

Universität für Bodenkultur Wien

# : bokuINSIDE I

Präsentationen der  
BOKU-Forschungsstimulierung I



Herbert Hager [Hrsg.]  
Vizerektor für Forschungsangelegenheiten

## ***boku*INSIDE I**

Präsentationen der BOKU-Forschungsstimulierung I

Impressum

**bokuINSIDE I**

Präsentationen der BOKU-Forschungsstimulierung I

Cover: Instant, Design GmbH  
Layout & Satz: grafzyx.at  
Korrektur: Hermine Roth, Dr. Ingeborg Sperl  
Druck: Facultas AG

© Vizerektor für Forschungsangelegenheiten  
Universität für Bodenkultur Wien, 2002

Herausgeber:  
Ao.Univ.Prof. DI Dr. Herbert Hager  
Vizerektor für Forschungsangelegenheiten  
Universität für Bodenkultur Wien  
Peter Jordan-Straße 82  
A-1190 Wien, Austria  
Tel.: +43/(0)1/47654-4121  
Fax: +43/(0)1/47654-4123  
email: hager@mail.boku.ac.at

Redaktion:  
Hermine Roth  
Vizerektorat für Forschung / Forschungsservice  
Universität für Bodenkultur Wien  
Gregor Mendel-Straße 33  
A-1180 Wien, Austria  
Tel.: +43/(0)1/47654-2604  
Fax: +43/(0)1/47654-2603  
email: hroth@mail.boku.ac.at  
website: <http://www.boku.ac.at/research/>

**Universität für Bodenkultur Wien**

# ***boku*INSIDE I**

Präsentationen der  
BOKU-Forschungsstimulierung I



**Vizektor für Forschungsangelegenheiten**





*Leopold März  
Rektor  
Universität für Bodenkultur Wien*

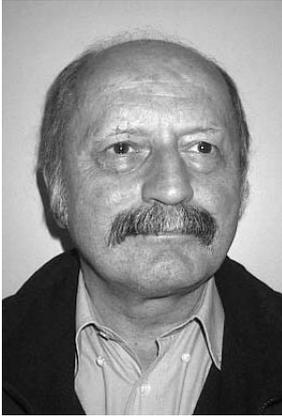
## ***Geleitwort***

Seit drei Jahren existiert an der BOKU ein spezifisches Forschungsstimulierungsprogramm. Zur Erinnerung: Aufgrund einer geschickten internen Ressourcenoptimierung gelang es, die Forschungswirksamkeit des BOKU-Budgets zu erhöhen. Ein wesentlicher Gesichtspunkt für die Vergabe der zur Verfügung stehenden Mittel ist der Versuch, die Perspektivenentwicklung der Universität zu unterstützen, dabei Interdisziplinarität zu fördern und vor allem jene Forschungsansätze zu unterstützen, die in der traditionellen Projektförderung unter Umständen Schwierigkeiten haben, erfolgreich zu sein. In den drei Jahren des Bestehens dieses Programms konnten beachtliche Erfolge erzielt werden. Bereits im Rahmen des BOKU-Kongresses wurden Schwerpunktbereiche erkennbar, die mit Sicherheit für die großen Entwicklungslinien der BOKU typisch sein werden.

Kritik gegenüber diesem Forschungsstimulierungsprogramm bezog sich zum Teil darauf, dass gewisse thematische Fokussierungen erwünscht und vorgeschlagen wurden. Die Universitätsleitung steht aber im Sinne des vorhin Gesagten dazu und ist der Ansicht, dass dieses Programm in dieser Form auch weitergeführt werden soll. Immerhin gibt uns der Erfolg Recht, denn außeruniversitäre Stellen haben sich in der Zwischenzeit bereit erklärt, einige der geförderten Projekte budgetär mitzutragen. Das heißt also, dass es auch außeruniversitär eine beachtliche Wahrnehmung dieser Initiative gibt. Nach drei Jahren Bilanz zu ziehen, ist sinnvoll und geboten. Daher kommt es zu dieser Dokumentation, für deren Zustandekommen ich speziell dem Vizerektor für Forschungsangelegenheiten und Evaluierung Prof. Hager und seinem Team herzlich danke.

