Die Fragen zum Schutz biologischer Objekte. Leningrad: 6-13 (In Russisch).
- KUIBYSCHEW (1990): Natur des Kujbyschew-Gebietes. 464 S (In Russisch).
- PLAKSINA, T. I., MIHAJLOW, K. (1995): Majtuganskie Solonzy. In: «Grünes Buch» des Wolgagebietes: die geschützten natürlichen Territorien des Samara-Gebietes. Samara: 267-268 (In Russisch).
- RENNWALD, E. (2000): Verzeichnis und Rote Liste der Pflanzengesellschaften Deutschlands. Schriftenreihe für Vegetationskunde. H. 35: 800 S.
- ROSENBERG G. S., PASHENKOW A. S. [Hrsg.] (1999): Ökologisches Netz-98 des Wolgo-Ural-Region. Togliatti: 288 S. (In Russisch).
- SAKSONOW, S. W., PLAKSINA, T.I., MATWEEW, W. I., ILJINA, N. S., KONEWA, N. W. & SCHUSTOW M. W. (2003): Die Pflanzen, die für die Aufnahme in das Rote Buch Samara-Gebiet als Objekte des Monitorings. In: Regional ökologisches Monitoring der biologischen Ressourcen. ROSENBERG G. S., SAKSONOW S. W. [Hrsg.] Togliatti: 124-148 (In Russisch).
- SEDELNIKOW, W. P. (1996): Prinzipien der Abgrenzung und der Ausstellung von Steckbriefen der seltenen und geschützten Pflanzengesellschaften. In: Grünes Buch Sibiriens. KOROPATSCHINSKIJ I. Ju. [Hrsg.]: 13-17 (In Russisch).

- SHURAWLJOWA, S. E. (1999): Sytaxonomische Begründung der Wahl der geschützten Pflanzengesellschaften (Beispiele einiger Gesellschaften der Republik Baschkortostan). Ufa: 16 S. (In Russisch).
- SCHELYAG-SOSONKO, Ju. R. [Hrsg.] (1987): Grünes Buch der Ukrainischen SSR: Seltene, zurückgehende und typische, geschützte Pflanzengesellschaften. Kiew: 216 S. (In Russisch).
- TUTIN, T. G., HEYWOOD, V. H., BURGESS, N. A., MOORE, D. M., VALENTINE, D. H., WALTERS, S. M. & WEBB, D. A. (ed.) (1964-1980): Flora Europaea, 1-5. Cambridge: Cambridge Univ. Press.

Autoren:

Dr. Tatjana Lysenko
Prof. Dr. Reinhard Böcker

Universität Hohenheim
Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie –320-
Fachgebiet Landschaftsökologie und Vegetationskunde
Ökologiezentrum 2
August-von-Hartmann Str. 3
70599 Stuttgart

Korrespondenz:

ltm2000@mail.ru
boeckerr@uni-hohenheim.de
<http://www.uni-hohenheim.de/www320>
Tel. +49 711 459 23510
Fax +49 711 459 22831

Ringelversuch bei *Robinia pseudoacacia* L. - erste Ergebnisse und Ausblick -

Reinhard Böcker & Monika Dirk

Zusammenfassung

Die neophytische Art *Robinia pseudoacacia* L. stellt aufgrund ihres hohen vegetativen Ausbreitungspotenzials in naturnahen Pflanzengesellschaften Mitteleuropas einen wesentlichen Gefährdungsfaktor für die Biodiversität dar. International anerkannte und hochwichtige Trockenrasen-Schutzgebiete wie der Kaiserstuhl, Spitzberg und die Mainzer Sande sowie viele weitere Offenlandschutzgebiete sind durch eindringende Robinien gefährdet. In Deutschland nimmt *Robinia pseudoacacia* L. Platz 5 ein unter den Arten, deren Ausbreitung zu Konflikten mit den Zielen des Naturschutzes führen kann (Scheper 2004). Zur Erhaltung der Biodiversität, zur Landschaftsoffenhaltung und Biotoppflege ist eine effiziente Verdrängungsmethode notwendig. Zurückdrängung durch Fällen bleibt ohne Erfolg durch darauf folgendes massives Austreiben von Wurzelbrut und Stubbenaustrieben. Deshalb wurde von Naturschutz und Behörden die alte Methode des „Ringelns“ in Robinienbeständen angewendet. Obwohl aufgrund des Fehlens einer speziell an *Robinia* angepassten Methode das Ringeln zufällig und unterschiedlich angewendet wurde, zeigte die Maßnahme Erfolge. In allen beobachteten Fällen waren Vitalitätsverluste im Bestand und positive Effekte auf eine Verringerung des Austreibens von Wurzelschösslingen festzustellen.

Zur Methodenoptimierung wurde ein Ringel-Feldversuch angelegt. Durch partielles Ringeln von Phloem und Kambium sollten durch eine verbleibende schmale vertikale Versorgungs-Rindenbrücke die Speicherreserven des Vorjahres während der Frühjahrsmobilisierung aus dem Wurzelsystem abtransportiert werden. Durch komplette Ringelung in der 2. Vegetationsperiode wurde diese Versorgungsbrücke durchtrennt. Dadurch sollte der Assimilattransport unterbrochen, die Rückverlagerung der Photosyntheseprodukte in die Wurzel verhindert und damit dem Austrieb der Wurzelschösslinge die Grundlage der Speicherreserven entzogen werden. Als weitere Behandlungsvariante wurden ein Sommer- und ein Winter-Ringelzeitpunkt gewählt. Insgesamt zeigte die Wintervariante geringeres Regenerationspotenzial als die Sommervariante. Wurzelaustriebe bildeten sich weder in der Winter- noch in der Sommervariante. Einen Sonderfall bildete die Wintervariante W2, in der vor der Ringelung die umgebenden Eschen gefällt wurden. Hier bildeten sich bereits in der 1. Vegetationsperiode Wurzelaustriebe.

Insgesamt aber zeigte sich außergewöhnlich hohes Regenerationspotenzial durch Bildung von Kallusgewebe und Stammaustrieben; besonders nach kompletter Ringelung und bei der Sommervariante. Dies wirft Fragen auf nach physiologischen Prozessen wie Lateraltransporten sowie den anatomischen Grundlagen wie den Initialen von Stammaustrieben und Kallusgewebe, auch

und unter besonderer Berücksichtigung des Kernholzes. So wurde im Kernholz in den Thyllen der Gefäße der ältesten Jahresringe einer ca. 30 Jahre alten Robinie Stärke nachgewiesen. Außerdem wurden Hinweise auf Regenerationsinitiale für Kallusbildung und Stammaustriebe gefunden, die in einigen Fällen von verletzten Zellen des parenchymatischen Holzstrahlgewebes oder von Axialparenchym auszugehen scheinen.

Die Erarbeitung dieser Grundlagen ist Voraussetzung, um eine effiziente Eingrenzungsmethode für die Robinie zu schaffen.

Schlüsselwörter: Ausbreitungspotenzial, Holzbildungsdynamik, Klonales Wurzelsystem, Ringeln, *Robinia pseudoacacia*, Stärkereserven, Wachstumsphasen, Wurzelaustriebe

1. Einführung

Aufgrund ihres hohen vegetativen Ausbreitungspotenzials in naturnahen Pflanzengesellschaften Mitteleuropas stellt *Robinia pseudoacacia* L. im Einzelfall einen wesentlichen Gefährdungsfaktor für die Biodiversität dar (Kowarik 1992, Böcker & Dirk 1997, 1998, 2003). Ihre Fähigkeit zur Stickstoffanreicherung in Böden, ihre Winterhärte und Anspruchslosigkeit an Klima und Boden, die anhaltende Vitalität alter Bestände sowie ihr rasches Wachstum etc. sind bekannt (Böcker & Dirk 2004).

Die Zurückdrängung der Robinie durch Fällen bleibt ohne Erfolg aufgrund des darauf folgenden Austreibens von Wurzelbrut und Stubbenaustrieben. Auch bei langjähriger intensiver manueller Nachpflege (z. B. Bitz 1987) kann sich *Robinia* innerhalb einer Vegetationsperiode bis zu drei Meter in die Fläche ausbreiten mit bis zu fünf Meter Höhenwachstum (eigene Beobachtungen in 2002). Die Verdrängungskosten für die problematischsten Arten liegen in Deutschland pro Jahr bei 150 Mio.- €, die Erfolgsquote bei nur wenigen Prozent (Scheperker 2004).

Auf der Suche nach einer ökologisch vertretbaren, effizienten Verdrängungsmethode wurde von Naturschutz und Behörden verschiedentlich die alte Methode des „Ringelns“ in Robinienbeständen angewendet. Die Vorgehensweise war dabei unterschiedlich, die Maßnahmen wurden uneinheitlich und nicht konsequent weiterverfolgt. In den beobachteten Versuchsflächen wurden die Stämme nicht gefällt. In allen Fällen aber zeigten sich Vitalitätsverluste im Bestand und eine sichtliche Verminderung des Regenerationspotenzials (siehe 3.1), also eine deutlich positive Wirkung der Maßnahme in Richtung der Zielsetzung des Zurückdrängens von *Robinia*.

Insgesamt aber und auf längere Sicht wird die Notwendigkeit einer speziell an *Robinia* angepassten Ringelmethode ersichtlich. Deshalb sollte die 1989 in Berlin von Jakob & Böcker (in Böcker 1995, Böcker & Dirk 2002) speziell für *Robinia* erprobte Ringelmethode weiterentwickelt werden. Dazu wurde im Großraum Stuttgart in 2002 ein eigener Feldversuch angelegt. Um den Einfluss der unterschiedlichen Vegetationsphasen auf das Regenerationspotenzial zu berücksichtigen, wurden als Behandlungsvariante ein Sommer- und ein Winter-

Ringelzeitpunkt gewählt. Zusätzlich sollte der Effekt der durch Ringelung erwarteten abnehmenden Kronenvitalität auf den Lichtgenuss und die Bildung von Wurzeltrieben berücksichtigt werden.

2. Methode und Versuchsaufbau

2.1 Methode

Ringelmethode für *Robinia* (nach Jakob & Böcker 1989, s. o.):

Durch partielle Ringelung (ca. 90 % des Stammumfangs) von Rinde, Phloem und Kambium während der Vegetationsperiode werden die Assimilatleitbahnen im Phloem sowie das Kambium durchtrennt. Eine Restbrücke wird als vertikale Verbindung belassen. Durch diese sollen die Speicherreserven der Wurzel in die Krone transportiert werden. Die durch die Ringelung erwartete Schwächung der Vitalität kann die neu gebildeten Assimilate vor Ort verbrauchen. In der 2. Vegetationsperiode wird diese Versorgungsbrücke durch komplette Ringelung samt gebildetem Kallusgewebe und Stammaustrieben entfernt. Dadurch kann der Assimilattransport unterbrochen und die Rückverlagerung der Photosyntheseprodukte in die Wurzel verhindert werden. Nach Fällen der Stämme sollte so dem Austrieb der Wurzelschösslinge die Grundlage der Speicherreserven entzogen sein.

Die Versuchsfläche (*Robinia pseudoacacia* L. mit 0-10% *Fraxinus excelsior* in der Baumschicht) befindet sich in einem 45° steilen südexponierten Hang (Lettenkeuper) bei Leonberg (Kreis Böblingen). Die Böden sind flachgründig mit rutschenden Schichtpaketen, die Stämme der Robinien und Eschen deshalb z. T. extrem hangabwärts geneigt. Innerhalb des zehn Hektar großen Bestandes wurden die Probeflächen zufällig ausgewählt und markiert. In allen Fällen lagen die Probeflächen inmitten nicht geringelter Flächen. Es wurden zum Vergleich unbehandelte Kontrollflächen festgelegt. Eine Übersicht der Behandlungen und zeitlichen Varianten ist in Tabelle 1 dargestellt.



Abb. 1: partielle Ringelung im Februar 2002



Abb. 2: Die Holzzone sind bei der Robinie gut unterscheidbar

- Rinde: dunkelbraun
- Phloem: braun
- Splintholz: gelb + weiß,
- Kernholz: hellbraun

Aus praktischer Erwägung wurde in 1-1,5m Höhe über dem Boden ein ca. handbreiter Streifen von Hand mit dem Beil geringelt. Rinde, Phloem und Kambium wurden entfernt, eine 7cm breite Restbrücke verblieb als vertikale Verbindung (Abb. 1). Teilweise wurde dabei auch der Leit- und Speichersplint (Abb. 2) tangiert, was gerade bei der ringporigen Robinie zu einer Schädigung des aktiven Xylem und damit der wasserführenden Jahrringe führen dürfte.

2.2 Versuchsaufbau

Wie weiter oben erwähnt, wurde der Einfluss der unterschiedlichen Vegetationsphasen berücksichtigt sowie der durch Ringelung erwartete Effekt abnehmender Kronenvitalität auf den Lichtgenuss und die Bildung von Wurzeltrieben.

Bei der Robinie wirken sich die verschiedenen Wachstumsphasen entschieden auf die Holzbildungsdynamik aus (Schmitt et al. 2000). Wundabschottung und Kallusbildung als Reaktion auf eine Verletzung hängen allgemein wesentlich von Menge und Mobilität der Speicherstoffe ab (Bernatzky 1994, Siewniak 2002) sowie vom Aufbau des Hydrosystems. Im Winter kann praktisch keine Abschottung erfolgen (z.B. Dujesiefken und Liese 1990). Deutlich wird dies auch durch einen Feldversuch der ETHZ (Roth et al. 2001) mit zwölf verschiedenen Baumarten, die zu vier unterschiedlichen Zeitpunkten während der Vegetationsperiode geringelt wurden.

Bezüglich des Lichteinflusses im Bestand wurden Untersuchungen von Sterrett et al. (1968) an *Robinia* berücksichtigt, die eine Interaktion von erhöhtem Lichtgenuss und Bestandes- und Bodentemperatur aufzeigen sowie deren Auswirkungen auf vermehrtes Austreiben von Wurzelbrut.

Versuchsbeginn war im Februar 2002. Es wurden ein Sommer- (S) sowie ein Winterzeitpunkt (W1) für die Ringelung gewählt. Zur Erhöhung der Lichtmenge wurden in der Wintervariante (W2) zusätzlich die in der Versuchsfläche vorhandenen Eschen gefällt (Tab. 1).

Tab. 1

Ringelzeitpunkt		Anzahl Stämme	Ringelung		
			21.02.02	20.08.02	05.08.03 + 05.08.04
Winter	W1	10	partielle Ringelung		komplette Ringelung - entfernen der Restbrücke + - entfernen von gebildetem Wundkallus sowie aller Stammaustriebe
	W2	8	partielle Ringelung + umgebende Eschen gefällt		
Sommer	S1	16		partielle Ringelung	

2.3 Fällen von Stämmen in W2

Im Februar 2006 wurden in W2 fünf der geringelten Stämme gefällt, um eine erste Reaktion bezüglich des Austreibens von Wurzelbrut nach dieser letzten

Maßnahme zu bekommen. Die Stämme wurden mit der Motorsäge in ca. ein Meter Höhe über dem Stammfuß gefällt, da Sterrett & Chappell (1967) in einem Feldversuch mit dreijährigen Robinien nachwies, dass Fällen oberhalb des Stammfußes das Austreiben von Wurzeltrieben über 1 ½ Vegetationsperioden verhindert.

3. Erste Ergebnisse

3.1 Ergebnisse von Ringelversuchen des Naturschutzes und der Behörden

Im Naturschutzgebiet Grafenberg bei Kayh (Kreis Tübingen) wurde 1993 ein Robinien-Mischbestand mit Traubeneiche und Feldahorn geringelt. Danach lag die Deckung der Baumschicht im Schnitt bei 25%, *Robinia* bei 5%. Sechs Jahre nach der Ringelaktion war die Vitalität von *Robinia* in hohem Maße eingeschränkt. Nur zwei der acht Kronen trieben noch aus, aber 50 % der Stämme bildeten Stammaustriebe. Allerdings brach der Bestand aller Robinien zwischen 1999 und 2002 zusammen, wobei die liegenden Stämme z. T. noch in 2005 Stammaustriebe bilden (Abb. 3). Es etablierten sich im Mischbestand keine Wurzelaustriebe in der Strauchschicht.

In demselben Naturschutzgebiet wurde 1993 ein Robinien-Reinbestand geringelt (Abb. 4). Elf Jahre nach der Ringelaktion war die Vitalität von *Robinia* ansteigend. Drei Stämme trieben im Kronenbereich wieder verstärkt aus. Ab 1993 war die Deckung von *Robinia* in der Baumschicht unter 5%, seit 2002 bei 5-12%). Es etablierten sich im Reinbestand Stamm- und Wurzelaustriebe von *Robinia* mit 25-50% Deckung in der Strauchschicht. Misch- und Reinbestand reagierten unterschiedlich.



Abb. 3: Stammaustriebe eines zusammengebrochenen Stammes 12 Jahre nach dem Ringeln



Abb. 4: Kronen geringelter Robinien

In Wurmlingen (Kreis Tübingen) wurde in einem lockeren Robinienbestand auf Magerrasen die Ringeltechnik mit der Motorsäge getestet. In August 2003 wurde an 14 Stämmen ein bleistiftschmaler Streifen spiralig, z. T. doppelt spi-

ralig so um den Stamm gesägt, dass keine wirklich definierte Restbrücke als vertikale Verbindung verblieb (Abb. 5 und 6).

Im Sommer 2005 zeigte sich die Hälfte der Bäume von der Aktion völlig unbeeindruckt und reagierten gar nicht oder kaum mit Stammaustrieben. An fünf weiteren Bäumen waren die Kronen abgestorben, die 13. Krone war eingeschränkt vital, der 14. Stamm in zwei Meter Höhe fast abgebrochen. An diesen insgesamt sieben Stämmen waren ca. 50 zwei- bis dreijährige Stammaustriebe mit Längen bis zu drei Metern gewachsen (Abb. 7).

Es wurden nach der Aktion in 2003 keine weiteren Ringel-Maßnahmen unternommen. Allerdings wurden im Frühjahr 2006 (aus Gefährdungsgründen?) der angebrochene 14. Stamm und die (wohl weil sehr dicht dabei stehenden) Stämme 12 und 13 gefällt.



Abb. 5-7: Ringelung mit der Motorsäge - Stammaustriebe als Reaktion auf die Ringelung

Erfahrungen mit dem Ringeln von Robinien werden auch in Berliner Naturschutzgebieten gewonnen (Wagner 2004 mündlich). Der Ringelzeitpunkt liegt zwischen Blatt- u. Blütenaustrieb (Ende Mai/ Anfang Juni) mit einem jahreszeitlich schwankenden Zeitfenster von ca. zwei Wochen. Der zum Teil nur drei cm breite Ringelstreifen und die Restbrücke überwallen schnell und immer wieder, obwohl über drei bis vier Jahre zurück geschnitten wird. Die Bäume kommen dann nicht mehr zur Blüte. Erst nach vier Vegetationsperioden wird die Restbrücke durchtrennt oder der Stamm gefällt. In sehr regenreichen Jahren war auch bei anscheinend abgestorbenen Bäumen oft eine Wiederbelebung festzustellen. Der Beobachtungszeitraum erstreckt sich z. T. seit Erstringelung auf acht Jahre. Insgesamt wird der Erfolg dieser Methode mit „je nach Standort unterschiedlich - mittel bis gut“ beurteilt (Wagner 2002).

3.2 Erste Ergebnisse des eigenen Ringel-Feldversuchs (s. Tab. 2)

3.2.1 Vor dem Fällen der Stämme

Beobachtungstermin 26.02.03 (nach partieller Ringelung in 2002)

Wintervariante W1 bildete Stammaustriebe.