Leopold März





*Herbert Hager  
Vizekanzler für Forschungsangelegenheiten  
Universität für Bodenkultur Wien*

## ***Vorwort***

**bokuINSIDE I**, zwölf Berichte zu Forschungsprojekten an der Universität für Bodenkultur Wien liegen Ihnen vor. Was ist so besonders daran? Ist es nicht selbstverständliche Aufgabe einer jeden Forscherin, jedes Forschers, an einer Universität Forschung zu betreiben und die Ergebnisse zu veröffentlichen? Nur so kann nämlich erwartet werden, dass auch die akademische Lehre dem letzten Stand des Wissens entspricht. Was ist also das Besondere? Bei den vorliegenden Forschungsberichten handelt es sich um Berichte von Forschungsvorhaben, die von der Universität für Bodenkultur Wien im Rahmen der internen Forschungsstimulierung gefördert wurden. Im Jahre 1999 wurde erstmals diese Forschungsstimulierung vom Rektor ausgeschrieben und aus eigenen Budgetmitteln bedeckt, die durch Einsparungen im Betriebsaufwand erzielt wurden. Anstatt die eingesparten Budgetmittel im "Gießkannenprinzip" auf Fakultäten und Institute aufzuteilen, wurden die Mittel dazu verwendet um interdisziplinäre Forschung in den relevanten Kompetenzfeldern unserer Universität, die mit den Begriffen: "Lebensraum und Lebensqualität", "erneuerbare und nachwachsende Ressourcen", "Lebensmittel, Ernährung und Gesundheit" umschrieben werden können, aus eigener Kraft zu fördern und entsprechende Schwerpunkte bzw. Akzente zu setzen. Die Ausschreibung richtete sich an alle Forscherinnen und Forscher an der BOKU, wobei besonders die jüngeren Kolleginnen und Kollegen ermuntert wurden sich zu beteiligen und sich zu interdisziplinären Teams zusammenzufinden. Die Universität für Bodenkultur Wien hat damit als erste österreichische Universität aktive Forschungsförderung im eigenen Bereich durch sparsamen Umgang mit den Budgetmitteln ermöglicht.

Die Ausschreibung der Forschungsstimulierung erbrachte 45 Projektanträge mit einem benötigten Finanzvolumen, das bei weitem die vorhandenen Mittel überstieg. Obwohl die Mehrzahl der Projektanträge von sehr guter wissenschaftlicher Qualität waren, wie ein internes Review board feststellte, konnte nur eine beschränkte Anzahl von Anträgen gefördert werden. Von den zwölf bestgereihten und geförderten Projekten liegen Ihnen nun, nach dem Projektende im ersten Halbjahr 2002, die Abschlussberichte vor.

Betrachten Sie das vorliegende Druckwerk als eine Visitenkarte der Universität für Bodenkultur Wien, die Ihnen Einblick in die wissenschaftlichen Kompetenzfelder der "alma mater viridis" gibt.

Herbert Hager



## Inhalt

Information .....	11
Rhizosphärenprozesse: Modellierung und experimentelle Bestimmung der Wechselwirkungen zwischen Metallen und von der Wurzel exudierten organischen Liganden <b>Walter Wenzel</b> .....	13
Untersuchungen zu Bodenwasserhaushalt und Abflussverhalten von karbonatischen Standorten im Quellschutzwald der Stadt Wien. Differenzierung nach unterschiedlichen forstlichen Bestockungstypen <b>Eduard Hochbichler</b> .....	19
MOVE – Mobilitäts- und Versorgungserfordernisse im strukturschwachen ländlichen Raum als Folge des Strukturwandels <b>Gerd Sammer</b> .....	27
Lawinenkundliche und waldbauliche Analyse des Katastrophenwinters 1998/99 und Erstellung eines Standardverfahrens zur dynamisierten Ermittlung lawinengefährdeter Bereiche mit dem Ziel einer verbesserten Katastrophenprävention <b>Helmut Fuchs</b> .....	35
Schweinefleischerzeugung im Stolba-Familienstall: Ermittlung von Kennzahlen von der Erzeugung bis zur Vermarktung und Optimierung des Systems <b>Thomas Amon</b> .....	43
Ackerbrachen als Resultanten und Determinanten des Strukturwandels im ländlichen Raum – Ökologische und sozioökonomische Grundlagen zur Landnutzungsoptimierung <b>Wolfgang Holzner</b> .....	51
Produkte aus modifiziertem Holz: Eigenschaften und Märkte <b>Barbara Hinterstoisser</b> .....	57
Flavonoid-Extrakte aus heimischen Kulturpflanzen <b>Friedrich Altmann</b> .....	67
RAALSA: Ein regionalisiertes Agrarsektormodell zur Abschätzung des landwirtschaftlichen Strukturwandels im österreichischen Alpenraum <b>Markus Hofreither</b> .....	73
Untersuchung über den Einfluss von Fusarientoxinen auf die Mast- und Schlachtleistung von Masthühnern und Bilanzen über die Metabolisierung bzw. Ausscheidung der Mykotoxine durch die Tiere <b>Rudolf Leitgeb</b> .....	79
Nachhaltigkeit in der Lebensmittelproduktion: Kumulierter Energieaufwand für Trennprozesse <b>Senad Novalin</b> .....	87
Entwicklung von fernerkundungsgestützten Methoden zur Erfassung und Bewertung von wildökologischen Korridoren als Grundlage landschaftspflegerisch-naturschutzfachlicher Planungen <b>Hermann Schacht</b> .....	93

<b>Anhang</b>	
BOKU-Forschungsservice .....	101
BOKU-Forschungsdatenbank .....	103
Institutsliste .....	105

## Information

Die Universität für Bodenkultur Wien war 1999 erstmals – und 2001 zum zweiten Mal – durch Einsparungen im Betriebsaufwand in der Lage für die **interne Forschungsstimulierung** Budgetmittel zur Verfügung zu stellen. Diese wurden nicht nach dem "Gießkannenprinzip" aufgeteilt, sondern ausschließlich für **interdisziplinäre, BOKU-relevante Forschungsprojekte** verwendet.

Die BOKU verfolgt dabei das Ziel, aus eigener Kraft **aktive Forschungsförderung in Schwerpunktbereichen** zu betreiben und die wissenschaftliche Zusammenarbeit innerhalb der BOKU zu unterstützen.

Daher geben die Ausschreibungsbedingungen in der Themenauswahl auch eine strategische Richtlinie vor. Gefördert werden mehrjährige (2–3 Jahre) Forschungsprojekte, in denen institutsübergreifend gearbeitet und hauptsächlich der wissenschaftliche Nachwuchs involviert werden soll.

**Im ersten Halbjahr 2002 wurden die Projekte der ersten Forschungsstimulierung 1999 abgeschlossen. Im Rahmen einer Präsentationsreihe im November/Dezember 2002 werden die Ergebnisse den BOKU-Kollegen und einem interessierten Fachpublikum vorgestellt.**

Die Reihe besteht aus vier Vortragsterminen, bei denen ausgewählte, jeweils fachlich zusammenpassende Themen präsentiert werden:

Die Termine sind:

### **12. November 2002, 16 h s.t.**

W. WENZEL "Rhizosphärenprozesse: Modellierung und experimentelle Bestimmung der Wechselwirkungen zwischen Metallen und von der Wurzel exudierten organischen Liganden"

E. HOCHBICHLER "Untersuchungen zu Bodenwasserhaushalt und Abflussverhalten von karbonatischen Standorten im Quellschutzwald der Stadt Wien. Differenzierung nach unterschiedlichen forstlichen Bestockungstypen"

### **19. November 2002, 16 h s.t.**

G. SAMMER "MOVE – Mobilitäts- und Versorgungserfordernisse im strukturschwachen ländlichen Raum als Folge des Strukturwandels"

H. FUCHS "Lawinkundliche und waldbauliche Analyse des Katastrophenwinters 1998/99 und Erstellung eines Standardverfahrens zur dynamisierten Ermittlung lawinengefährdeter Bereiche mit dem Ziel einer verbesserten Katastrophenprävention"