Wintervariante W2 bildete Wurzelaustriebe.

Sommervariante S bildete keine Wurzelaustriebe und keine Stammaustriebe (nur einer).

Beobachtungstermin 05.08.04 (nach kompletter Ringelung in 2003)

In Wintervariante W1 nahm die Anzahl der Stammaustriebe ab.

In Wintervariante W2 nahm die Anzahl der Wurzelaustriebe ab.

Sommervariante S zeigte hohes Regenerationspotenzial mit 54 Stammaustrieben an 9 von 16 Stämmen mit bis zu 2,5m Länge (in einem Jahr gewachsen) und weiterhin keine Wurzelaustriebe.

Beobachtungstermin 19.09.05 (nach erneuter kompletter Ringelung in 2004)

In Wintervariante W1 bildeten sich keine Stammaustriebe mehr.

In Wintervariante W2 blieb die Anzahl der Wurzelaustriebe konstant mit Höhen bis fünf Metern (plus ein Stammaustrieb).

Sommervariante S wurde leider teilweise durch Fremdeinwirkung (Fällen) zerstört, sodass die Bildung von drei Stammaustrieben an drei Stämmen nur als Tendenz zu verstehen ist.

In allen Versuchsflächen waren keine Blattaustriebe und damit keine Kronenvitalität mehr festzustellen.

Tab. 2

	Ringelvariante (Stämme)	Stammaustriebe	Ø Länge [m]	Wurzelastriebe	Ø Höhe [m]	Stämme mit Stammaustrieben	Krone (eingeschränkt) vital
26.02.03	W1 (10)	16	0,6	-	-	4	
	W2 (8)	-	-	33	1,5	-	
	S1 (16)	1	0,8	-	-	1	
05.08.03	Entfernung der Restbrücke, gebildetem Wundkallus sowie aller Stammaustriebe						
05.08.04	W1	13	1	2	0,7	3	1
	W2	-	-	18	1,5	-	1
	S1	54	1,3	-	-	9	2
	Erneute Entfernung von Restbrücke, gebildetem Wundkallus und aller Stammaustriebe						
19.09.05	W1	-	-	-	-	-	-
	W2	1	2	nicht erfasst		1	-
	S1	3	0,3	-	-	3	-

Wie erwartet zeigte das Ringeln positive Effekte auf das Ausbreitungspotenzial und die Bildung von Wurzelaustrieben. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass zum Zeitpunkt der Datenerfassung noch keine Stämme gefällt waren, wurden in W1 und S praktisch keine Wurzeltriebe gebildet. Bezüglich der unterschiedlichen Ringelzeitpunkte zeigte die Wintervariante das geringere Regenerationspotenzial.

In W2 sollte durch das Fällen der Eschen im Bestand die Wirkung erhöhten Lichtgenusses auf das Austreiben der Wurzeltriebe erfasst werden. Wie erwähnt ragten die Kronen der weiter oben stehenden nicht geringelter Bäume in die Untersuchungsfläche. Die Deckung der Baumschicht war also nicht reduziert und damit kein Zugewinn an Lichtgenuss gegeben. Das Austreiben der

Wurzelschösslinge in W2 kann also so nicht erklärt werden und weitere Studien sind nötig (s. a. 3.2.2).

In Bezug auf das Eingrenzen des Regenerationspotenzials zeigte der Ringelzeitpunkt im Winter das bessere Ergebnis.

3.2.2 Beobachtungen nach dem Fällen von Stämmen in W2

Im Februar 2006 wurden fünf der geringelten Stämme in W2 gefällt. Es bildete sich eine Anzahl Stammaustriebe, meist an der Stammbasis, während sich nur wenige neue Wurzeltriebe bildeten. Es soll hervorgehoben werden, dass diese alle aus Oberflächenwurzeln trieben.

4. Weitergehende Untersuchungen

4.1 Untersuchungen zum Regenerationspotenzial

Trotz der offensichtlichen Erfolge des Ringels zeigte vor allem der Ringelzeitpunkt im Sommer hohes Regenerationspotenzial. Zusätzlich zu der nach kompletter Ringelung in 2003 zunehmenden Anzahl von Stammaustrieben bildete sich z. T. auch eine neue Brücke aus Kallusgewebe über die gesamte Höhe der alten Brücke. Ebenso zeigten einige Kronen eingeschränkte Vitalität, obwohl dieses Mal nicht nur das Kambium, sondern das komplette Splintholz entfernt wurde. Dies sollte eine vollständige Unterbrechung von Nährstoff- und Wassertransport bedeuten, da die Parenchymzellen des Kernholzes als nicht lebend betrachtet werden. Per Definition enthält nur Splintholz lebende Zellen, Speicherreserven und hat entscheidende Bedeutung für den Saft- und Wasserfluss. Bei der Robinie liegt die Übergangszone von Splintholz zu Kernholz im 4. Jahresring und bis hierher wurden lösliche Kohlenhydrate nachgewiesen (Magel et al. 1997). Das komplette Ringeln sollte also definitiv bis ins Holzgewebe vorgedrungen sein und dieses geschädigt und verletzt haben. Die Kernholzbildung geht einher mit dem Absterben der lebenden Zellen und der Einlagerung von Phenolen. Reservestoffe wie Stärke etc. werden zurückgezogen oder in Kernholzsubstanzen umgewandelt. Andererseits behält das Kernholz nach Shigo (1984) noch einige verbleibende Enzymaktivitäten, die nach Verletzung oder Infektion dieses „toten“ Gewebes evident werden.

Diese physiologischen Betrachtungen werfen Fragen auf nach der Möglichkeit lateraler Transporte und der Verfügbarkeit von Speicherstoffen aus dem Kernholz; ebenso wie nach den Initialstellen der Regeneration von Kallusgewebe und von Stammaustrieben im Kernholz.

4.2 Initialstellen von Stammaustrieben

Die Knospen der Stammaustriebe befinden sich normalerweise in der Rinde. Spuren von Stammaustrieben, die sich nach komplettem Ringeln bildeten, lassen sich bis ins innere Kernholz verfolgen (Abb. 8), ebenso das Reaktionsholz der Stammaustriebe im Querschnitt (Abb. 9).



Abb. 8:
Initialstelle von
Stammaustriebe?



Abb. 9: Querschnitt
im Reaktionsholz
eines
Stammaustriebes

4.3 Initialstellen von Kallusgewebe

Auf der Höhe der neugebildeten Brücke aus Kallusgewebe wurde ein Stamm gefällt und aus den Holzproben Querschnitte angefertigt (Abb. 10).



Abb. 10: Detail der neugebildeten
Kallusbrücke (Photo M. Friedrich)

Das Kallusgewebe wurde am Institut für Forstbotanik und Baumphysiologie der Universität Freiburg untersucht. Aus den besonders interessierenden Überwallungsbereichen wurden Proben entnommen, Schnitte angefertigt und angefärbt. Bei den ersten orientierenden Untersuchungen zeigten sich komplexe Wundheilungs- und Regenerationsmuster. Teilweise waren diese nach klassischem Muster verständlich, da die Regenerationen durch Kallusbildung vom angeschnittenen Kambium der angrenzenden Rindenbrücke ausgingen (Abb. 11). In einigen Fällen jedoch, in denen auch trotz Entfernung der Rindenbrücke eine Neubildung von Xylem- und Phloemgewebe zu beobachten war, scheint die Regeneration von verletzten Zellen des parenchymatischen Holzstrahlgewebes oder von Axialparenchym auszugehen (Abb. 12). Diese besonders interessanten Fälle bedürfen jedoch eingehender weiterer Untersuchungen, bei denen die Rahmenbedingungen dieser Regenerationsmuster sehr viel exakter spezifiziert werden können (Professur für Forstbotanik am Institut für Forstbotanik und Baumphysiologie der Universität Freiburg).

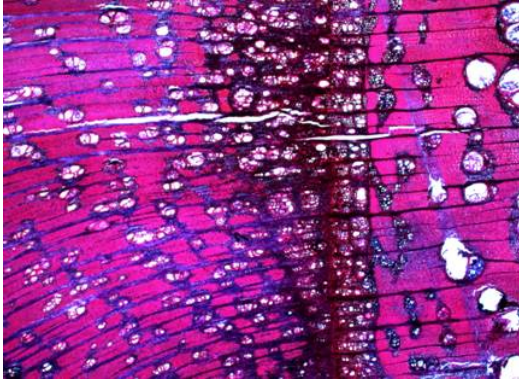


Abb. 11: „Normale“ Entstehung eines Kallus-Gewebes (Mitte) mit anschließender Rückkehr zu regulärer Holzbildung (links); Reaktion aus einem verletzten Kambium am Rande einer Rindenbrücke
(Photo und begleitender Kommentar: Professur für Forstbotanik am Institut für Forstbotanik und Baumphysiologie der Universität Freiburg)

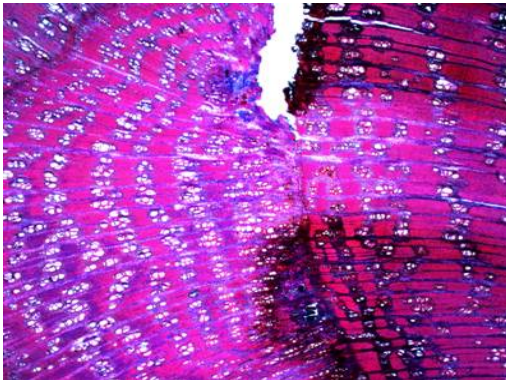


Abb. 12: „Ungewöhnliche“ Bildung eines lokal begrenzten Wundgewebes, möglicherweise aus Holzstrahl- oder Axialparenchym, und anschließende Verbreiterung des sich daraus entwickelten Wundholzes (links)
(Photo und begleitender Kommentar: Professur für Forstbotanik am Institut für Forstbotanik und Baumphysiologie der Universität Freiburg)

4.4 Speicherstoffe im Kernholz

Querschnitte der Jahresringe eines im November 2004 kurz vor dem Frost gefällten intakten Stammes sowie eines im Oktober 2004 geernteten Robinien-Bohrkerns wurden mit Jodkaliumjodid angefärbt und unter dem Mikroskop untersucht. In beiden Fällen wurden durch die Farblösung violett gefärbte Stärkekörner im Kernholz nachgewiesen - in den Markstrahlen sowie in den Thyllen der Frühholzgefäße des Kernholzes (Abb. 13). Mit zunehmendem Alter der Jahresringe nahmen die Stärkekörner im Kernholz in den Markstrahlen ab und in den Thyllen der Frühholzgefäße zu.

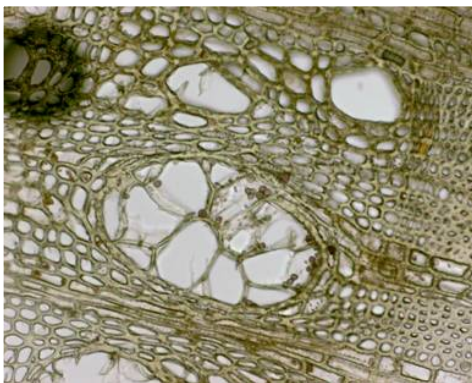


Abb. 13: Stärkekörner im Kernholz in den Thyllen der Frühholzgefäße im 25. Jahresring eines im November 2004 kurz vor dem Frost gefällten Stammes
(Photo Dr. A. Heller)

5. Diskussion

5.1 Ergebnisse von Ringelversuchen des Naturschutzes und der Behörden

Wie unter 3.1 dargestellt zeigt die Methode des Ringels im Mischbestand bessere Erfolge als in Reinbestand, dies entspricht den Erfahrungen in Berlin (Wagner 2004 mündlich). Insgesamt wird auch die Notwendigkeit deutlich, breite Streifen zu ringeln und möglichst tief ins Holz.

Bei der Ringelung mit der Motorsäge in Wurmlingen reagierte die Hälfte der Stämme nicht auf die Maßnahme. Hier wurde z. T. nicht tief genug ins Holz geringelt und/oder der sehr schmale Ringelstreifen konnte schnell überwältigt werden. Bei den anderen Stämmen wurde, bewirkt durch die spiralförmige Ringelung, keine definierte Restbrücke stehen gelassen. Die Stämme reagierten auf die Maßnahme wie die Sommervariante (S) im Ringel-Feldversuch nach kompletter Ringelung mit hohem Regenerationspotenzial. An den Stämmen bildeten sich bis 2005 ca. 50 zwei- bis dreijährige Stammaustriebe mit Längen bis zu drei Metern, die die Photosynthese für die abgestorbenen Kronen übernehmen können (Abb. 7). Um einen Stamm, dessen Krone schon in 2004 abgestorben war, hatten sich drei Wurzeltriebe gebildet.

Die im Frühjahr 2006 gefälltten drei Stämme hatten bis Oktober 2006 einen 1,5-2,5m hohen dichten Bestand aus ca. 50 Stamm- und Stubbenaustrieben gebildet. Da nach der ersten Ringelung keine weiteren Maßnahmen bis zum völligen Absterben der Bäume unternommen worden waren, bildeten sich nach dem Fällen im Umkreis von fünf bis sieben Metern ca. 30 Wurzeltriebe.

Ohne einen ersten Schritt der partiellen Ringelung und ohne Folgemaßnahmen nach Ringelung ist die Maßnahme daher als nicht erfolgreich zu betrachten.

5.2 Erste Ergebnisse des eigenen Ringel-Feldversuchs

5.2.1 Regenerationspotenzial - Wundkallus, Stammtriebe, Kronenvitalität, Wurzeltriebe

Der Ringelzeitpunkt im Winter zeigt geringeres Regenerationspotenzial als der Sommerzeitpunkt. Der letztere scheint auf die wundspezifischen Reaktionen einen stärkeren Einfluss auszuüben. Sterrett & Chappell (1967) unterstreichen für *Robinia* den wechselnden Einfluss der Phytohormone im Verlauf der Wachstumsphasen. Es wird vermutet, dass aufgrund hoher Auxinkonzentrationen im Juni das Austreiben von Wurzelsprossen gehemmt wird (Sterrett et al. 1968).

Bezüglich der Anzahl der Stammtriebe und der abnehmenden Anzahl der Wurzeltriebe muss aber auch dem zeitlich auftretenden beobachteten Wildverbiss an *Robinia* Rechnung getragen werden.

Das auch nach kompletter Ringelung noch vorhandene Regenerationspotenzial führt zu der Schlussfolgerung, die Maßnahme in der (den) folgenden Vegetationsperiode(n) nochmals zu wiederholen, bevor die Stämme endgültig gefällt

werden. Wie in Tabelle 2 zu ersehen, ist das Regenerationspotenzial auch in der 4. Vegetationsperiode noch nicht vollständig zum Erliegen gekommen.

5.2.2 Ausbreitungspotenzial – Wurzeltriebe

Konkrete Schlussfolgerungen und endgültige Handlungsanweisungen bezüglich der Eingrenzung des Ausbreitungspotenzials von *Robinia* sind nicht möglich, solange die geringelten Stämme des Feldversuchs noch nicht gefällt sind. Wie über die Beobachtungen in W2 erläutert, war die Bildung von Wurzeltrieben keine Reaktion auf erhöhten Lichtgenuss. Das Abtransportieren der gefällten Eschen aus der Versuchsfläche hatte Bodenstörungen verursacht und konnte möglicherweise das Bilden der Wurzeltriebe induziert haben. Inwiefern diese Hypothese unterstützt wird durch die Beobachtung, dass nach dem Fällen der fünf Robinienstämme in W2 die Wurzeltriebe alle aus Oberflächenwurzeln sprossen, muss überprüft werden.

5.3 Weitergehende Untersuchungen

5.3.1 Physiologische Prozesse mit Beziehung zum Regenerationspotenzial

Die ersten diesbezüglichen Untersuchungen weisen auf laterale Transportmechanismen und wundspezifische Holzbildungsprozesse hin, die auch das Kernholz betreffen. Als Beispiel soll hier die Wasserleitung angeführt werden. Bei den Ringporigen ist die Wasserleitung auf eine schmale Splintzone, in den meisten Fällen jedoch nur auf den äußersten Jahresring beschränkt. „Am längsten bekannt ist letzteres für die Robinie, bei der die Ausschaltung aller älteren Jahresringe durch Thyllenverstopfung deutlich wird.“ (Huber 1935). Bei der Robinie beginnt die Verthyllung der Frühholzgefäße durch Tylose bereits im aktuell wasserführenden Jahresring. Auch bei ringporigen *Quercus* spp. findet die hauptsächliche Wasserführung des intakten Stammes im aktuellen Jahresring statt. Wie jedoch von Granier et al. (1994) nachgewiesen, werden bei Xylem-Schädigung der aktuellen Gefäße durch Verwundung oder Ringelung die Gefäße in den älteren Jahresringen reaktiviert.

Es ist zu prüfen, in welchem Umfang diese Ergebnisse auf *Robinia* übertragbar sind. Böhlmann (1971) deutet auch für *Robinia* nach Ringelung die Bildung bzw. Umorientierung von Gefäßgruppen in tangentialer Richtung an, womit der Wasserstrom die Ringelstelle umgeht. Ebenfalls zu klären wird noch sein, in welchem Umfang der Assimilatstrom, der über das Brückengewebe weitergeleitet wird, quantitativ zur Versorgung mit Assimilaten beiträgt und ebenso, inwiefern nach kompletter Ringelung Nährstoffdepots und Speicherreserven wie Stärke im Kernholz remobilisiert werden können.

5.3.2 Physiologische Prozesse mit Beziehung zum klonalen Wurzelsystem

Ein wichtiger Punkt ist es, die Bedeutung des Wurzelsystems für die Versorgung von Bäumen zu klären, und welche Rolle im Fall von *Robinia* speziell das klonale Wurzelsystem dabei und bei der Versorgung der Austriebe spielt. Fraser et al. (2005) weisen für *Pinus contorta* Dougl. ex Loud. und Peltzer (2002) für *Populus tremuloides* L. nach, dass die Wurzeln der Bäume ein gemeinsames Wurzeltransportsystem bilden und intakte Bäume auf diesem Wege Wasser, Nährstoffe und Kohlenhydrate transportieren, um andere Individuen mitzuversorgen. Auch Wurzelverwachsungen können erklären, warum durch Konkurrenz unterdrückte Bäume trotz minimaler Kronenfläche lange Jahre überleben und selbst Stubben nach der Fällung noch Jahrzehnte weiter zu wachsen vermögen (vgl. Schröder & Fink 2004). Auch dieser Gesichtspunkt müsste bei der Entwicklung einer Methode zur Eingrenzung des Ausbreitungspotenzials von *Robinia* berücksichtigt werden, indem z. B. alle Bäume im Bestand geringelt werden.

Der Stand der Forschung über die physiologischen Prozesse bei *Robinia pseudoacacia* L. und die Effekte der verschiedenen Wachstumsphasen auf diese Prozesse, ebenso wie über die damit verbundenen wundspezifischen Reaktionen muss erweitert und zu den besonderen strukturellen und anatomischen Eigenschaften in Beziehung gesetzt werden. Veränderungen dieser physiologischen Prozesse und anatomischen Parameter nach partieller und vollständiger Ringelung sowie nach Fällung müssen gezielt mit der Ausbreitungsbiologie und dem Ausbreitungspotenzial von *Robinia* verknüpft werden, um ein Verfahren zur dauerhaften Entfernung von Robinien aus naturnahen Ökosystemen abzuleiten.