### **26. November 2002, 16 h s.t.**

T. AMON "Schweinefleischerzeugung im Stolba-Familienstall: Ermittlung von Kennzahlen von der Erzeugung bis zur Vermarktung und Optimierung des Systems"

W. HOLZNER "Ackerbrachen als Resultanten und Determinanten des Strukturwandels im ländlichen Raum – Ökologische und Sozioökonomische Grundlagen zur Landnutzungsoptimierung"

### **3. Dezember 2002, 16 h s.t.**

B. HINTERSTOISSER "Produkte aus modifiziertem Holz: Eigenschaften und Märkte"

F. ALTMANN "Flavonoid-Extrakte aus heimischen Kulturpflanzen"

**Ort:** Festsaal, Universität für Bodenkultur Wien,  
Gregor Mendel-Straße 33, A-1180 Wien

Zur Begleitung wurde die vorliegende **Publikation "bokuINSIDE I"** erstellt, die Beiträge von allen geförderten Projekten der ersten BOKU-Forschungsstimulierung enthält.



## Rhizosphärenprozesse: Wechselwirkung zwischen Metallen und Wurzelaktivitäten

### *Rhizosphere Processes: Interactions between metals and root activities*

#### Projektteam

Ursprünglich waren Arbeitsgruppen der BOKU-Institute "Bodenforschung", "Chemie" und "Ökologischer Landbau" sowie das Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft (BFL) am Projekt beteiligt. Mit fortschreitender Projektdauer konnte das Team um weitere wichtige Partner ergänzt werden, welche die Expertise erweitert und abgerundet haben:

BOKU-Institute: Institut für Bodenforschung: Walter W. Wenzel, Markus Puschenreiter, Walter J. Fitz, Andrea Schnepf, Michael Stemmer, Axel Mentler, Peter Sommer, Gerlinde Wieshammer; Institut für Chemie, Arbeitsgruppe Analytische Chemie: Gerhard Stingeder, Gunda Köllensperger, Johanna Nurmi, Katharina Kantisar, Stephan Hann; Institut für Ökologischer Landbau: Bernd Freyer, Jürgen Friedel, Corinne Kobel; Zentrum für Angewandte Genetik, Arbeitsgruppe Mikrobielle Genetik: Joseph Strauss, Markus Gorfer.

Externe Institute und Firmen: Uni Wien, Institut für Ökologie und Naturschutz, Abteilung Chemische Pflanzenphysiologie: Gert Bachmann, Peter Schweiger; TU Wien, Institut für Festkörperphysik: Thomas Schrefl; Austrian Research Centers Seibersdorf: Othmar Horak; Bundesamt für Landwirtschaft: Michael Pfeffer; Technisches Büro für Bodenkultur, Wien: Gottfried Wieshammer; sYsan – Eibensteiner& Riedler, Linz: Christian Riedler.

#### Zusammenfassung

Im Rahmen des BOKU-Forschungsschwerpunktes "Rhizosphärenprozesse" konnten durch die Nutzung von Synergien zwischen BOKU-internen und externen Institutionen wesentliche Fortschritte in der Erarbeitung methodischer Grundlagen für die Rhizosphärenforschung und in der Aufklärung von Rhizosphärenprozessen bei metallakkumulierenden Pflanzen geleistet werden. Die Ergebnisse dieser Grundlagenforschung haben zur Entwicklung von Patenten (Österreich, USA) auf ein neuartiges Verfahren zur Sanierung metallverunreinigter Böden mit Hilfe von Pflanzen und Rhizosphärenmanagement beigetragen. Populärwissenschaftliche und begutachtete Publikationen in Fachjournals und Büchern begleiten die Forschung. Der Wissenstransfer wurde durch Kooperationen mit kommunalen und privaten Partnern gesichert.

#### Abstract

*The interdisciplinary project "Rhizosphere Processes" funded by BOKU was dedicated to develop rhizosphere research tools and to assess methodological aspects of their application. Using these tools, we explored interactions of metals with processes occurring in the rhizosphere of metal-hyperaccumulating plants. The results of this fundamental research ultimately contributed to the development of patented plant-rhizosphere based technologies for the clean-up of metal-polluted soils. Moreover, results were disseminated through publications in peer-reviewed journals and books, contributions to scientific meetings and communicated to the public via television, broadcasting and a variety of newspapers and technical journals. Knowledge transfer was ensured through cooperation with communities, public authorities and the private sector.*

## 1 Wissenschaftliche Ergebnisse

### 1.1 Wozu Rhizosphärenforschung?

Die Rhizosphäre ist die Schnittstelle zwischen Pflanzenwurzeln und Boden und unterscheidet sich in wesentlichen Eigenschaften vom nicht durchwurzelten Boden. Pflanzenwurzeln scheiden Substanzen aus, welche die Verfügbarkeit von Nähr- und Schadstoffen ändern und die mikrobielle Aktivität beeinflussen. Rhizosphärenprozesse sind in vielen Bereichen noch weitgehend ungeklärt, jedoch aufgrund ihrer großen Bedeutung für Pflanzenwachstum nicht nur in ihren grundlegenden Aspekten interessant, sondern auch im Hinblick auf anwendungsorientierte Fragestellungen. Rhizosphären-Management wird zunehmend als Schlüsseltechnologie in der biologischen Landwirtschaft oder in Umwelttechnologien wie der z.B. Phytosanierung betrachtet, da über die gezielte Einflussnahme der Verfügbarkeit von Nähr- und Schadstoffen Ertragsleistung und Pflanzengesundheit einerseits, und Entzug von Schadstoffen andererseits optimiert werden können.

### 1.2 Entwicklung von "rhizosphere research tools" und methodische Arbeiten zur Erforschung von Rhizosphärenprozessen

Da in der Literatur beschriebene Systeme gravierende Nachteile aufweisen wurde ein neuartiges Rhizobox-System zur Erfassung von Rhizosphärenprozessen mit einer Auflösung im Millimeterbereich entwickelt, welches bereits in *Plant and Soil* publiziert wurde.

Ein wesentlicher Vorteil der von uns entwickelten Rhizobox ist ihre vielseitige Verwendbarkeit. Bei der Gestaltung wurde das Prinzip des "Baukastensystems" konsequent umgesetzt. Dadurch lassen sich mit ein und dem selben System durch Austausch von "Modulen" verschiedene Untersuchungsmethoden und -ziele verfolgen: Konventionelles Schneiden von Rhizosphärenboden, Anwendung von Mikrosonden für pH- und Redox Messungen in verschiedenem Abstand zu Pflanzenwurzel, Einsatz von selbstgebauten Mini-Lysimetern.

Die Gewinnung von Wurzelexsudaten stellt ein generelles Problem in der Rhizosphärenforschung dar. Meist werden Exsudate



Abb. 1: Seitenansicht des neu entwickelten Rhizobox-Systems, Einsatz von pH und Redox-Mikroelektroden

in Nährlösungsversuchen gewonnen. Diese unterscheiden sich jedoch qualitativ und quantitativ stark von bodengewachsenen Pflanzen. Deshalb haben wir ein Exsudatkollektor-Modul für unsere Rhizobox entwickelt, um Wurzelabscheidungen von Pflanzenwurzeln mit Bodenkontakt zu sammeln.

Weiters wurden methodische Fragestellungen im Zusammenhang mit der Verwendung der Rhizoboxen bearbeitet. Diese Arbeiten resultierten in einer Optimierung des Vorschubs (Schnittdicke) beim Schneiden von Rhizosphärenböden mit Hilfe eines Gefriermikrotoms sowie in der Optimierung der Probenvorbehandlung

für mikrobielle Untersuchungen an Rhizosphärenböden und zur Miniaturisierung mikrobieller und chemischer Analytik im Hinblick auf die oftmals geringen Probenmengen bei Rhizoboxexperimenten.

### 1.3 Versuchsergebnisse zu speziellen Fragestellungen Entdeckung eines Arsen-Hyperakkumulators, Rhizosphärenprozesse von Arsen-Hyperakkumulatoren

Eine Forschergruppe aus Florida entdeckte erst kürzlich den ersten Arsen-Hyperakkumulator, den Farn *Pteris vittata* L. (Ma et al.