6. Erste Schlussfolgerungen

Zur Eingrenzung des Ausbreitungspotenzials von *Robinia* ist Ringeln die Methode der Wahl. Obwohl die Methode noch weiter spezifiziert werden muss, legen erste Ergebnisse nahe, folgendes zu beachten:

Der Ringelzeitpunkt für partielles Ringeln sollte im Winter liegen.

Es sollte ein mindestens handbreiter Streifen geringelt werden und dieser möglichst bis ins Hartholz. Die Restbrücke sollte erkennbar vertikal verlaufen und etwa 1/10 des Stammumfangs betragen.

Die Maßnahme des kompletten Ringelns sollte in der (den) folgenden Vegetationsperiode(n) nochmals wiederholt werden, bevor die Stämme endgültig gefällt werden.

Wo möglich, sollten alle Bäume im Bestand geringelt werden.

Beim Arbeiten in den Robinienbeständen und beim Abtransportieren der gefällten Stämme sollte möglichst keine Bodenstörung verursacht werden. Even-

tuell kann ganz auf das Fällen der Stämme verzichtet werden. Es wird aber darauf hingewiesen, dass vereinzelt Bruchgefahr bei den geringelten Stämmen besteht.

Danksagungen

Unser Dank gilt Michael Friedrich (Institut für Botanik AG Paläobotanik der Universität Hohenheim) für andauernde fruchtbare und geduldige Diskussion über alles, was wir über Holz noch nicht wußten.

Desgleichen sind wir Prof. Dr. Siegfried Fink (Professur für Forstbotanik am Institut für Forstbotanik und Baumphysiologie der Universität Freiburg) sehr zu Dank verpflichtet, der die Untersuchungen der anatomischen Besonderheiten mit seiner Spezialdisziplin unterstützte und uns gestattete, die Photos und begleitenden Kommentare zu veröffentlichen.

Unser ganz besonderer Dank gilt Björn Schäfer, der das Projekt zu jedem Zeitpunkt begleitete und niemals müde wurde, ellenlange Vorträge über Robinia anzuhören. Seine Ideen waren immer sprühend und seine Beiträge von besonderer Wichtigkeit.

Wiederum möchten wir Michael Kübler (Geschäftsstelle Umweltschutz der Stadt Leonberg) danken sowie Holger Pullwitt (Tiefbauamt der Stadt Leonberg) für praktische Hilfeleistung und jegliche Unterstützung bei Geländearbeiten.

Wir danken auch Dr. A. Heller (Institut für Botanik AG Elektronenmikroskopie der Universität Hohenheim) für die Hilfe mit dem Photomikroskop.

Last but not least sind wir Prof. Dr. Heinz Rennenberg (Professur für Baumphysiologie am Institut für Forstbotanik und Baumphysiologie der Universität Freiburg) außerordentlich zu Dank verpflichtet, der uns ermutigte weiterzumachen.

Literatur

- BERNATZKY, A. (1994): Baumkunde und Baumpflege, Thalackerverlag 1994, S. 87.
- BITZ, A. (1987): Anmerkungen zu Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen im NSG „Mainzer Sand“ und angrenzender Gebiete – In Mainzer Naturw. Arch. 25, Mainz: 583-604.
- BÖCKER, R. (1995): Beispiele der Robinienausbreitung in Baden-Württemberg. Umweltforschung in Baden-Württemberg, Gebietsfremde Pflanzenarten: 57-65.
- BÖCKER, R., DIRK, M. (1997): Die Aus- und Verbreitung neophytischer Gehölze in Südwest-Deutschland und Beiträge zur Keimungsbiologie. Ber. Inst. Landschafts- Pflanzenökologie Univ. Hohenheim 6: 85-102.
- BÖCKER, R., DIRK, M. (1998): Distribution and Spreading of Alien Trees and Shrubs in South Western Germany and Contributions to Germination Biology. Plant Invasions: Ecological Mechanisms and Human Responses. Eds.: Starfinger, U., Edwards, K., Kowarik, I., Williamson, M., Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands: 285-297.

- BÖCKER, R., DIRK, M. (2002): Strategies to restrict the potential of vegetative regeneration of *Robinia pseudoacacia* L. In: Biological Invasions: Challenges for Science. UFZ-Berichte 14 Eds: Klotz, S., Kühn, I., Leipzig – Halle, S. 18.
- BÖCKER, R., DIRK, M. (2003): Measurements to restrict *Robinia pseudoacacia* L. In: Kowarik, I. & Starfinger, U. (Eds.): Biologische Invasionen: Herausforderung zum Handeln? Neobiota 3: 99-100.
- BÖCKER, R., DIRK, M. (2004): Ansatz zur Bewertung von Kontrollmaßnahmen und ihrer praktischen Umsetzung bei *Robinia pseudoacacia* L. Ber. Inst. Landschafts- Pflanzenökologie Univ. Hohenheim 13: 41-56.
- BÖHLMANN, D. (1971): Histologische Veränderungen im Bereich eines Ringelungsschnittes bei *Acer* und *Robinia*. Holzforschung, 25 (6): 195-198.
- DUJESIEFKEN, D., LIESE, W. (1990): Einfluss der Verletzungszeit auf die Wundheilung bei Buche (*Fagus sylvatica* L.). Time of wounding and wound healing in beech (*Fagus sylvatica* L.). Holz als Roh- und Werkstoff (Germany) v. 48(3) p. 95-99.
- FRASER, E. (2005): What do we really know about tree competition? Environmental News, Volume 5, Issue 1. (<http://www.ualberta.ca/ERSC/enews/ERSCV5N1.pdf>).
- GRANIER et al. (1994): Axial and radial water flow in the trunks of oak trees: a quantitative and qualitative analysis (A. Granier, T. Anfodillo, M. Sabatti, H. Cochard, E. Dreyer, M. Tomasi, R. Valentini and N. Bréda) Tree Physiology, 14: 1383–1396.
- HUBER, B. (1935): Die physiologische Bedeutung der Ring- und Zerstreuporigkeit: Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft, v. 53, p. 711-719.
- KOWARIK, I. (1992): Einführung und Ausbreitung nichteinheimischer Gehölzarten in Berlin und Brandenburg und ihre Folgen für Flora und Vegetation. Ein Modell für die Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen – Verhandlungen des Bot. Ver. Berlin Brandenburg, Beiheft 3: 1-188.
- MAGEL, E., HILLINGER, C., HÖLL, W., ZIEGLER, H. (1997): Biochemistry and physiology of heartwood formation: role of reserve substances. Trees – Contributions to Modern Tree Physiology. Eds.: Rennenberg, H., Eschrich, W., Ziegler, H. Backhuys Publisher Leiden, The Netherlands, pp. 477-506.
- PELTZER, D. A. (2002): Does clonal integration improve competitive ability? A test using aspen (*Populus tremuloides* [Salicaceae]) invasion into prairie. Am. J. Botany 2002 89: 494-499.
- ROTH, B., BUCHER, H.-U., SCHÜTZ, J.-PH., AMMANN, P. (2001): Ringeln – Alte Methode neu angewendet. Wald und Holz 4/2001, 38-41 und 5/2001: 30-31.

- SHIGO, A. L. (1984): Compartmentalization: a conceptual framework for understanding how trees grow and defend themselves. *Annual Review of Phytopathology* 22: 189-214.
- SIEWNIAK, M., KUSCHE, D. (2002): *Baumpflege heute* Patzer Verlag.
- STERRETT, J. P.; CHAPPELL, W.E. (1967): The effect of auxin on suckering black locust. *Weeds* 15(4): 323-326.
- STERRETT, J. P., CHAPPELL, W.E., SHEAR, G.M. (1968): Temperature and annual growth cycle effects on root suckering in black locust. *Weed Science* 16(2): 250-251.
- SCHEPKER, H. (2004): Problematische Neophyten in Deutschland – Ergebnisse einer bundesweiten Befragung von Naturschutzbehörden. In: Szyska B.: *Neophyten – Ergebnisse eines Erfahrungsaustausches von Bund, Ländern und Kreisen*. Bundesamt für Naturschutz-Skripten 108, 132 S.
- SCHMITT, U., MÖLLER, R., ECKSTEIN, D. (2000): Seasonal wood formation dynamics of beech (*Fagus sylvatica* L.) and black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) as determined by the pinning-technique. *J. Appl. Bot.*, 74: 10-16.
- SCHRÖDER, K. & S. FINK (2004): Die Überwallung von Baumstubben. *GrünForum* 34 (4): 30-32.
- WAGNER, M. (2002): Maßnahmen zur Kontrolle problematischer Neophyten in Berliner Naturschutzgebieten. *Neobiota* 1: 355-361
- WAGNER, M. (2004): Senatsverwaltung für Stadtentwicklung – Berlin - mündl. Mitteilung.

Adresse der Autoren:

Prof. Dr. Reinhard Böcker
Monika Dirk

Universität Hohenheim
Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie -320-
Fachgebiet Landschaftsökologie und Vegetationskunde
Ökologiezentrum 2
August-von-Hartmann-Str. 3
70599 Stuttgart

Korrespondenz:

Tel. +49 (0)711 459-23510 bzw. 22069
Fax. +49 (0)711 459-22831

boeckerr@uni-hohenheim.de
mdirk@uni-hohenheim.de
<http://www.uni-hohenheim.de/www320>

Untersuchungsgebiet südlicher Schönbuch: Lignicole Pilze an *Robinia pseudoacacia* L.

M. Rehnert & R. Böcker

Abstract

Die vorliegende Untersuchung soll einen Beitrag leisten um zu dokumentieren, welche Pilze im Untersuchungsgebiet südlicher Schönbuch an Robinien vorkommen. An 3 Standorten wurde durch ein monatliches Screening die Mykoflora an Robinien bestimmt. Die Sukzession lignicoler Pilze war abhängig vom Alter der Bäume und der Verwundung durch Ringelung. Durch Verwundung des Kambiums der Robinien stieg die Anzahl parasitischer Pilze. Die großflächige Ringelung der Bäume führte dagegen zu einer Verarmung der Mykoflora, da die Bäume abstarben und es recht schnell zum Austrocknen des Holzes kam. Nur als xerotherm bekannte Pilzarten konnten sich hier behaupten. Ältere Bäume ab 40 Jahre wiesen einen höheren Anteil an Saprophyten auf.

1. Einführung

Die aus Nordamerika stammenden Robinien wurden als Neophyten zu Beginn des 17. Jahrhunderts in Europa eingeführt (KOWARIK 2003). Die Besiedlung von Brachen, Straßenrändern, Steilhängen gelang den N-fixierenden Pionierbäumen hervorragend. In Naturschutzgebieten verursachen Robinien jedoch zunehmend Probleme durch erhöhten Nährstoffeintrag und rasante vegetative Vermehrung (BÖCKER 1998). Daher ist es wichtig, in Gebieten mit Schutzstatus auf genau dokumentierte Daten über Ausbreitung und Methoden der Restriktion zurückgreifen zu können (BÖCKER & DIRK 2002). Robinienholz ist sehr hart und im verbauten Zustand ohne Holzschutzbehandlung dauerhaft (WAITKUS & RICHTER 2001). Durch starke Kompartimentierung und Sekundärstoffbildung wie Polyphenolbildung und abbauende Enzyme (HAUCH & MAGEL 1998) ist das Holz „natürlich imprägniert“ und besitzt damit eine hohe Resistenz gegenüber holzabbauenden Pilzen. In jüngster Zeit findet man jedoch vermehrt Hinweise darauf, dass durch noch ungeklärte Ursachen Robinien-Alleen in Städten aus Gründen der Verkehrssicherheit und Standsicherheit gefällt werden müssen (Presse und Informationsamt der Landeshauptstadt München 2005, Mainz online 2005). Dabei sind vor allem holzabbauende Basidiomyceten beteiligt (KEHR et al 2000, WULF 2004, IGMANDY 1962). Die zunehmende Aufforstung von Robinien zur Anreicherung des Bodens durch N-fixierung von ca. 800.000 ha in China und 300.000 ha in Südkorea (WAITKUS & Richter 2001) führte ebenfalls zunehmend auch zu Problemen mit Pilzinfektionen durch Fusarien und Phytophthora-Arten (HO 2002). Früher nur aus Ungarn als Robinienpilz bekannt (IGMANDY 1962) etablierte sich der Eschenbaumschwamm *Perenniporia fraxinea* (Fr.) Ryv. sehr

erfolgreich auch an Robinien-Alleen in Deutschland (WULF 2004) und verursacht Stockfäule in Stammfuß und Wurzelanlauf bei *Robinia pseudoacacia* (KEHR et al. 2000).

2. Methoden

Die Bäume wurden monatlich hinsichtlich Vitalität (VTA, MATTHECK & HÖTZEL 1997) und Mykoflora untersucht. Micromyceten wurden isoliert und auf Agar kultiviert. Die mikroskopischen Schnitte wurden mit 1%iger Safraninlösung gefärbt. Um ein unkontrolliertes Ausbreiten der Robinien in Naturschutzgebieten zu verhindern, wurden die Bäume vor 10 Jahren nach der Methode Jakob, BÖCKER 1989 (BÖCKER & DIRK 2004) geringelt. Daher ergab sich eine interessante Versuchsreihe von Bäumen mit:

- A: Naturstandort Grafenberg (Kontrolle)
- B: Wunden zwischen 10-20 cm² (partiell geringelt)
- C: Wunden > 40 cm² durch Ringelung

Fusarium redolens wurde von Prof. KREISEL, Greifswald bestimmt.

Zur Dokumentation von Braun- und Weißfäule kamen der Resistograf (IML) und der Zuwachsbohrer zum Einsatz.

Die Vitalität wurde nach WESSOLLY & ERB 1998 dokumentiert:

Der Saprophyten Index wurde ermittelt:
$$\frac{\text{Anzahl parasitischer Pilze}}{\text{Anzahl saprophytischer Pilze}}$$

Bei P=1 gilt, dass die Anzahl parasitischer Pilze = der Anzahl der saprophytischen Pilze.

Bei P>1 ist eine Zunahme der parasitischen Pilze zu verzeichnen.

Untersuchungsgebiet

Die Naturstandorte sind im südlichen Schönbuch, bei Herrenberg (100 Bäume). Die ausgewählten Robinien haben ein Alter zwischen 30-50 Jahren.

Die Verwundungen durch Ringelung, Rückeschäden, Wildverbiss, Spechte wurden gemessen und dokumentiert.

3. Ergebnisse

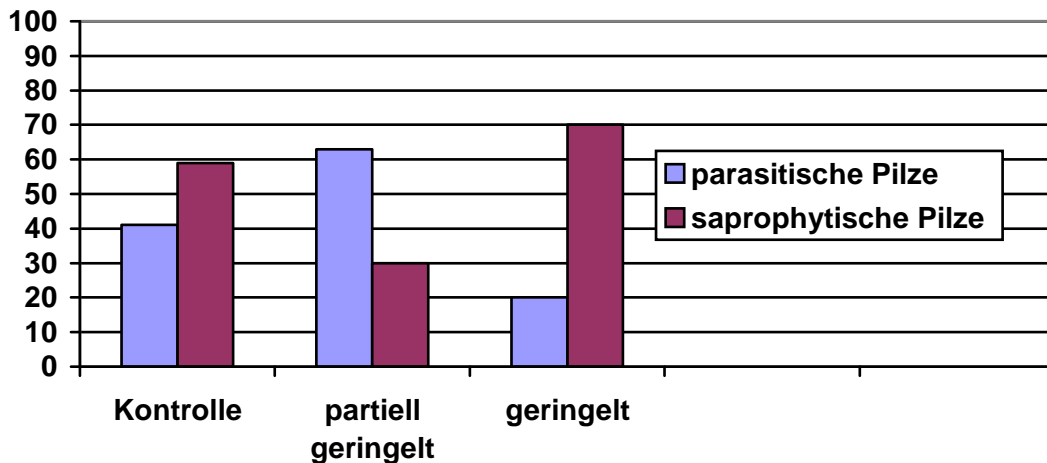
3.1 Verwundung der Robinien

Die Verwundung von Bäumen hat einen entscheidenden Einfluss auf die Mykoflora der Robinien. Bereits durch kleine Verletzungen des Kambiums in den partiell geringelten Robinien kam es zu einer Zunahme von parasitischen Pilzen (Tab. 1) gegenüber der Kontrolle. Großflächiges Ringeln führte zu einem Absterben der Bäume (90 %) und bewirkte durch Austrocknen des Holzes eine konstant niedrige Artenzahl während des Beobachtungszeitraumes.

Tab. 1: Vergleich der 3 Versuchsflächen im südlichen Schönbuch

	Kontrolle	geringelt	Partiell geringelt
Vitalität 4 der Bäume in % (abgestorben)	14	90	30
Lignicole Pilzarten	39	12	18
Saprophytische Pilze %	60	70	30
Parasitische Pilze %	40	20	63
Saprophyten-Index	0,67	0,28	2,1

Robinienstandorte in den 3 Untersuchungsgebieten südlicher Schönbuch und lignicole Pilze in %



3.1.1 Sukzession lignicoler Pilze im Kontrollbestand

86 % der Bäume waren vital und 14 % abgestorben. In dem Kontroll-Bestand konnte die größte Pilzdiversität festgestellt werden. Insgesamt wurden 39 Arten von lignicolen Pilzen nachgewiesen. An den Robinien konnten bis zu 7 verschiedene Pilzarten pro Baum festgestellt werden. 60 % der lignicolen Pilze waren Saprophyten, 40 % Parasiten. Der Saprophyten-Index beträgt 0,7.

Auffallend war das Vorkommen des Holunderpilzes *Rogersella sambuci* (Pers.) *Liberta & Navas* an der Borke älterer Robinien. Im Unterbewuchs des Robinienwäldchens hatte sich durch die Anreicherung von N im Boden zunehmend Holunder (*Sambucus nigra*) angesiedelt. Die Stämme des Holunders waren mit dem Holunderpilz besiedelt, der wiederum auch die Rinde der Robinien bewuchs (Abb. 1a).

Leitarten: *Pholiota squarrosa* (Abb. 1c), *Armillaria mellea* s. l. (Abb. 1b) *Ustulina deusta*, *Rogersella sambuci*.

Abb 1: Kontrolle, häufige Arten sind Hallimasch *Armillaria mellea* s .l. (b) und Sparriger Schüppling *Pholiota squarrosa* (c) und Holunderrindenpilz *Rogersella sambuci* (a) in Spechtlöchern wurde Braunfäule festgestellt (a)



3.1.2 Sukzession lignicoler Pilze an verwundeten Robinien / geringelt

In dem Bestand der geringelten Robinien waren bemerkenswert wenige lignicole Pilze vorhanden. Es konnten nur 12 Pilzarten nachgewiesen werden. Das Holz der Robinien war stark ausgetrocknet und 90 % der geringelten Robinien waren abgestorben (Abb. 2b). Die sich entwickelnde Pilzsukzession war artenarm und auf xerotherme Arten beschränkt. In den Sprösslingen unterhalb der Ringelungsstelle und aus Wurzelaufläufern konnte *Fusarium* spec. und *Verticillium* spec. sowie endogene Pilze wie *Trichothecium roseum* nachgewiesen werden. 95 % der Sprösslinge waren mit Fusarien infiziert. Die Sprösslinge hatten Nekrosen im Rindenbereich, eine Vergilbung der Blätter zeigte eine verminderte Vitalität ab Juni. Querschnitte zeigten die Abwehrreaktion des Holzes (Abb. 2a) und mikroskopisch konnte eine Abschottung des Marks (Abb. 2d) und die Bedeutung der Markstrahlen als Infektionswege (Abb. 2c) nachgewiesen werden.