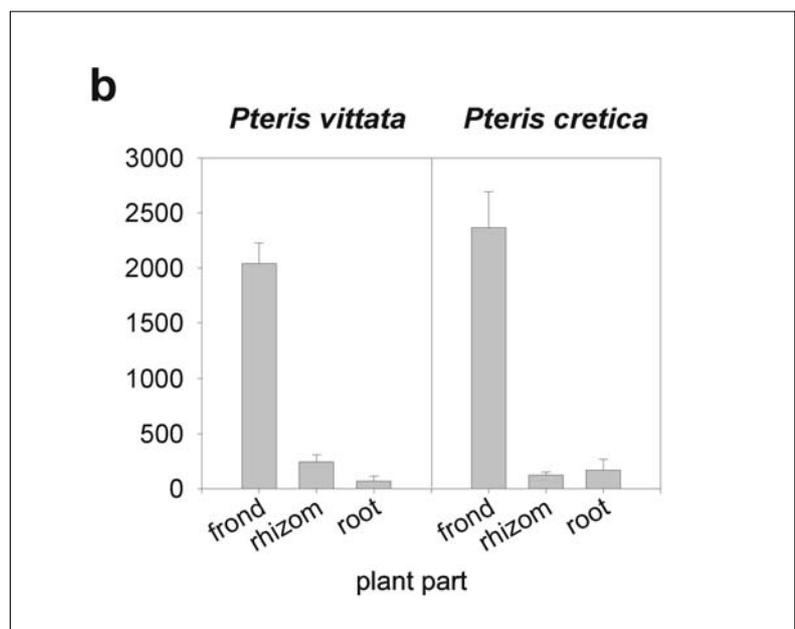
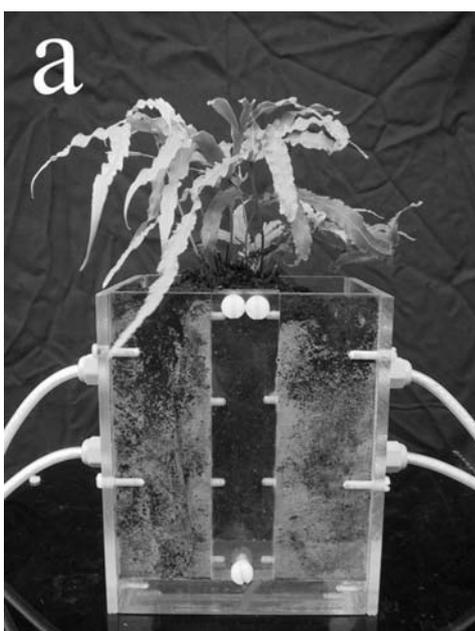


Abb. 2: (a) der neue entdeckte As-Hyperakkumulator *Pteris cretica*  
(b) Arsen Konzentrationen in Wedeln, Rhizomen und Wurzeln von *Pteris vittata* und *Pteris cretica*

2001). In einem vergleichenden Rhizoboxversuch mit dem nahen Verwandten *Pteris cretica* L. (Abb.1a) haben wir gefunden, dass diese Pflanze ebenfalls als As-Hyperakkumulator klassifiziert werden kann.

Beide Farne reduzierten den Pool des nicht-spezifisch gebundenen Arsen in der Rhizosphäre um 30 bzw 20%. Diese Abnahme konnte jedoch nur 9.2 (*P.vittata*) bzw. 13.8% (*P.cretica*) der Arsenakkumulation in den Farnen erklären. Dies zeigt, dass As-Hyperakkumulatoren in hohem Maße As aus fester gebundenen Fraktionen mobilisieren und aufnehmen können. Mit Hilfe der neuartigen Technik von "diffusive gradients in thin-fims" (DGT) haben wir Stoffflüsse im Boden gemessen. Beide Hyperakkumulatoren zeigten reduzierte As-Flüsse in der Rhizosphäre zu Ende des Experiments (*P.cretica*: -12.6%, *P.vittata*: -19.3%), ein Indiz für verringerte Bioverfügbarkeit nach nur einer Ernte. Dies ist von grundlegender Bedeutung für die Reinigung metallbelasteter Böden mittels Phytoextraction, da auf eine rasche Reduktion des Risikos geschlossen werden kann.