3.1.3 Sukzession lignicoler Pilze an verwundeten Robinien / partiell geringelt

Durch die partielle Ringelung wurden im unteren Stammbereich relativ kleine Eintrittspforten $< 10 \text{ cm}^2$ geschaffen. Der Einfluss auf die Mykoflora war bedeutend. Der Anteil der Parasiten erhöhte sich auf 63 %, während nur 30 % saprophytische Pilze nachweisbar waren. Der Saprophyten-Index wurde mit 2,1 bestimmt. Bereits flächenmäßig geringfügige Verwundungen des Kambiums bilden Eintrittspforten für parasitische Pilze. Ein direkter Einfluss auf die Vitalität der Bäume war 2 Jahre nach der Verwundung noch relativ gering. Gegenüber der Kontrolle war jedoch ein Anstieg der Mortalität der Bäume auf 30 % zu verzeichnen.

Abb. 2: Standort geringelte Robinien Südlicher Schönbuch, c-d mikroskopische Schnitte durch Sprösslinge

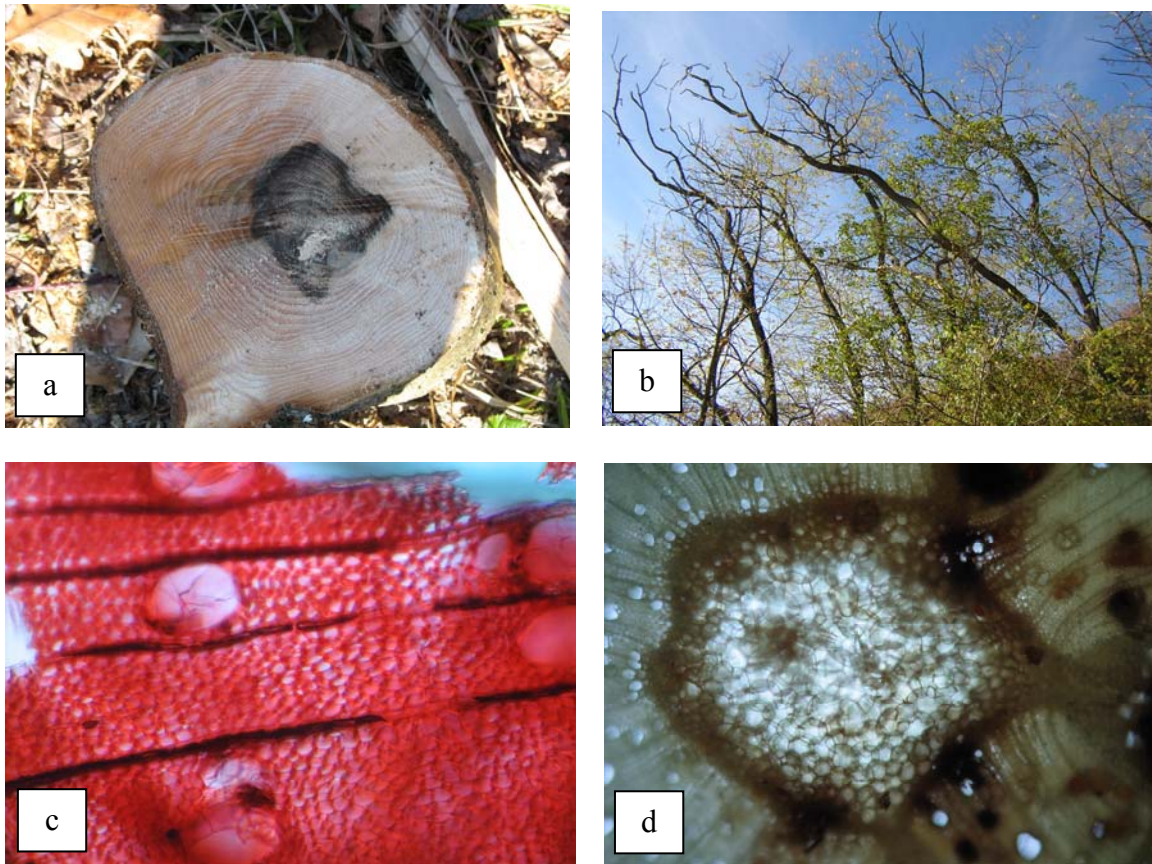
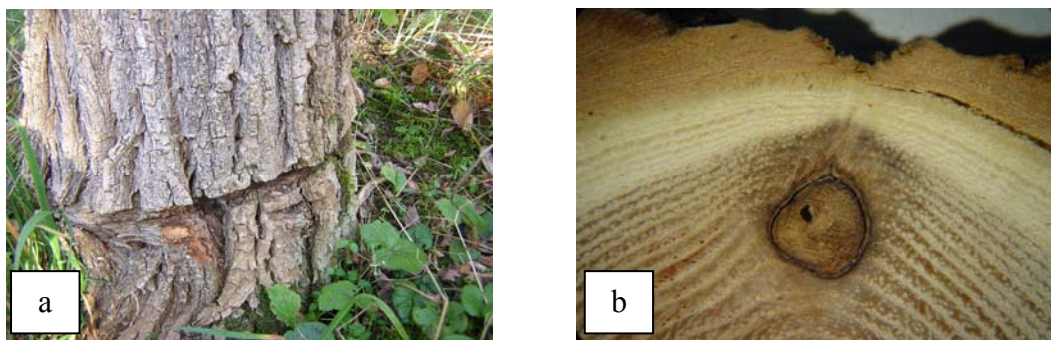
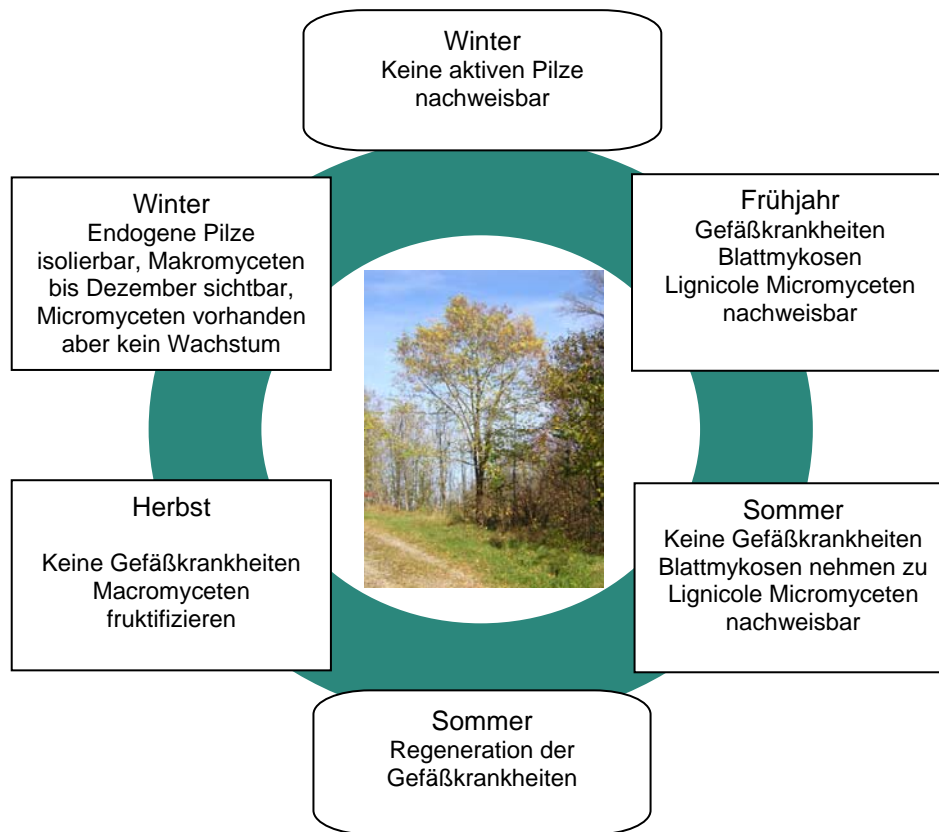


Abb.3: Partielle Ringelung (a) im unteren Stammbereich. Dadurch wurden Eintrittspforten für Pilze geschaffen. Normalerweise zeichnen sich Robinien durch gute Kompartimentierung aus (b)



3.2 Sukzession in Abhängigkeit von der Jahreszeit

In dem Untersuchungsgebiet südlicher Schönbuch konnte während der Probenahme jahreszeitliche Besonderheiten der Mykoflora an den Robinien festgestellt werden. Während im Frühjahr Gefäßkrankheiten zum Absterben einzelner Äste führten, war im Sommer eine Regeneration der Bäume durch verstärktes Austreiben von schlafenden Knospen zu verzeichnen. Die Bäume bildeten verstärkt Blätter um die abgestorbenen Äste herum.



Der Herbst war durch Fruchtkörperbildung der lignicolen Macromyceten gekennzeichnet sowie durch entsprechende Sporulation. Rhizomorphen des Halimasch waren ganzjährig zu beobachten. Im Winter kam es zu einer „Winterruhe“. Die entnommenen Proben benötigten einen längeren Zeitraum bis sich Micromyceten isolieren ließen.

3.3 Sukzession lignicoler Pilze in Abhängigkeit vom Baumalter

An Bäumen verschiedenen Alters konnte ein jeweils spezifisches Pilzspektrum isoliert werden. Junge Bäume bis 10 Jahre wurden vor allem durch Micromyceten wie Fusarien, *Verticillium* sowie durch Blattparasiten (*Phloeospora robiniae* (Desm.) Höhn., *Phyllosticta advena* Pass.) in ihrer Vitalität eingeschränkt. Bäume im Alter 10-40 Jahre hatten insgesamt weniger Pilze bzw. nach Verwundung einen größeren Anteil an parasitischen Pilzen (*Ustulina deusta*) und Schwächeparasiten wie *Armillaria mellea*. Ältere Robinien waren dagegen mit einer reicheren Mykoflora besiedelt. Hier konnte auch eine Zunahme von Saprophyten verzeichnet werden (*Trametes versicolor*, *Trametes hirsuta*, *Bjerkandera fumosa*, *Rogersella sambuci*).

4. Diskussion

In dem Untersuchungsgebiet südlicher Schönbuch konnten wichtige Aussagen zur Sukzession der Mykoflora an Robinien gewonnen werden. Die Mykoflora an den geringelten Robinien war gegen alle Erwartungen sehr artenarm. Da die Robinien nach dem Ringeln sehr schnell austrocknen, konnten sich hier kaum lignicole Pilze etablieren. Die sich dabei bildenden Sprösslinge waren auffallend

mit *Fusarium redolens* infiziert, was zu einer stark verminderten Vitalität führte. *Fusarium* Arten sind als Pflanzenpathogene mit großem Wirtspflanzen-Spektrum und verschiedenen Schadsymptomen bekannt (SUMMERELL et al. 2003). *Fusarium redolens* konnte bisher als Pathogen an Spargelwurzeln (BAAYEN et al. 2000) und *Dianthus caryophyllus* L. (CHIOCCHETTI et al 1999) diagnostiziert werden. In der Kontrolle konnte die artenreichste Mykoflora nachgewiesen werden. 39 Arten lignicoler Pilze besiedelten die Robinien. Im atlantischen Nordamerika, dem Ursprungsgebiet der Robinien ist in Abhängigkeit der untersuchten Regionen ein größeres Pilzspektrum an Robinien bekannt (DUKE 1983) Ein Vergleich der Mykoflora unter Einbeziehung verschiedenen Alters und Standorte von Robinien soll daher in weiterführenden Untersuchungen vorgenommen werden. Bereits geringe Verwundungen des Kambiums führten zu einer Zunahme der Infektion mit pathogenen Pilzen im Untersuchungsgebiet südlicher Schönbuch. Auch die Mortalität der Bäume erhöhte sich durch das partielle Ringeln auf 30 %. Auf die Gesamtpopulation der Robinien bezogen zeigte sich eine Abnahme der Pilzdiversität gegenüber der Kontrolle bei gleichzeitiger Zunahme der pathogenen Pilze. Es konnte bereits von BAVENDAMM 1974 nachgewiesen werden, dass Verletzungen an Bäumen als Eintrittspforten für Pilze dienen. Der Saprophyten-Index erwies sich als geeigneter Parameter um die 3 Flächen im Schönbuch zu vergleichen. Eine Zunahme der saprophytischen Pilze in den geringelten Robinien und eine Zunahme der parasitischen Pilze in den durch partielle Ringelung verletzten Robinien gegenüber dem Kontrollbestand wurden nachgewiesen und soll Gegenstand weiterer Untersuchungen sein.

References

- BAVENDAMM, W. (1974): Die Holzschäden und ihre Verhütung. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH. Stuttgart: 136 S.
- BAAYEN, R. P., VAN DEN BOOGERT, P. H., BONANTS, P. J. M., POLL, J. T. K., BLOK, W. J., WAALWIJK, C. (2000): *Fusarium redolens* f. sp. asparagi, causal agent of asparagus root rot, crown rot and spear rot. Eur. J. For. Path. 106: 907-912.
- BÖCKER, R. & M. DIRK (2004): Ansatz zur Bewertung von Kontrollmaßnahmen und ihrer praktischen Umsetzung bei *Robinia pseudoacacia* L. Ber. Inst. Landschafts- Pflanzenökologie Univ. Hohenheim Heft 13: 41-56.
- BÖCKER, R. & M. DIRK (2002): Strategies to restrict the potential of vegetative regenerations of *Robinia pseudoacacia* L. In: Biological Invasions: Challenges for Science. UFZ-Berichte 14 Eds: KLOTZ, S., KÜHN, I., Leipzig-Halle, S. 18.
- BUTIN, H. (1996): Krankheiten der Wald- und Parkbäume. Georg Thieme Verlag Stuttgart 3. Aufl., 261 S.
- CHIOCCHETTI, A. et al. 1999: Detection of *Fusarium oxysporum* f. sp. Dianthi in Carnation Tissue by PCR Amplification of Transposon Insertions. Phytopathology 89: 1169-1175.

- DUKE, J. A. (1983): Handbook of Energy Crops. Unpublished.
- HAUCH, S. & MAGEL, E. (1998): Extractable activities and protein content of sucrose-phosphate synthase, sucrose synthase and neutral invertase in trunk tissues of *Robinia pseudoacacia* L. are related to cambial wood production and heartwood formation. *Planta* 98: 266-274.
- HO, H. H. (2002): *Phytophthora cinnamomi* var. *Robiniae* var. nova on black locust in Jiangsu province of China. *Mycotaxon* 82: 391-396.
- IGMANDY, Z. (1962): Die holzerstörenden Pilze der Robinie. Internat. Symposium Eberswalde: Holzerstörung durch Pilze. Akademie-Verlag, Berlin: 293-297.
- KEHR, R. D., WOHLERS A., DUJESIEFKEN, D., WULF, A. (2000): Der Eschenbaumschwamm an Robinien – Diagnosemerkmale und Kultureigenschaften. In: Dujesiefken, D., Kockerbeck, P. Eds: Jahrbuch der Baumpflege 2000: 201-207.
- KOWARIK, I. (2003): Biologische Invasionen: Neophyten und Neozoen in Mitteleuropa. Ulmer Verlag Stuttgart, 380 S.
- MATTHECK, C., HÖTZEL, H. J. (1997): Baumkontrolle mit VTA. Rombach 180 S.
- PRESSE UND INFORMATIONSAMT der Landeshauptstadt München 2005: Baumfällungen Rathausumschau 7. November 2005, Ausgabe 211, S. 7.
- SEELIG, U. (1997): Die Robinie - nur ein Exot im deutschen Wald? *Forst und Holz* 52: 81-86.
- SEIER, M. K. (2005): Fungal pathogens as classical biological control agents for invasive alien weeds – are they a viable concept for Europe? In Nentwig, W. et al. (Eds.): *Biological Invasions – From Ecology to Control*. *Neobiota* 6: 165-175.
- SINCLAIR, W. A., LYON, H. H., JOHNSON, W. T. (1993): *Diseases of Trees and Shrubs*. Cornell University Press: New York, 2. Auflage, 575 S.
- SUMMERELL, B. A., SALLEH, B., LESLIE, J. F. (2003): A utilitarian approach to *Fusarium* identification. *Plant Disease* Vol. 87: 117-128.
- WAITKUS, C. & RICHTER, H. G. (2001): Die Robinie und ihr Holz. Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft 2001, Internet.
- WESSOLLY, L., ERB, M. (1998): *Baumstatik und Baumkontrolle*. Patzer Verlag München, 270 S.
- WULF, A. (2004): Krankheiten und Schädlinge an fremdländischen Baumarten. In: Dujesiefken, D., Kockerbeck, P. Eds: *Jahrbuch der Baumpflege 2004*: 15-29.

Adresse der Autoren

Dr. Martina Rehnert, Prof. Dr. Reinhard Böcker
 Universität Hohenheim, Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie 320
 August-von-Hartmann-Str. 3, D-70599 Stuttgart

Korrespondenz:

rehnertm@uni-hohenheim.de, boeckerr@uni-hohenheim.de
 Tel.: +49 (0)711 459 23510, Fax: +49 (0)711 459 22831

Entwicklung verschiedener Wasserpflanzenarten nach Umpflanzung in den Itzelberger See (Brenz) unter dem Einfluss von Wasservögeln

Heike Spitzbarth & Klaus Schmieder

Herrn Dipl. Ing. (hort.) Georg-Heinrich Zeltner anlässlich seines 65. Geburtstages gewidmet.

1. Einführung

In den vergangenen 15 Jahren kam es zu einem drastischen Rückgang der höheren Wasserpflanzen im Oberlauf der Brenz und des Itzelberger Sees. Anstelle der Wasserkrautbestände haben sich Massenentwicklungen von benthischen Algenbeständen, sog. Krötenhäuten, eingestellt. Dies führte nicht nur zu Geruchsbelästigung der Anwohner, sondern stellte eine grundlegende Veränderung des Ökosystems dar mit weitreichenden Auswirkungen auf die von den höheren Wasserpflanzen abhängigen Biozöosen, vor allem der Insektenlarven als Nahrungsgrundlage für Fische.

Bereits im Jahr 2005 sind nach einer Winterung des Itzelberger Sees umfangreiche Untersuchungen durchgeführt worden (SCHMIEDER, VEIT, HASSAN, 2005), um herauszufinden, ob das Pflanzenwachstum im Oberlauf der Brenz und im Itzelberger See durch eventuell vorhandene Wuchshemmstoffe beeinträchtigt wird. Es konnte jedoch keine phytotoxische Wirkung in den Oberflächenwasserproben nachgewiesen werden. Auch die Erholung der Pflanzenbestände im Oberlauf der Brenz und in den Quellen bestätigte dieses Ergebnis. Lediglich im Itzelberger See konnte keine Regeneration der Wasserpflanzenbestände beobachtet werden. Untersuchungen der physikalischen und chemischen Wasserparameter durch die LUBW ergaben jedoch ebenfalls keine Hinweise auf Faktoren, die das Wachstum von Wasserpflanzen im Itzelberger See beeinträchtigen.