#### Rhizobox-Versuch mit dem Metall-Hyperakkumulator *Thlaspi goesingense* Hálácsy

In einem Rhizoboxversuch wurde der Einfluß von Wurzelaktivität auf austauschbare und lösliche Metallfraktionen in der Rhizosphäre des Nickel-Hyperakkumulators *Thlaspi goesingense* untersucht. In Abb. 3 ist die Konzentration von Cr, Ni und Zn im wässrigen Extrakt (a) bzw. von Ni und Zn im  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ -Extrakt (b) in Abhängigkeit von der Entfernung zur Wurzelebene

(b) dargestellt. In Abb. 3a ist erkennbar, dass die Lösungskonzentration aller Metalle mit abnehmendem Abstand zur Wurzel deutlich ansteigt. Dieser Anstieg ist auf eine Wurzel-induzierte Mobilisierung der Metalle zurückzuführen. In Abb. 3b ist hingegen eine Abnahme der austauschbaren Fraktion in Wurzelnähe erkennbar, die mit dem starken Entzug von Nickel durch die Pflanze erklärbar ist. Der pH-Wert in der Rhizosphäre zeigte keine Änderung, während der Gehalt an gelöstem organischen Kohlenstoff (DOC) deutlich anstieg (Daten nicht dargestellt). Die erhöhte DOC Konzentration ist auf die Ausscheidungen von Wurzelexsudaten zurückzuführen, die durch Chelatisierung von Metallen die Pflanzenverfügbarkeit (vgl. Anstieg der Metallkonzentration im wässrigen Extrakt) erhöhen.

#### Gradienten mikrobieller Biomasse und Aktivität in der Rhizosphäre von Raps (*Brassica napus* L.)

Ziel dieser Untersuchung war es, den Einfluss der Rhizosphäre von Raps (*Brassica napus* L.) auf die mikrobielle Biomasse hinsichtlich Quantität ( $C_{mic}$ ,  $N_{mic}$ ), Aktivität (Enzymaktivität) und Diversität (Phospholipidfettsäure-Muster) zu untersuchen. Die Rhizosphäre von Raps hat einen signifikanten Einfluss auf die mikrobielle Biomasse,  $C_{mic}$  und  $N_{mic}$  zeigten bereits nach 7-tägigem Wurzelwachstum eine ausgeprägte Zunahme Richtung Wurzelebene. Bei den Bodenenzymaktivitäten konnte kein Einfluss der Rhizosphäre festgestellt werden. Alle ermittelten Aktivitäten blieben mehr oder weniger konstant über den Abstand zur Wurzelebene und über die Wurzelwachstumszeit. Dabei zeigte die Phosphatase (bei Boden-pH) mit Aktivitäten von  $3.5 \pm 0.2$  nmol MUF  $g^{-1}$  TS  $h^{-1}$  die höchsten Aktivitäten, gefolgt von der  $\beta$ -Glucosidase ( $0.4 \pm 0.1$  nmol MUF  $g^{-1}$  TS  $h^{-1}$ ) und der  $\beta$ -Xylosidase ( $0.06 \pm 0.02$  nmol MUF  $g^{-1}$  TS  $h^{-1}$ ). Im Allgemeinen liegt besonders bei den Hydrolasen ein großer Anteil der aktiven Enzyme extrazellulär im Boden vor. Da die Ausgangsenzymaktivität des Untersuchungsboden im Vergleich zu anderen mineralischen Böden hoch war, ist zu vermuten, dass ein zusätzlicher Input an Enzymaktivität durch die Zunahme der mikrobiellen Biomasse in der Rhizosphäre nicht oder erst nach längerer Ausbildungsdauer der Rhizosphäre messbar wird.

Die Summe der Phospholipidfettsäuren (PLFA) kann als Maß für die aktive mikrobielle Biomasse betrachtet werden. Vergleicht man die PLFA-Summe der wurzelfernen Proben mit dem Mittelwert der PLF-Summe der sechs Rhizosphärenbodenabschnitte (0.5–4 mm) ergibt sich wie bei *Cmic* eine erhöhte mikrobielle Biomasse im Rhizosphärenbereich.