Bei einer Analyse der Diasporenbank im Itzelberger See wurden im Sediment nur wenige Samen gefunden, was vermutlich auf eine Entschlammungsmaßnahme im Jahr 2002 zurückzuführen ist (SCHMIEDER, VEIT, HASSAN, 2005). Der größte Teil der Samen stammte von Uferpflanzen, während der Anteil an höheren Wasserpflanzen sehr gering war, so dass eine spontane Wiederbesiedlung des Itzelberger Sees aus Diasporen kaum erwartet werden darf. Aufgrund der Ergebnisse der Untersuchung 2005 wurden die in diesem Bericht vorgestellten Pflanzversuche zur Wiederbesiedlung des Itzelberger Sees empfohlen. Der Umpflanzversuch 2006 sollte klären, ob höhere Wasserpflanzen in der Lage sind, im Itzelberger See zu überleben, wenn sie dort ausgepflanzt werden und warum sie sich im Itzelberger See bisher nicht wieder etabliert haben. Es sollte untersucht werden, ob während des Versuchszeitraumes Unterschiede in der Pflanzenentwicklung auftreten, und ob sich die Wasserpflanzen abhängig vom Standort unterschiedlich entwickeln. Um herauszufinden, welche Arten am besten mit den Standortbedingungen im Itzelberger See zurecht kommen,

wurden vier verschiedene Arten höherer Wasserpflanzen aus der Pfeffer und der Brenz oberhalb und unterhalb des Itzelberger Sees entnommen und im Itzelberger See wieder eingepflanzt. Als Versuchspflanzen wurden der Aufrechte Merk (*Berula erecta*), der Wasserstern (*Callitriche obtusangula*), der Tannenwedel (*Hippuris vulgaris*) und der Wasserhahnenfuß (*Ranunculus trichophyllus*) verwendet, da diese Arten im Oberlauf der Brenz und Pfeffer häufig anzutreffen sind. Ein möglicher Einfluss der Wasservögel wurde in einer Versuchsvariante untersucht, in der jede zweite Versuchspflanze mit einem Drahtkäfig geschützt wurde. Die weitere Entwicklung der Wasserpflanzen im Itzelberger See sowie in den Quelltöpfen von Brenz und Pfeffer wurde durch regelmäßiges Monitoring dokumentiert.

2. Methoden

2.1 Entnahme des Pflanzenmaterials

Alle Pflanzen, die in den Itzelberger See umgepflanzt wurden, stammen aus dem Oberlauf der Brenz, sowie aus der Pfeffer, einem kleinen Zufluss der Brenz im Nordwesten des Itzelberger Sees. Abb. 1 zeigt die Lage der Entnahmestellen des Pflanzenmaterials. Am 11.05.2006 wurden von jeder Pflanzenart 8 Proben mit einem Stahlrohr von ca. 15 cm Durchmesser aus dem Sediment ausgestochen und in einer verschließbaren Plastiktüte zum Itzelberger See transportiert. Um Umpflanzeffekte auszuschließen, wurden zusätzlich auch an der Entnahmestelle der jeweiligen Pflanzenart Proben entnommen und als Kontrolle wieder in Bohrlöcher der bereits entnommenen Pflanzen eingepflanzt. Diese Stellen wurden jeweils mit einem Vierkantholz markiert.

Die Probenahmestelle für *Hippuris vulgaris* liegt oberhalb des Itzelberger Sees am rechten Ufer der Brenz, 150 m oberhalb der Eisenbahnbrücke. *Callitriche obtusangula* und *Ranunculus trichophyllus* wurden oberhalb der Kläranlage Itzelberg aus der Brenz entnommen. Von *Ranunculus trichophyllus* konnte nur eine Probe an den Markierungspfosten bei *Callitriche obtusangula* gepflanzt werden, da es aufgrund des sehr steinigen Substrats nicht möglich war, mit dem Stahlrohr ein weiteres Pflanzloch für eine zweite Probe zu stechen. Die umgepflanzte Probe stammt von einer weniger steinigen Stelle. Die Proben von *Berula erecta* wurden aus der Pfeffer beim Gelände der Schwäbischen Hüttenwerke in Itzelberg entnommen. Zwei Proben wurden an Ort und Stelle umgepflanzt.

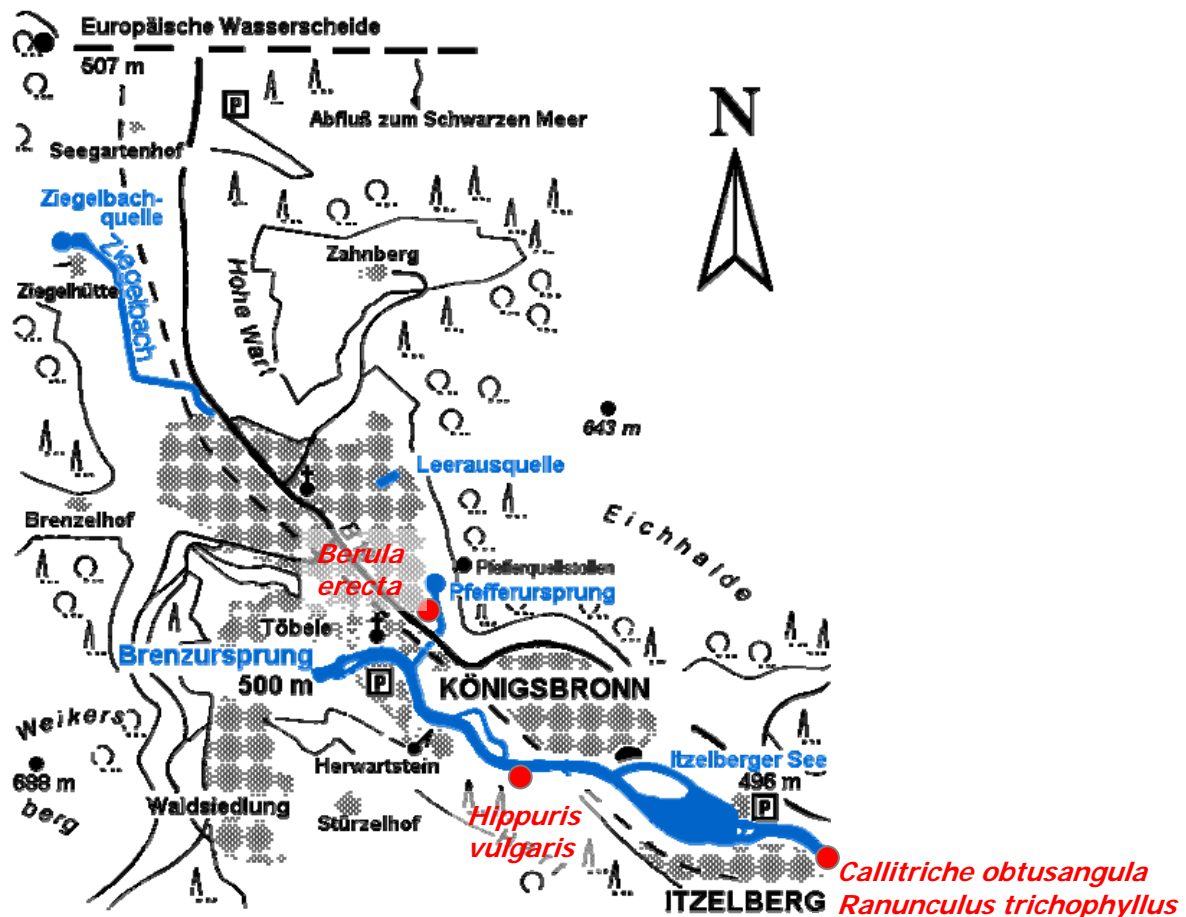


Abb. 1: Entnahmestellen des Pflanzenmaterials

2.2 Versuchsanlage im Itzelberger See

Für die Pflanzung im Itzelberger See am 11. Mai 2006 wurde der See auf 45 cm unter Normalpegel abgelassen. Am Ostufer und am Nordufer wurde jeweils in 50 cm Wassertiefe, d. h. in 95 cm Tiefe bei Normalpegel, parallel zum Ufer ein Transekt von 16 m Länge angelegt. Zur Markierung der 1 m großen Parzellen wurden Vierkanthölzer in den Seeboden gesteckt. In jede Fläche des Transekts wurde eine Versuchspflanze gepflanzt, pro Transekt je viermal *Berula erecta*, *Callitriche obtusangula*, *Hippuris vulgaris* und *Ranunculus trichophyllus*. Jede zweite Pflanze wurde mit einem Drahtkorb aus Edelstahl vor Verbiss durch Wasservögel geschützt. Die Körbe sind 0,8 m hoch und haben einen Durchmesser von 0,6 m. Sie bestehen aus einem Edelstahlgitter (Drahtdurchmesser 2,05 mm) mit einer Maschengröße von 25,4 mm x 50,8 mm. Zur Befestigung im Seesediment dienten jeweils zwei starke 0,9 m lange Kupferdrähte.

Bei dem Transekt am Nordufer fehlte zu Versuchsbeginn an der letzten Versuchspflanze von *Ranunculus trichophyllus* (R8) ein Drahtkorb. Am 06.06.2006 wurde auch diese Versuchspflanze mit einem Drahtkorb einer ausgefallenen Versuchspflanze versehen. Die Versuchsanlage der Transekte ist in Abb. 2 dargestellt.

Versuchsanlage auf der Ostseite:

■ B1 ■ B2 ■ B3 ■ B4 ■ C1 ■ C2 ■ C3 ■ C4 ■ H1 ■ H2 ■ H3 ■ H4 ■ R1 ■ R2 ■ R3 ■ R4 ■

Versuchsanlage auf der Nordseite:

■ B5 ■ B6 ■ B7 ■ B8 ■ C5 ■ C6 ■ C7 ■ C8 ■ H5 ■ H6 ■ H7 ■ H8 ■ R5 ■ R6 ■ R7 ■ R8 ■

B *Berula*

C *Callitriche*

H *Hippuris*

R *Ranunculus*

 Käfig

■ Markierungspfosten

Abb. 2: Versuchsanlage der Transekte im Itzelberger See

2.3 Monitoring

Die Entwicklung der Versuchspflanzen im Itzelberger See, sowie der Kontrollpflanzen an den Entnahmestellen wurde über regelmäßiges Monitoring am 12. Juni, 6. Juli, 15. August, 13. September und am 2. November 2006 weiter beobachtet. Der Entwicklungszustand der Pflanzen wurden fotografisch mit einer Digitalkamera in einem wasserdichten Gehäuse dokumentiert und der optische Eindruck schriftlich festgehalten. Um den Zuwachs bzw. Schädigungen der Pflanzen auf den Fotos vergleichen zu können, wurde unter Wasser ein 50 cm x 50 cm großer Kartierrahmen mit eingearbeitetem Zollstock über die zu fotografierenden Pflanzen gelegt (siehe Abb. 3).

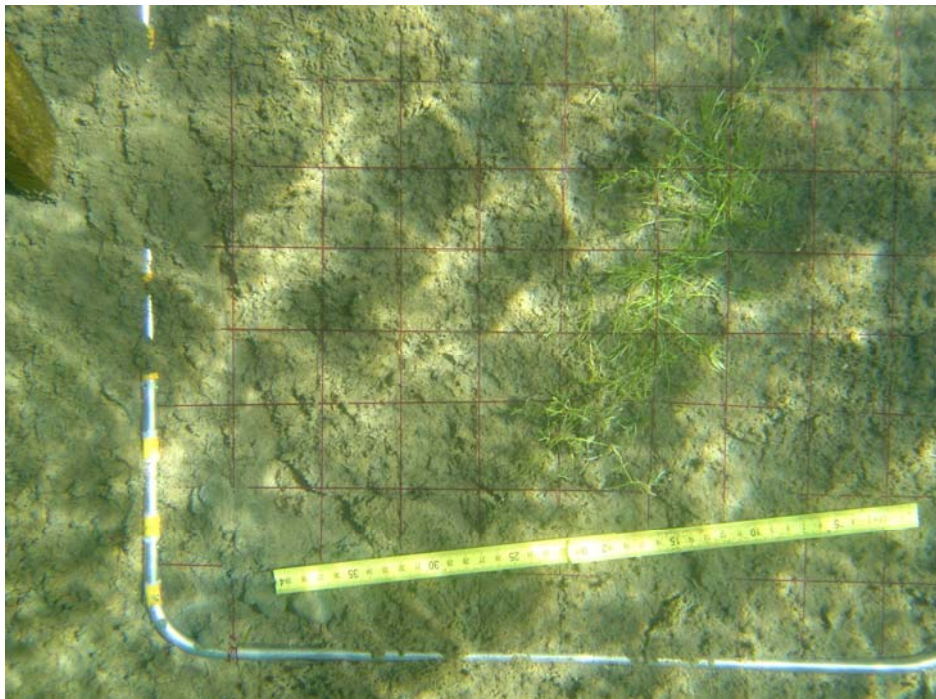


Abb. 3: Kartierrahmen im Itzelberger See auf *Callitriche obtusangula*

Die Fotos der Versuchspflanzen im Itzelberger See wurden von einem Schlauchboot aus gemacht. Um mit dem Boot besser an die Transekte heranzukommen, wurde an den Monitoring-Terminen der Wasserspiegel des Itzelberger Sees um ca. 30 – 45 cm unter Normalpegel abgesenkt. Die Arten der am Grund des Itzelberger Sees spontan vorkommenden Wasserpflanzen und ihre Abundanz wurden am 06.07.2006 und am 15.08.2006 bei Befahrungen mit dem Boot erfasst.

An den Entnahmestellen der Versuchspflanzen in Brenz und Pfeffer sowie in deren Quellen wurden neben den umgepflanzten Kontrollpflanzen auch die natürlichen Bestände der submersen Makrophyten fotografiert. Vor allem am Anfang der Untersuchungen mussten die Markierungspfosten mehrmals von angeschwemmten Ästen, Blättern und zum Teil auch von Müll gesäubert werden, da die Kontrollpflanzen sonst durch den andauernden Lichtmangel zu stark geschwächt worden wären.

2.4 Auswertung

Für jede Versuchspflanze wurde an allen fünf Monitoring-Terminen die jeweilige Deckung ermittelt. Hierzu wurde bei den Pflanzen ohne Käfig auf dem Foto die Anzahl der 5 cm x 5 cm großen Kästchen im Kartierahmen bestimmt, die lebende Organe wie Blätter, Sprosse, Blüten oder Wurzeln der jeweiligen Versuchspflanze enthielten. Die Deckung einer Versuchspflanze in cm² erhielt man durch Multiplikation der Kästchenanzahl mit der Größe eines einzelnen Kästchens.

Bei den Versuchspflanzen, die mit einem Käfig bedeckt waren, wurde mit Hilfe der Fotos die Gesamtdeckung in Prozent geschätzt und mit der Käfigfläche (2826 cm²) multipliziert.

Die Gesamtdeckung der Versuchspflanzen errechnet sich also nach folgenden Formeln:

$$\text{Deckung (ohne Käfig)} = \text{Anzahl der Kästchen} * 25 \text{ cm}^2$$

$$\text{Deckung (mit Käfig)} = \text{geschätzte Deckung [\%]} * 2826 \text{ cm}^2$$

War kein Foto der Pflanze vorhanden, wurde versucht, aufgrund der Aufzeichnungen zum optischen Eindruck der entsprechenden Pflanze eine Flächengröße für die Deckung festzulegen. Die auf diese Weise entstandenen Daten sind in den Diagrammen bei der Darstellung der Ergebnisse als weiße Säulen gekennzeichnet.

Bei den Kontrollen von *Berula* und *Hippuris* waren jeweils zwei Pflanzen umgepflanzt worden. Für die Auswertung wurde die Deckung der beiden Pflanzen getrennt ermittelt. Zu Gunsten einer übersichtlicheren Darstellung wurde bei der Erstellung der Diagramme der Mittelwert aus den beiden Einzeldeckungen verwendet. Die Einzelwerte der beiden Pflanzen sind als Standardabweichungen vom Mittelwert eingetragen.

3. Ergebnisse

3.1 Einfluss des Standorts auf die Entwicklung von *Berula* und *Hippuris*

Nach der Umpflanzung in den Itzelberger See sind fast alle Versuchspflanzen auf der Nord- und Ostseite des Sees angewachsen. In dem Zeitraum zwischen den ersten beiden Monitoring-Terminen sind alle *Berula* gewachsen und haben an Fläche dazugewonnen. Dabei konnte beobachtet werden, dass sich die Pflanzen des Transektes auf der Nordseite besser entwickelt haben als die Pflanzen auf der Ostseite. Im Vergleich zu den *Berula*-Kontrollpflanzen in der Pfeffer ist *Berula* im Itzelberger See wesentlich größer geworden, wie in Abb. 4 zu sehen ist. Am 15. August 2006 waren nur noch die Kontrollpflanzen und die mit Käfigen geschützten *Berula*-Pflanzen vorhanden. Im Itzelberger See sind alle anderen *Berula* komplett ausgefallen. Diese Pflanzen haben bis zum darauffolgenden Monitoring-Termin am 13. September wieder schwach ausgetrieben und waren damit ca. 50 % kleiner als die Kontrollpflanzen in der Pfeffer. Am 2. November sind alle *Berula* im Itzelberger See, die nicht mit einem Käfig bedeckt waren, erneut ausgefallen.

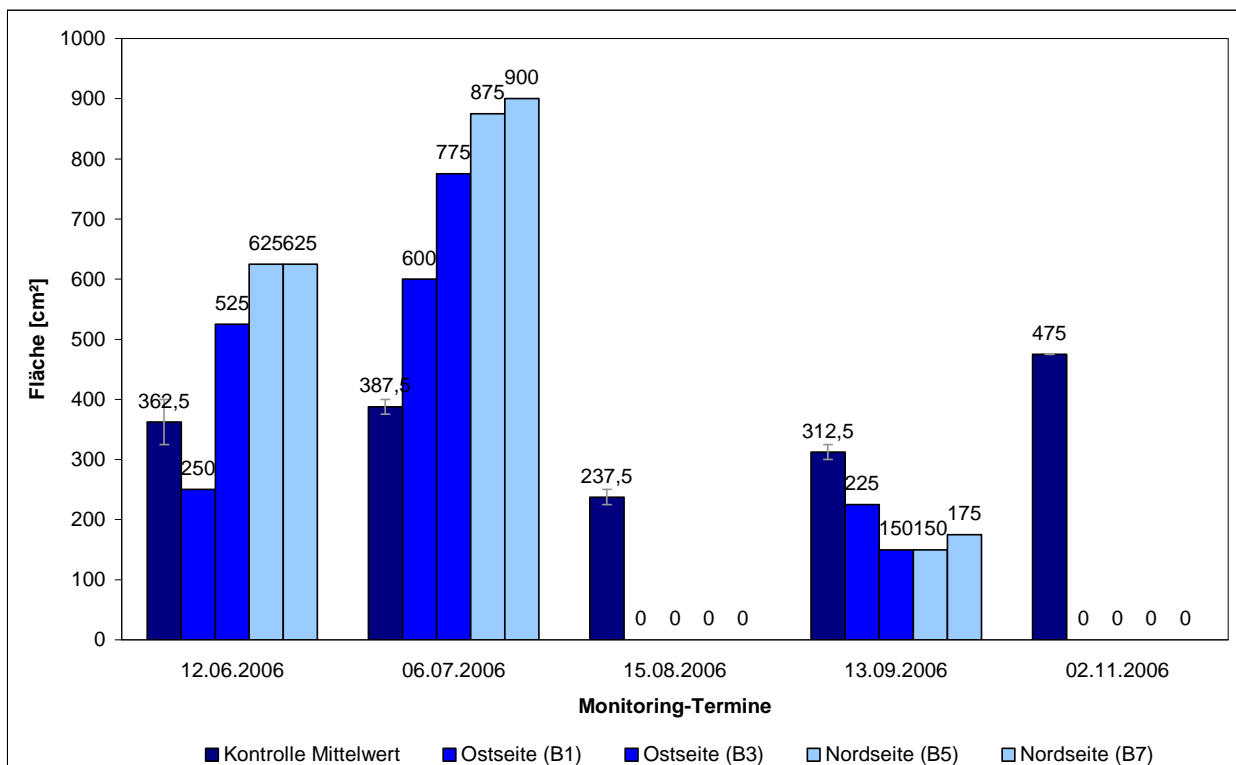


Abb. 4: Entwicklung von *Berula* außerhalb der Fraßschutzkäfige in den beiden Transekten am Nord- und Ostufer

Bei *Hippuris* sind nicht alle Pflanzen nach dem Umpflanzen wieder angewachsen. Sowohl auf der Nordseite als auch auf der Ostseite ist jeweils eine Pflanze ausgefallen, die nicht mit einem Käfig bedeckt war. Außerdem ist auf der Nordseite eine weitere Pflanze innerhalb eines Fraßschutzkäfiges nicht angewachsen. In Abb. 5 ist der Entwicklungsverlauf von *Hippuris* auf den verschie-

denen Standorten dargestellt. Bereits am ersten Monitoring-Termin am 12. Juni 2006 fiel auf, dass *Hippuris* im Transekt auf der Ostseite sowie die Kontrollpflanzen wesentlich kleiner waren als *Hippuris* im Transekt auf der Nordseite. Während sich *Hippuris* auf der Nordseite weiterhin sehr gut entwickelt hat, konnte die Pflanze auf der Ostseite am 15. August 2006 nicht mehr gefunden werden. Bis zum 13. September 2006 hat die Pflanze jedoch wieder aus ihren unterirdischen Rhizomen ausgetrieben. Ihre Fläche im Kartierrahmen betrug aber nur 125 cm². Am 2. November konnte dieselbe Pflanze erneut nicht mehr gefunden werden. Bis zum 2. November musste auch die Pflanze auf der Nordseite über 87 % ihrer Fläche einbüßen. Mit 150 cm² war sie kleiner als die Kontrollpflanze in der Brenz oberhalb des Itzelberger Sees.

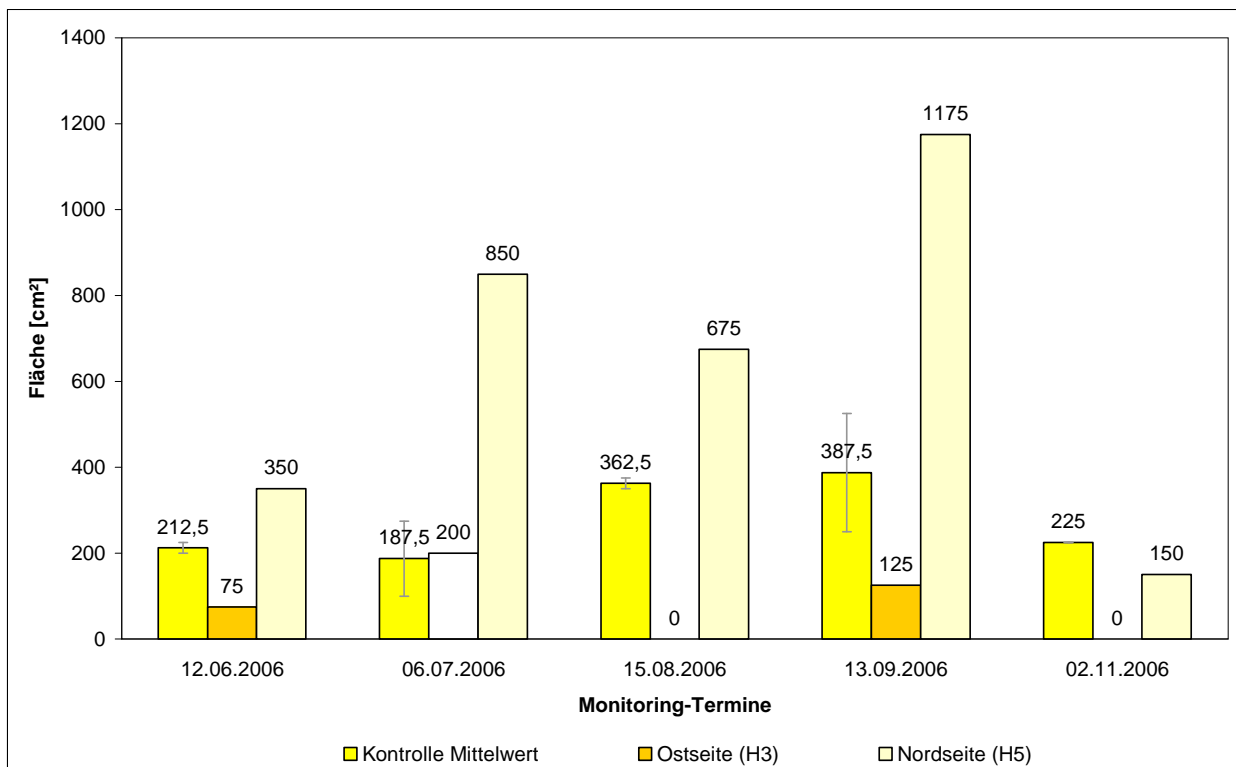


Abb. 5: Entwicklung von *Hippuris* außerhalb der Fraßschutzkäfige in den beiden Transekten am Nord- und Ostufer

3.2 Unterschiede zwischen den Arten im Itzelberger See

Vergleicht man die Entwicklung der vier ausgepflanzten Arten im Itzelberger See, so fällt auf, dass nicht alle Arten gleich gut gewachsen sind. In Abb. 6 und Abb. 7 sind die Ergebnisse für die Ostseite bzw. Nordseite des Itzelberger Sees zusammengestellt. Der Verlauf der Entwicklung von *Berula* und *Hippuris* wurde bereits in 3.2 beschrieben.

Bei den *Ranunculus*-Pflanzen, die nicht mit einem Käfig bedeckt waren, ist im Transekt auf der Ostseite nur eine Pflanze angewachsen. Die Größe dieser Pflanze variierte während des Untersuchungszeitraumes sehr stark. Zunächst war die Pflanze mit einer Fläche von 200 cm² sehr klein, wuchs jedoch bis 6. Juli 2006 heran und erreichte eine Deckung von 725 cm². In den folgenden vier

Wochen bis zum 15. August 2006 ging die Fläche jedoch wieder auf 200 cm² zurück und nahm bis zum 13. September 2006 wieder auf 1100 cm² zu. Am letzten Monitoring-Termin ist die Fläche wiederum auf 250 cm² zurückgegangen.

Die Entwicklung von *Ranunculus* auf der Nordseite war tendenziell ähnlich, allerdings waren die Pflanzen auf dieser Seite am 12. Juni 2006 mit 1025 cm² und 775 cm² schon wesentlich größer als auf der Ostseite. Eine der beiden Pflanzen fiel am 15. August 2006 vorübergehend aus. Die Fläche der anderen *Ranunculus*-Pflanze ging um fast 50 % zurück auf 1125 cm². Bis zum 13. September konnten sich beide Pflanzen wieder erholen, so dass ihre Fläche 1575 cm² bzw. 825 cm² betrug. Am 2. November 2006 sind die beiden *Ranunculus* auf der Nordseite erneut ausgefallen.

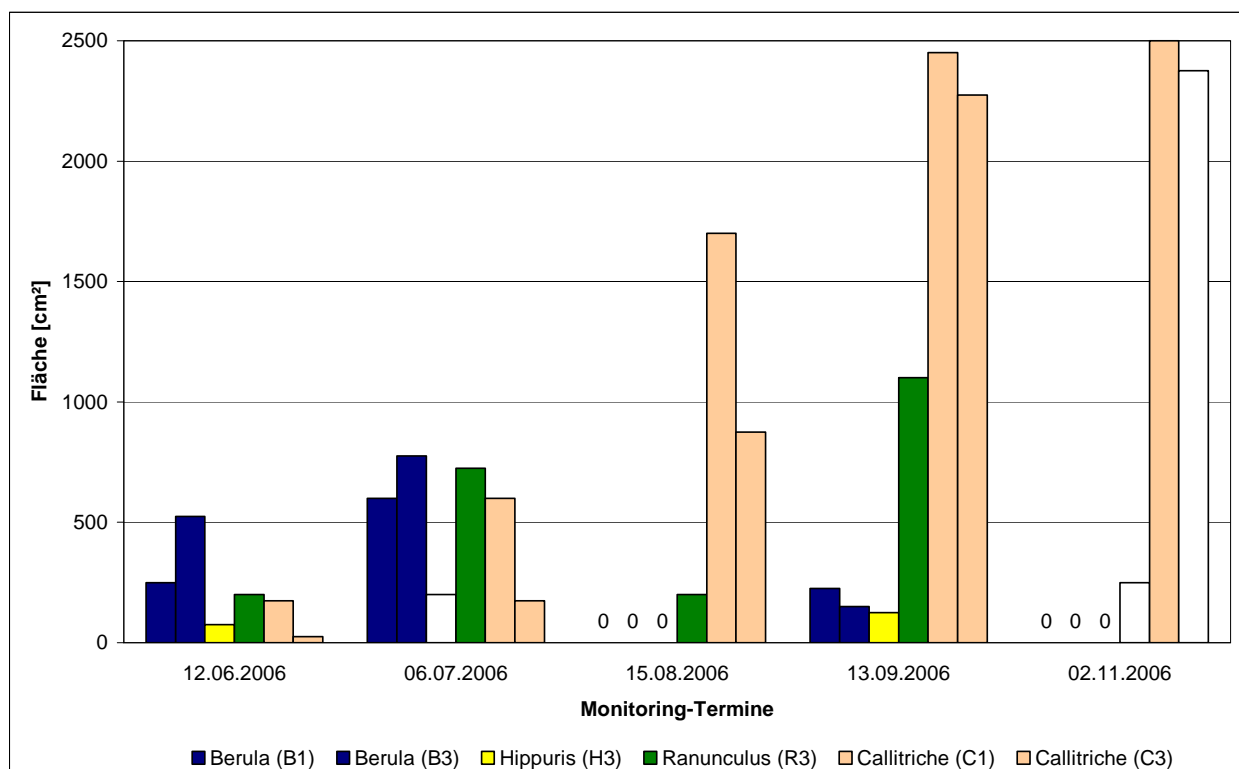


Abb. 6: Entwicklung der Arten im Transekt auf der Ostseite des Itzelberger Sees

Die einzige Art im Umpflanzversuch, bei der ein kontinuierlicher Zuwachs zu verzeichnen war, ist *Callitriche* auf der Ostseite des Itzelberger Sees. Darüber hinaus fiel während des gesamten Untersuchungszeitraumes keine einzige Pflanze der Art aus. Am 12. Juni 2006 waren alle vier Pflanzen unterschiedlich groß. Ihre Flächen im Kartierrahmen reichten von 75 cm² bis hin zu 750 cm². Bis zum 13. September 2006 füllten alle *Callitriche* beinahe den gesamten Kartierrahmen aus. Die größte Fläche hatte eine Pflanze der Ostseite mit 2500 cm², das entspricht einer Gesamtdeckung von 100 % im Kartierrahmen.

Auf der Nordseite war *Callitriche* ebenfalls die erfolgreichste Art, wenngleich ihre Fläche ab dem 13. September 2006 um bis zu 50 % zurückgegangen ist. Am 2. November 2006 bedeckte *Callitriche* nur noch 650 cm² bzw. 1250 cm².

Es fällt auf, dass am 15. August 2006 sowie am 2. November 2006 einige Pflanzen verschiedener Arten gleichzeitig ausgefallen sind. Deshalb wurde in Tab. 1 zusammengestellt, wann welche Art ausgefallen ist. Zusätzlich ist die Deckung der jeweiligen Pflanze zu dem Monitoring-Termin angegeben, an dem die Pflanze zuletzt oberirdisch sichtbar war.

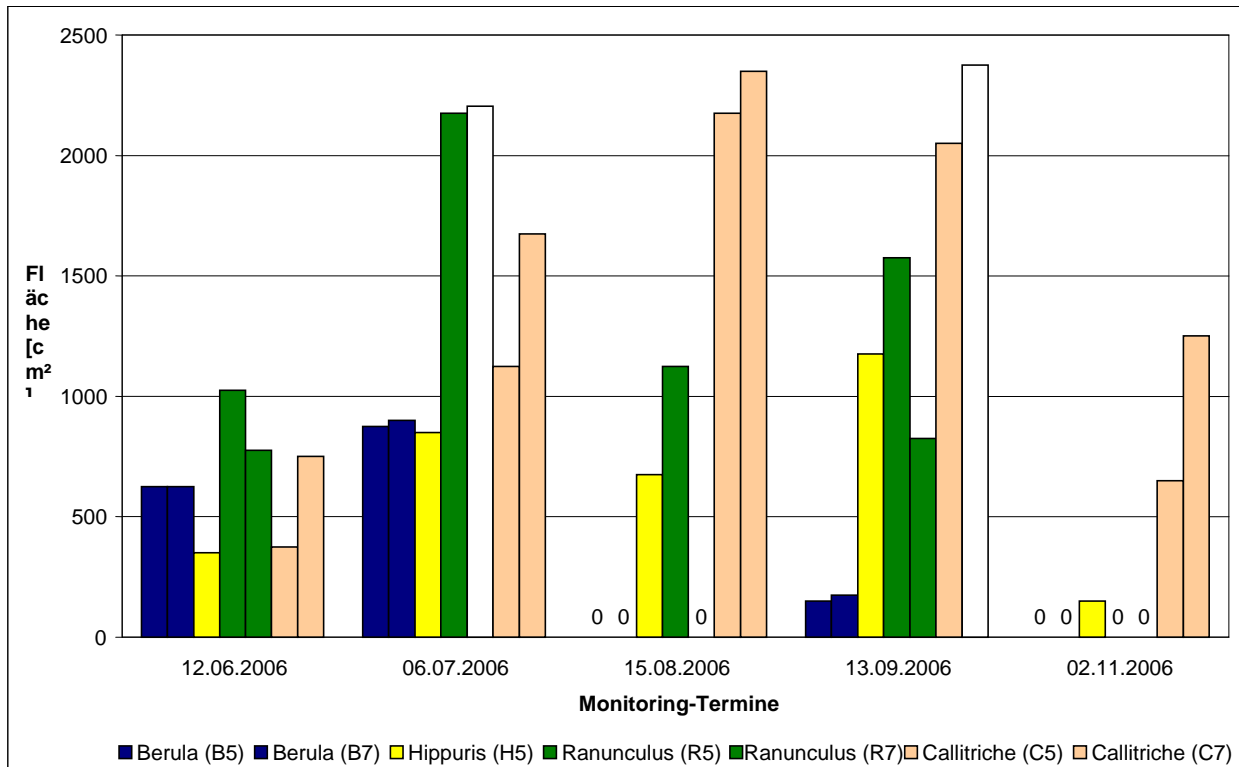


Abb. 7: Entwicklung der Arten im Transekt auf der Nordseite des Itzelberger Sees

Tab. 1: Übersicht über den Ausfall einzelner Pflanzen. Die Werte geben die Fläche der Pflanze an [cm²], ausgefallene Pflanzen sind mit einem Strich gekennzeichnet.

Monitoring-Termine		12.06.2006	06.07.2006	15.08.2006	13.09.2006	02.11.2006	Anmerkungen
<i>Berula</i>	B1		600	-	225	-	ohne Käfig
	B3		775	-	150	-	ohne Käfig
	B5		875	-	150		ohne Käfig
	B7		900	-	175		ohne Käfig
	B6		565	-	141		Käfig fehlt
<i>Hippuris</i>	H3		200	-	125	-	ohne Käfig
	H4	84	-	848			
<i>Ranunculus</i>	R5				1575	-	ohne Käfig
	R7		2203	-	825	-	ohne Käfig
	R2	-	57				evtl. Probleme beim Anwachsen

3.3 Einfluss der Wasservögel auf die Pflanzenentwicklung im Itzelberger See

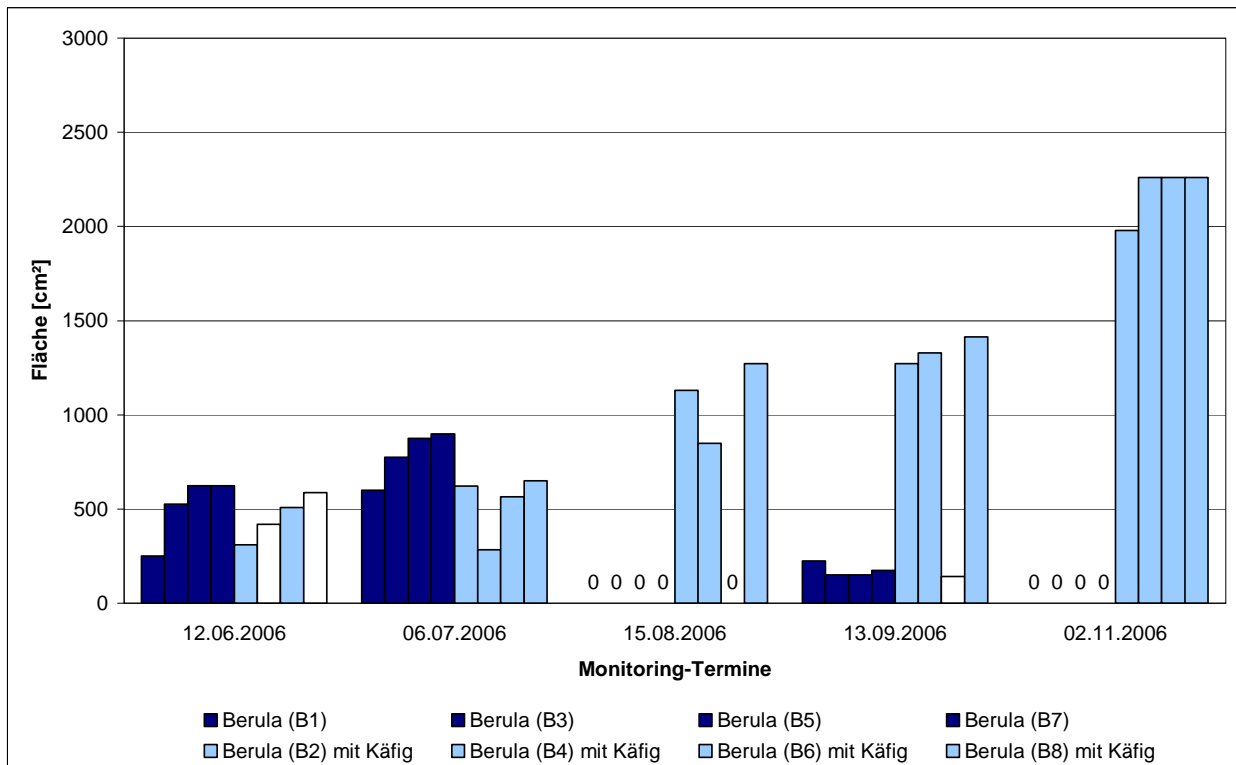


Abb. 8: Entwicklung von *Berula* im Itzelberger See. Die Pflanzen B2, B4, B6 und B8 waren mit einem Käfig bedeckt.

Die Pflanzenentwicklung der vier verschiedenen Pflanzenarten ist in den beiden Versuchsvarianten mit und ohne Käfig unterschiedlich verlaufen.

In Abb. 8 ist die Entwicklung von *Berula* mit bzw. ohne Käfig verglichen. An den ersten beiden Monitoring-Terminen waren die mit einem Käfig bedeckten Pflanzen von *Berula* noch etwas kleiner als die Pflanzen ohne Käfig. Zwischen dem 6. Juli 2006 und dem 15. August 2006 sind alle *Berula* ohne Käfig sowie eine Pflanze aus der Versuchsvariante mit Käfig ausgefallen. Bis zum 13. September 2006 sind diese fünf Pflanzen zwar wieder ausgetrieben, waren aber mit einer Fläche von maximal 225 cm² nur sehr klein. Außer der Pflanze B6 sind alle Pflanzen mit Käfig kontinuierlich gewachsen. Am 2. November 2006 sind alle vier *Berula* ohne Käfig erneut ausgefallen.

Schon vor dem ersten Monitoring-Termin sind bei *Hippuris* ohne Käfig die Pflanzen H1 und H7 ausgefallen. In der Variante mit Käfig ist H6 nicht vorhanden. In Abb. 9 sind die Entwicklungen von *Hippuris* ohne Käfig bzw. mit Käfig nebeneinander gestellt.

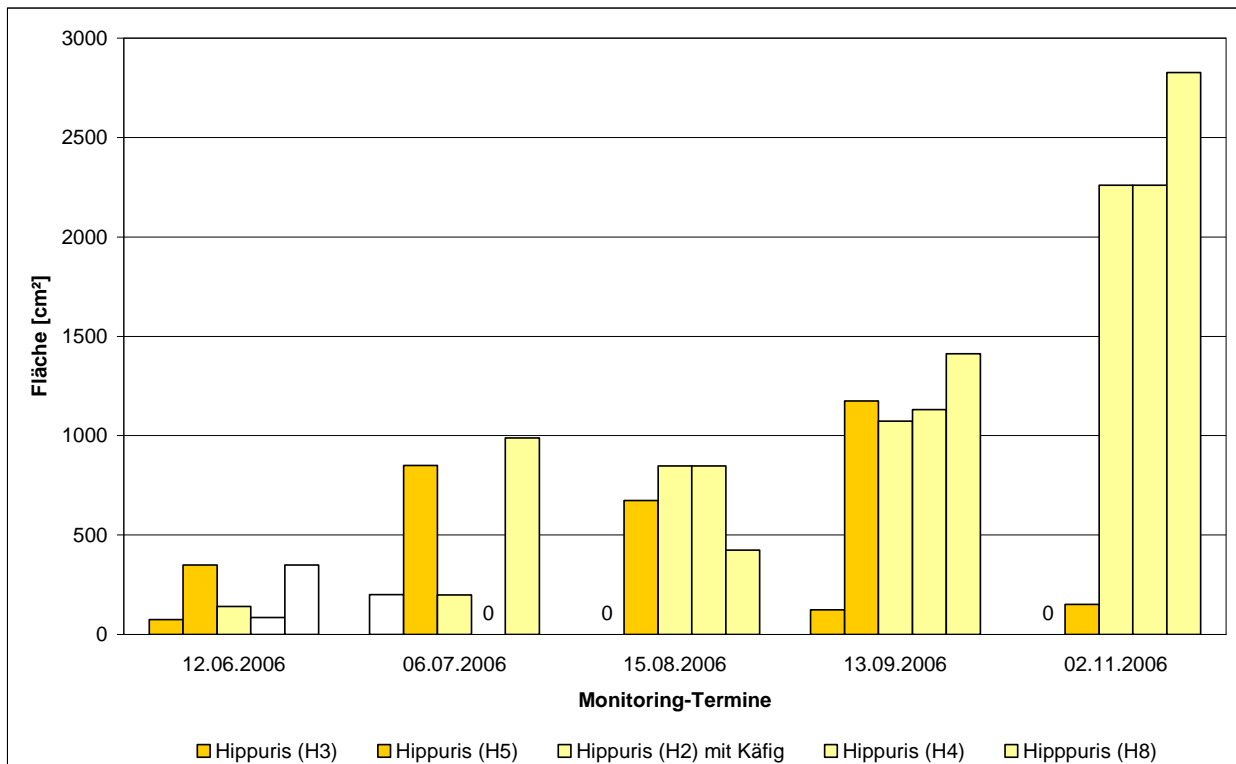


Abb. 9: Pflanzenentwicklung bei *Hippuris* im Itzelberger See. Die Pflanzen H2, H4 und H8 waren mit einem Käfig bedeckt.

In der Variante ohne Käfig haben sich die beiden Pflanzen H3 und H5 sehr verschieden entwickelt. Die Pflanze H3 blieb während der gesamten Versuchsdauer eine recht schwache und kleine Pflanze, die an den zwei Monitoring-Terminen im August und November 2006 sogar ausgefallen ist. Die Pflanze H5 konnte sich bis zum 13. September ähnlich entwickeln wie die Pflanzen der Variante mit Käfig. Allerdings waren am 13. August auch an dieser Pflanze deutliche Fraßspuren zu sehen (Abb. 11). Am 2. November 2006 ging ihre Fläche auf nur noch 150 cm² zurück.

Im Versuchsverlauf ist bei der Variante mit Käfig am 06. Juli die Pflanze H4 ausgefallen, hat sich aber bis zum nächsten Monitoring-Termin am 15. August 2006 wieder erholt und war gleich groß wie die Pflanze H2 im Käfig. Allerdings wurden am 13. September 2006 bei H2 außerhalb des Käfigs auf einer Fläche von 0,5 m² weitere ca. 50 cm lange Triebe gefunden (Abb. 10). Die Fläche der Pflanze H8 ist zwischen dem 6. Juli und dem 15. August 2006 um über 50 % zurückgegangen. Trotzdem hatte diese Pflanze am 2. November 2006 die größte Fläche aller *Hippuris* im Itzelberger See.



Abb. 10: *Hippuris* (H2) am 13. September 2006. Außerhalb des Käfigs hat die Pflanze aus unterirdischen Ausläufern Triebe gebildet.

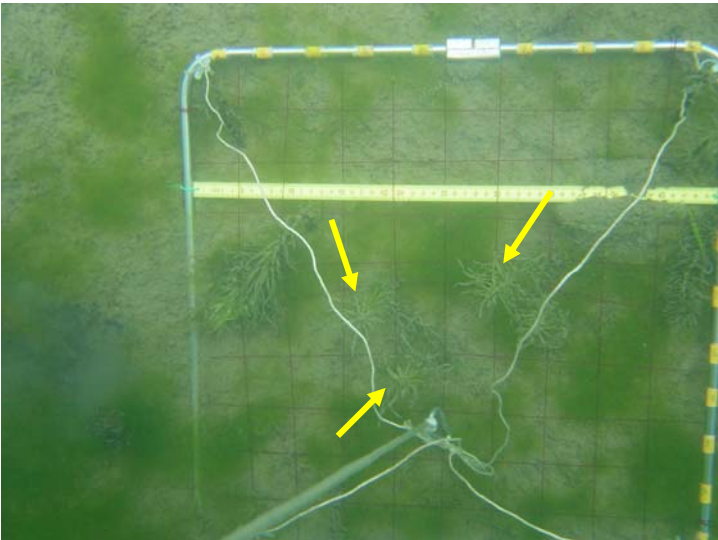


Abb. 11: *Hippuris* (H5) am 13. August 2006 mit deutlichen Fraßspuren (Pfeile).

Von den Versuchspflanzen bei *Ranunculus* sind die Pflanzen R1 und R6 nach dem Umpflanzen in den Itzelberger See nicht angewachsen. Die Entwicklung der angewachsenen *Ranunculus* ist in Abb. 12 dargestellt. Zu Versuchsbeginn bedeckten die *Ranunculus* ohne Käfig eine größere Fläche als die *Ranunculus* mit Käfig. Ab dem 15. August 2006 konnte jedoch ein Rückgang der Fläche der *Ranunculus* ohne Käfig beobachtet werden. Während die größte Pflanze ohne Käfig 13. September 2006 eine Fläche von nur 1575 cm² bedeckte, erreichten die *Ranunculus* in den Käfigen eine Deckung von bis zu 100 % der Käfigfläche (2826 cm²). Sie bedeckten nicht nur die gesamte Grundfläche der Käfige, sondern füllten die Käfige auch in der Vertikalen vollständig aus.

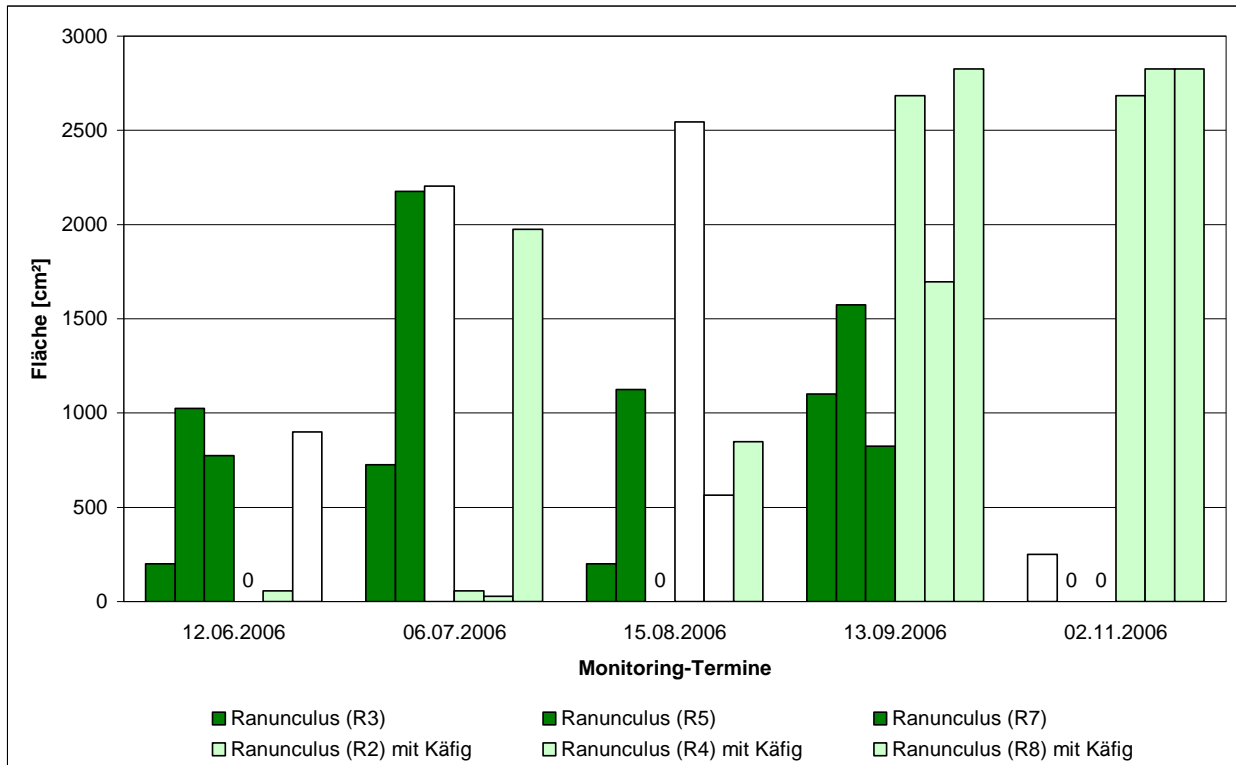


Abb. 12: Entwicklung von *Ranunculus* im Itzelberger See. R2, R4 und R8 waren mit einem Käfig bedeckt.

Auffällig ist der Flächenverlust bei R8 zwischen dem 6. Juli und dem 15. August 2006. Die Fläche ging von 1975 cm² im Juli auf 847 cm² im August zurück. Bis zum 13. 2006 September konnte sich diese Pflanze aber wieder erholen und erreichte eine Fläche von 2826 cm². In der Zeit vom 13. September bis zum 2. November 2006 konnten die *Ranunculus* in den Käfigen weiter an Fläche dazu gewinnen. Zwei der drei Pflanzen ohne Käfig sind jedoch vollständig ausgefallen. Die Fläche von R3 ging zurück auf 250 cm².

Callitriche ist die einzige Pflanzenart, bei der während der gesamten Versuchszeit keine Pflanze ausgefallen ist. Abb. 13 zeigt die Entwicklung von *Callitriche* mit bzw. ohne Käfig. Wie bei *Ranunculus* waren auch die *Callitriche* im Käfig in den ersten Monaten nach Versuchsbeginn etwas kleiner. Ab dem 15. August 2006 bedeckten aber die *Callitriche* mit Käfig eine größere Fläche als die *Callitriche* ohne Käfig. Wie gut *Callitriche* auch außerhalb des Käfigs wachsen kann, ist in Abb. 14 zu sehen.

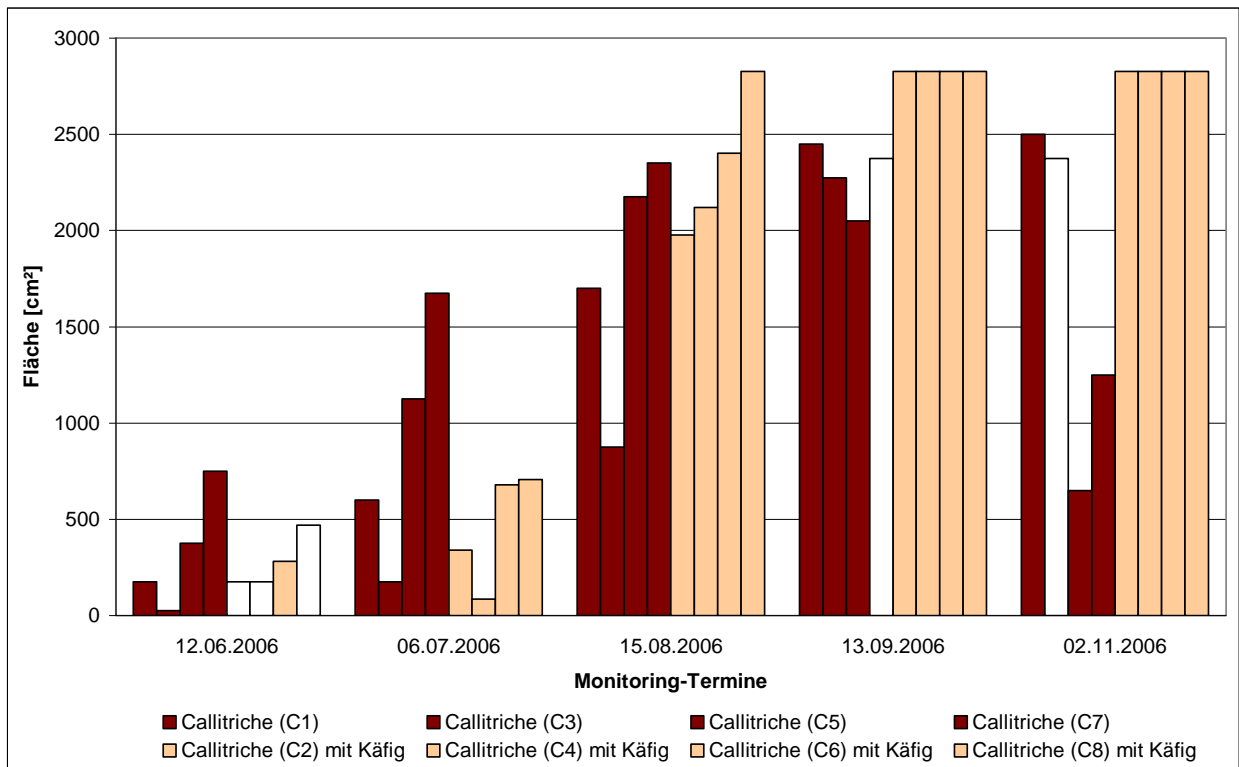


Abb. 13: Entwicklung von *Callitriche* im Itzelberger See. C2, C4, C6 und C8 waren mit einem Käfig bedeckt.



Abb. 14: *Callitriche* (C8) am 13.09.2006

4. Diskussion

Die der Donau zufließenden Karstgewässer der Schwäbischen Alb zeichnen sich meist durch eine reichhaltige und starkwüchsige Unterwasservegetation aus. Dies war auch für die Brenz noch zu Beginn der 1990er Jahre der Fall, wie die Untersuchungen von KAHNT et al. (1989) zeigen. Allerdings konnte KAHNT (1989) bereits 1987 keine Wasserpflanzen mehr im Itzelberger See feststellen und machte die mächtige Schlammschicht im Sediment dafür verantwortlich. Wegen der umfangreichen Mäh- und Kompostierarbeiten beantragte das AMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND BODENSCHUTZ ELLWANGEN 1991 beim Umweltministerium Baden-Württemberg sogar Mittel für ein „Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zur Reduzierung der Gewässerunterhaltung – Wasserkraut an den Karstgewässern Brenz und Egau“ (PUNZEL 1993). In diesem Zusammenhang erstellte PUNZEL (1993) eine Literaturstudie zur Ökologie der in der Brenz vorkommenden Arten und zu den Wirkungen des Wasserkrautschnittes. 1994 wurde eine Kartierung der Brenz durchgeführt (FRITZ et al. 1994), wobei nach SCHÜTZ (1992) bereits in den 60er und 70er Jahren Flussbegradigung und zunehmende Eutrophierung durch kommunale Abwässer und diffuse Einträge aus der Landwirtschaft zu einem Verschwinden von Arten bzw. zu einem Rückzug in den oberen Teil der Brenz führten.

Die Situation änderte sich Ende der 1990er Jahre, als aus ungeklärter Ursache im Oberlauf der Brenz und im Itzelberger See die Makrophyten stark zurück gingen und sich anstelle so genannte Krötenhäute ausbreiteten. Auf einem Symposium im Juli 1999 wurden Ursachen und mögliche Maßnahmen diskutiert, die zu einer Wiederbesiedlung der Makrophyten führen könnten. In dessen Folge wurde im Itzelberger See eine Entschlammungsmaßnahme durchgeführt.

In der vorliegenden Untersuchung sollte grundsätzlich geklärt werden, ob die Wuchsbedingungen im Itzelberger See grundsätzlich geeignet für das Wachstum von höheren Wasserpflanzen sind und ob sich möglicherweise die Anwesenheit von herbivoren Wasservögeln hemmend auf die Wiederausbreitung von Wasserpflanzen auswirkt.

Die grundsätzliche Eignung des Itzelberger Sees als Wuchsort für höhere Wasserpflanzen kann nach den Ergebnissen bestätigt werden. Alle umgepflanzten Arten sind angewachsen und konnten im Laufe der Vegetationsperiode an Masse zulegen. Allerdings ergaben sich Unterschiede im Standort, wobei vor allem *Berula* und *Hippuris* Unterschiede zeigten.

Im Vergleich zu den Kontrollen haben sich *Berula* und *Hippuris* im Itzelberger See zu wesentlich größeren Pflanzen entwickelt, was vermutlich auf geringeren Lichteintrag an den Kontrollstandorten zurückgeführt werden kann. An den Standorten der Kontrollen lag im Falle von *Berula* eine Beschattung durch Bäume vor. Zusätzlich verfiel sich an den Markierungspflöcken des Öfteren Pflanzenmaterial, was zeitweise zu Beschattung der Kontrollpflanzen führte.

Auch innerhalb des Itzelberger Sees konnten Unterschiede im Pflanzenwachstum in den beiden Transekten beobachtet werden. Die Pflanzen auf der Ostseite waren kleiner und schlechter entwickelt als die Pflanzen auf der Nordseite. Bereits bei der Bepflanzung der Transekte fiel auf, dass die schlammige Sedimentschicht am Ostufer viel dicker war als am Nordufer. Bei einer früheren Entschlammungsmaßnahme wurde hier wahrscheinlich der Schlamm nicht vollständig abgesaugt. Der Untergrund des Transekts am Nordufer besteht aus mineralischen Aufschüttungen, auf denen nur eine dünne Schicht organischen Sediments abgelagert ist. Offensichtlich ist dieser Standort besser für die Ansiedelung von Wasserpflanzen geeignet. Betrachtet man die Pflanzenentwicklung der anderen Arten, stellt sich heraus, dass auch *Ranunculus* die Nordseite bevorzugt. *Callitriche* kann auf beiden Standorten gut wachsen.

Hohe organische Gehalte im Sediment führen zu anaeroben Bedingungen im Sediment und zur Freisetzung von pflanzentoxischen Substanzen wie Ammonium und Schwefelwasserstoff, die zu reduziertem Wachstum führen können (DREW & LYNCH 1980, BARKO & SMART 1986, BARKO et al. 1991). Derartigen Bedingungen können manche Arten durch aktiven Transport von Sauerstoff in den Wurzelraum begegnen, wobei dieses Vermögen bei verschiedenen Arten unterschiedliche ausgeprägt ist und sich deshalb Unterschiede im Wachstum zeigen können (BARKO et al. 1991).

Von den vier ausgepflanzten Pflanzenarten hat sich außerhalb der Fraßschutzkäfige *Berula* am schlechtesten entwickelt. An zwei Monitoring-Terminen waren keine Sprosssteile diese Art mehr zu finden. Auch *Hippuris* hatte sich außerhalb der Fraßschutzkäfige ähnlich schlecht entwickelt. Allerdings konnten sich hier, von den Pflanzen im Käfig ausgehend, einige große Triebe auch außerhalb des Käfigs etablieren. Bei *Ranunculus* konnte ebenfalls beobachtet werden, dass an denselben Monitoring-Terminen wie *Berula* und *Hippuris* die Deckung stark zurückging oder der oberirdische Teil der Pflanzen nicht mehr vorhanden war. *Callitriche* ist die einzige Art in dem Versuch, die an diesen Terminen an Deckung zunehmen konnte. Innerhalb der Fraßschutzkäfige konnten sich jedoch alle Arten gut etablieren und an Masse zulegen.

Eine Veränderung der Wasserqualität kann also nicht der Grund für den Rückgang bzw. Ausfall der Pflanzen gewesen sein. Außerdem waren die Pflanzen in Pfefferquelle, Brenztopf und Oberlauf der Brenz in optimalem Zustand, so dass auch Umpflanzeffekte ausgeschlossen werden können. Als Ursache für den starken Rückgang der nicht durch Käfige geschützten Pflanzen einiger Arten lag der Fraß durch Wasservögel nahe. Am Itzelberger See leben neben einigen Stockenten, vielen Blesrallen und einem Pärchen Mandarinenten auch ca. 14 Kanadagänse. Diese Gänseart ernährt sich rein vegetarisch. Da nur Pflanzen ohne Käfig geschädigt wurden, liegt die Vermutung nahe, dass die Kanadagänse die Triebe der Wasserpflanzen in den Transekten abgefressen haben. Vor allem *Berula* und *Hippuris*, aber auch *Ranunculus* werden bevorzugt gefressen. An diesen Pflanzenarten waren eindeutige Fraßspuren zu sehen. *Callitriche*

scheint eine eher unbeliebte Futterpflanze zu sein. Jedenfalls waren *Callitriche*-Pflanzen ohne Käfig kaum durch Fraß geschädigt. *Callitriche* konnte sich sogar in anderen Parzellen der Transekte, an Käfiggittern und entlang des Seeufers bis in tiefere Teile des Itzelberger Sees ausbreiten und zum Teil recht große Polster bilden. Große Schäden an den ausgepflanzten Wasserpflanzen wurden nur in der Zeit vom 6. Juli bis 15. August 2006 und zwischen dem 13. September und 2. November 2006 festgestellt. In diesen Zeiträumen müssen die Versuchspflanzen eine attraktive Nahrungsquelle dargestellt haben. Auch die Ufervegetation wies verstärkte Fraßspuren auf. Wasserpflanzen stellen einen guten Teil der Nahrung für einige Wasservogelarten, wobei vor allem in den Wintermonaten von rastenden Wasservogelschwärmen z. T. große Mengen konsumiert werden (SONDERGARD et al. 1996, NOLET 2004, SCHMIEDER et al. 2006). Neben den Kanadagänsen kommen auch die omnivoren Blesrallen (*Fulica atra*) als Wasserpflanzenkonsumenten in Frage, die eine Wiederbesiedlung des Itzelberger Sees mit Wasserpflanzen behindern. Eine selbständige spontane Wiederbesiedlung mit Wasserpflanzen ist im Itzelberger See zudem erschwert, weil nach den Entschlammungsmaßnahmen kaum mehr Diasporen im Sediment enthalten sind (SCHMIEDER et al. 2005), aus denen sich neue Pflanzen entwickeln können. Wenn doch einmal aus Diasporen Jungpflanzen entstehen, werden diese wenigen Pflanzen vermutlich sofort abgefressen. Lediglich der Wasserstern scheint bei den Wasserpflanzenkonsumenten wenig beliebt zu sein. Bei dieser Art konnten sich sowohl die umgepflanzten Sprosse außerhalb der Fraßschutzkäfige, als auch viele Spontanvorkommen im Jahr 2006 sehr gut entwickeln.

5. Zusammenfassung

In der vorliegenden Untersuchung konnte gezeigt werden, dass die Wachstumsbedingungen im Itzelberger See grundsätzlich für verschiedene Arten höherer Wasserpflanzen geeignet sind. Eine spontane Wiederbesiedlung mit bestimmten Arten wird vermutlich durch Wasservogelfraß verhindert, wobei wahrscheinlich vor allem eine Kolonie von Kanadagänsen das Aufkommen von Wasserpflanzen verhindert. Lediglich *Callitriche* scheint kaum konsumiert zu werden, so dass sich sowohl gepflanzte als auch spontane ungeschützte Vorkommen im Laufe der Vegetationsperiode 2006 gut entwickeln konnten.

6. Danksagung

An der vorliegenden Studie waren Personen beteiligt, denen an dieser Stelle gedankt werden soll. Vor allem Herrn G.-H. Zeltner und Herrn R. Smetana waren bei der Umpflanzaktion und bei Monitoringkampagnen behilflich. Für die Finanzierung der Studie sei dem Regierungspräsidium Stuttgart herzlich gedankt.

7. Literatur

- BARKO, J. W. & R. M. SMART (1986): Sediment-related mechanisms of growth limitation in submersed macrophytes. *Ecology* 67: 1328-1340.
- BARKO, J. W., D. GUNNISON et al. (1991): "Sediment interactions with submersed macrophyte growth and community dynamics." *Aquatic Botany* 41: 41-65.
- DREW, M. C. & J. M. LYNCH (1980): Soil anaerobiosis, microorganisms, and root function. *Ann. Rev. Phytopathol.* 18: 37-66.
- FRITZ R., G.-H. ZELTNER & A. KOHLER (1994): Flora und Vegetation der Brenz und der Hürbe (Ostalb) – Ihre Entwicklung von 1987 bis 1993 - . *Hohenheimer Umwelttagung* 26: 233-238.
- KAHNT U., W. KONOLD, G.-H. ZELTNER, & A. KOHLER (1989): Wasserpflanzen in Fließgewässern der Ostalb, Verbreitung und Ökologie – Ökologie in Forschung und Anwendung (2), Verlag Josef Markgraf, Weikersheim.
- NOLET, B. A. (2004): Overcompensation and grazing optimisation in a swan-pondweed system? *Freshwater Biol.* 49 (11): 1391-1399.
- PUNZEL, M. (1993): Verkrautung von Fließgewässern. *Handbuch Wasser* 2: 8, 64 S.
- SCHMIEDER, K., VEIT, U., HASSAN, S. (2005): Untersuchungsprogramm Brenz Oberlauf/Itzelberger See. - Forschungsbericht Universität Hohenheim, Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie.
- SCHMIEDER K., WERNER S., BAUER H.-G. (2006): Submersed macrophytes as a food source for wintering waterbirds at Lake Constance. *Aquat. Bot.* 84: 245–250.
- SCHÜTZ, W. (1992): Struktur, Verbreitung und Ökologie der Fließgewässerflora Oberschwabens und der Schwäbischen Alb. *Diss. Botanicae* 192, Stuttgart: 195 S.
- SONDERGAARD, M., L. BRUUN, T. LAURIDSEN, E. JEPPESEN & T. V. MADSEN (1996): The impact of grazing waterfowl on submerged macrophytes: In situ experiments in a shallow eutrophic lake. *Aquatic Botany* 53: 73-84.

Adresse der Autoren:

Cand. Agr. Biol. Heike Spitzbarth, PD Dr. Klaus Schmieder
 Universität Hohenheim
 Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie –320-
 Fachgebiet Landschaftsökologie und Vegetationskunde
 Ökologiezentrum 2, August-von-Hartmann Str. 3
 70599 Stuttgart

Korrespondenz:

Tel. +49 (0)711 459 23608, Fax +49 (0)711 459 22831
 theobroma@web.de
 schmied@uni-hohenheim.de

Zur Problematik der „Lusitanischen“ Floren- und Faunen-Elemente in Irland.

Waren die ersten Iren Portugiesen?

Björn Schäfer

Abstract

According to current knowledge, people from Great Britain colonized Ireland. They passed a land bridge connecting England and Ireland at the outgoing Ice age. Due to floristic and faunistic evidence, this theory has to be questioned. Based on the so-called Lusitanian elements and comparative studies on Irish and Iberian vegetation, an Iberian origin of first settlers has to be discussed.

Keywords: Ice-Edge-Corridor, Mesolithic people

Einleitung

Die allgemeine Lehrmeinung vertritt die Ansicht, dass die Besiedelung Irlands nach der letzten Eiszeit vom Europäischen Festland über England erfolgte. Der folgende Beitrag stellt diese Theorie aufgrund botanischer und zoologischer Indizien in Frage und diskutiert eine mögliche Erstbesiedelung Irlands ausgehend von der iberischen Halbinsel.

Diskussion

Am Ende der letzten Eiszeit begannen Pflanzen, Tiere und Menschen damit, sich aus den Refugien entlang des Mittelmeeres, in denen sie die Eiszeit überdauert haben in Richtung Norden auszubreiten. Ausbreitungskorridore waren Küsten, Flüsse und Täler. Auf diesem Weg erfolgte eine Wiederbesiedelung von Mitteleuropa, England und Irland. Letztere waren während der letzten Eiszeit aufgrund des tiefer gelegenen Meeresspiegels über Landbrücken mit dem europäischen Festland verbunden (LANG, 1994, FOSTER 1998, PARFITT et al. 2005). Hierbei kam es zu einer typischen Vegetationsabfolge, da sich weniger kälteempfindliche *Salix*- und *Betula*-Arten bereits zu einem Zeitpunkt ausbreiten konnten, als sich empfindlichere Arten wie *Fagus sylvatica* L. und *Tilia platyphyllos* Scop. noch in Refugien in Südeuropa befanden.

Was unterscheidet Irland von England und vom europäischen Festland? In erster Linie ist es die geringere Anzahl von Tier- und Pflanzenarten. So finden sich in Irland natürlich nur 27 Säugetierarten im Gegensatz zu 150 Säugern auf dem Europäischen Festland. Ursache für dieses Phänomen ist die Tatsache, dass die Landverbindung durch den ansteigenden Meeresspiegel zu einem Zeitpunkt unterbrochen wurde, als sich diese Arten noch in der Ausbreitung befanden, die englische Küste aber noch nicht erreicht hatten.

Erstaunlicherweise findet sich im Südwesten von Irland eine Gruppe von Pflanzen und Tieren, die neben Irland auch auf der Iberischen Halbinsel vorkommen, in England und Frankreich aber fehlen. PRAEGER (1939) hat für diese

Arten den Begriff „Hiberno-Iberian“ oder „Lusitanische Elemente“ geprägt. Hierbei handelt es sich um Arten wie *Arbutus unedo* L., *Bufo calamita* Laur., *Daboecia cantabrica* (Huds.) K. Koch, *Erica erigena* R. Ross, *Erica mackai-ana* Bab., *Geomalacus maculosus* Allman, *Neotinea intacta* (Link) Reichb., *Pinguicula grandiflora* Lam., *Saxifraga hirsuta* L. und *Saxifraga spathularis* Brot. Diese Arten sollen Irland über die Landbrücke am Ende der ersten Eiszeit erreicht haben, und zwar nachdem sie sich von der Iberischen Halbinsel aus entlang der Atlantikküste bis nach England ausgebreitet haben. Aufgrund des günstigen Klimas haben diese Arten dann im Südwesten Irlands überlebt und sind in England und Frankreich ausgestorben. Hier stellt sich die Frage wie es sein kann, dass eine Gruppe von mediterranen Arten, die aufgrund ihrer Physiologie hohe Anforderungen an die Temperatur stellen, es geschafft hat, die Landbrücke zu einem Zeitpunkt zu überqueren, als robustere, für Mitteleuropa typische Arten wie Buche (*Fagus sylvatica*) und Linde (*Tilia platyphyllos*) diese noch nicht erreicht hatten. Kurzum, wie schafft es eine mediterrane Nacktschnecke wie *Geomalacus maculosus* Irland zu erreichen, während Hermelin (*Mustela erminea*) L. und Maulwurf (*Talpa europaea* L.) in Irland fehlen.

Beim Vergleich der mediterran anmutenden Pflanzengesellschaften von Killarney in Südwest-Irland mit Bergwaldstandorten der Serra de Monchique in Portugal ergeben sich auffällige Parallelen. Nicht nur dass man an beiden Standorten auf Vertreter der „Lusitanischen Elemente“ trifft, auch unter den anderen Arten ergeben sich häufig Übereinstimmungen. So trifft man am Ufer der Seen von Killarney in Irland und auf den Gipfeln der Serra de Monchique in Portugal auf lichte Eichenwälder mit einer Strauchschicht aus *Arbutus unedo* und *Ilex aquifolium* L. und einer Krautschicht aus *Blechnum spicant* (L.) Roth, *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn und *Rubia peregrina* L.. Auf den Zweigen der Eichen wächst epiphytisch *Polypodium vulgare* L. Um die Stämme winden sich *Hedera helix* L. und *Lonicera periclymenum* L.

Angenommen die „Lusitanischen Elemente“ sind unabhängig voneinander über eine Landverbindung eingewandert, warum sind diese Arten in der Folgezeit in England, vor allem aber an der wärmeren französischen Atlantikküste ausgestorben? Und warum haben sie auf Ihrem Weg keine Spuren hinterlassen?

Im Grunde bleibt nur eine plausible Erklärung: Diese Arten haben Irland auf direktem Weg von der Iberischen Halbinsel erreicht. Hier kommt der Mensch ins Spiel. Es steht außer Frage, dass Menschen die letzte Eiszeit auf der Iberischen Halbinsel überlebt haben (PEREIRA et al. 2005) Weiterhin gilt es als gesichert, dass der Mensch während der letzten Eiszeit Amerika erreicht hat (BRADLEY & STANFORD 2004), wobei man annimmt, dass er sich ähnlich der Inuit entlang der Treibeisgrenze bewegt hat. In diesem Fall stellt sich die Frage, warum er nicht auch Irland erreicht hat. Man weiß, dass der Südwesten Irlands während der letzten Eiszeit zumindest teilweise eisfrei war (DAHL 1946, ELLENBERG 1963, LANG 1994). Ist der Mensch den Vogelschwärmen in ihre

Brutgebiete gefolgt, die sich zum damaligen Zeitpunkt mit Sicherheit auch im Norden befunden haben, so hat ihn sein Weg zwangsläufig nach Irland geführt. Hier traf er bereits zu einem frühen Zeitpunkt auf eine eisfreie Landschaft. Haben solche Wanderbewegungen über einen langen Zeitraum stattgefunden, so war es auf diesem Weg möglich, eine nahezu komplette Pflanzengesellschaft im Gepäck von der Iberischen Halbinsel nach Irland zu transportieren, und zwar inklusive kleinerer Tiere wie der Kerry Slug (*Geomalacus maculosus*) und der Kreuzkröte (*Bufo calamita*). Somit lässt sich auch die enge genetische Verwandtschaft zwischen den Iberern und Iren erklären, die sich nicht nur auf Menschen beschränkt sondern sich beispielsweise auch im Genom irischer Eichen wieder findet (MUIR et al. 2004), deren engste Verwandte sich ebenfalls in Südeuropa befinden.

Schlussfolgerung

Aufgrund dieser Indizien muss zumindest die Möglichkeit diskutiert werden, ob die erste menschliche Besiedlung von Irland nicht wie bisher angenommen über das Europäische Festland und England, sondern über die Iberische Halbinsel erfolgte.

Literatur

- BRADLEY, B. & STANFORD, D. (2004): The North Atlantic Ice-Edge Corridor: A possible palaeolithic route to the New World. *World Archaeology* 36, Nr. 4, 459-478.
- DAHL, E. (1946): On different types of unglaciated areas during the Ice Ages and their significance to phytogeography. *New Phytologist*, Vol. 45, No. 2: 225-242.
- ELLENBERG, H. (1963): *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*. Eugen Ulmer, Stuttgart, 943 Seiten.
- FOSTER, J. W. (1998): *Nature in Ireland: A scientific and cultural history*. The Lilliput Press LTD, Dublin, 658 Seiten.
- LANG, G. (1994): *Quartäre Vegetationsgeschichte Europas*. Gustav Fischer Verlag, Jena, 462 Seiten.
- MUIR, G.; LOWE, A. J.; FLEMING, C. C.; VOGL, C. (2004): High nuclear genetic diversity, high levels of outcrossing and low differentiation among remnant populations of *Quercus petraea* at the margin of its range in Ireland. *Annals of Botany* 93: 691-697.
- PARFITT, S. A.; BARENDREGT, R. W.; BREDA, M.; CANDY, I.; COLLINS, M. J.; COOPE, G. R.; DURBIDGE, P.; FIELD, M. H.; LEE, J. R.; LISTER, A. M.; MUTCH, R.; PENKMAN, K. E. H.; PREECE, R. C.; ROSE, J.; STRINGER, C. B.; SYMMONS, R.; WHITTAKER, J. E.; WYMER, J. J.; STUART, J. A. (2005): The earliest record of human activity in Northern Europe. *Nature* 438: 1008-1012.

- PEREIRA, L.; RICHARDS, M.; GOIOS, A.; ALONSO, A.; ALBARRÁN, C.; GARCIA, O.; BEHAR, D. M.; GÖLGE, M.; HATINA, J.; AL-GAZALI, L.; BRADLEY, D. G.; MACAULAY, V.; AMORIM, A. (2005): High-resolution mtDNA Evidence for the late-glacial resettlement of Europe from an Iberian refugium. *Genome Research* 15: 19-24.
- PLATTS, E. A. & SPEIGHT, M. C. D. (1988): The taxonomy and distribution of the Kerry Slug *Geomalacus maculosus* Allman, 1843 (Mollusca: Arionidae) with a discussion of its status as a threatened species. *Irish Naturalists' Journal*, 22: 417-430.
- PRAEGER, R. L. (1939): *The way that I went: An Irishman in Ireland*. Methuen & Co., Ltd., London, 394 S.

Anschrift des Autors:

Dipl. Biol. Björn Schäfer
Universität Hohenheim
Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie –320-
Fachgebiet Landschaftsökologie und Vegetationskunde
Ökologiezentrum 2
August-von-Hartmann Str. 3
D-70599 Stuttgart

Korrespondenz:

Tel. +49 (0)711 459-24086
Fax +49 (0)711 459-22831
schaebjo@uni-hohenheim.de