## 2 Darstellung des Outputs

### 2.1 Publikationen

#### In referierten Journalen

FITZ W.J. & WENZEL W.W: Arsenic Transformations in the Soil – Rhizosphere – Plant System: Fundamentals and Potential Application to Phytoremediation J. Biotechnol., accepted (Impact factor 2000: 1,311)

FITZ, W.J., W.W. WENZEL & A. MENTLER, 2002: Phytoremediation of arsenic-polluted soils. Mitt. Österr. Bodenkundl. Ges., in press.

FITZ, W.J., W.W. WENZEL, G. WIESHAMMER & B. ISTENIC: Microtome sectioning causes artifacts in rhizobox experiments. Plant Soil, submitted. (Impact factor 2000: 1,218).

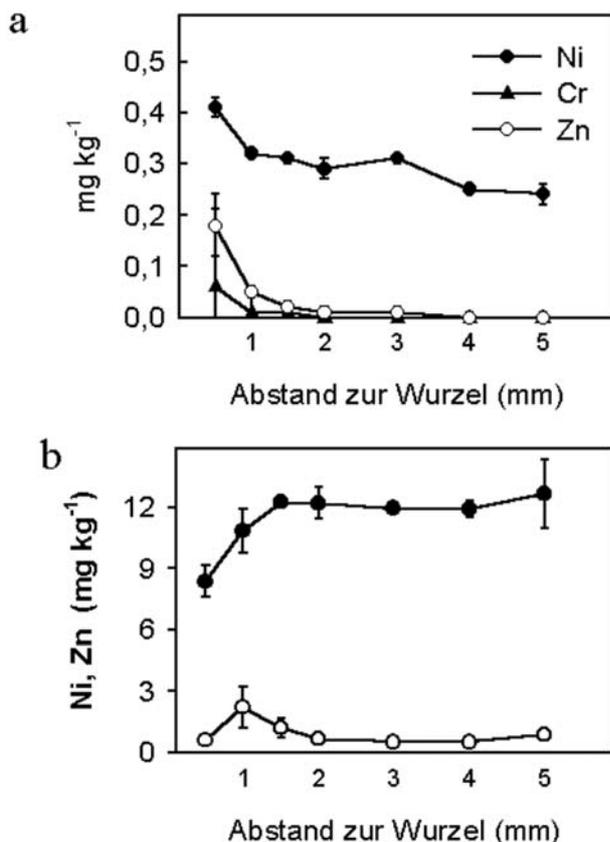


Abb. 3: Konzentration von (a) Cr, Ni und Zn im wässrigen Extrakt, und (b) von Ni und Zn im  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ -Extrakt (b) in Abhängigkeit von der Entfernung zur Wurzelebene

- KÖLLENSPERGER, G. J. NURMI, S. HANN, G. STINGEDER, W.J. FITZ & W.W. WENZEL, 2002: CE-ICP-SFMS and HPIC-ICP-SMFS for arsenic speciation in soil solution and water extracts. *J. Anal. Atom. Spectrom.*, in press. (Impact factor 2000: 3,488)
- PUSCHENREITER, M., W.J. FITZ, A. SCHNEPF, P. SOMMER, R. UNTERBRUNNER, G. WIESHAMMER & W.W. WENZEL, 2002: Phytosanierung und Rhizosphärenprozesse. *Mitt. Österr. Bodenkundl. Ges.*, in press.
- PUSCHENREITER, M., STÖGER, G., LOMBI, E., HORAK, O. and WENZEL, W.W. (2001) Phytoextraction of heavy metal contaminated soils with *Thlaspi goesingense* and *Amaranthus hybridus*: Rhizosphere manipulation using EDTA and ammonium sulfate. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 146 (6): 615–621 (Impact factor 2000: 0,567).
- PUSCHENREITER, M., A. SCHNEPF, W.J. FITZ, O. HORAK, W.W. WENZEL. Rhizosphere processes involved in Ni hyperaccumulation by *Thlaspi goesingense* Halacsy, in prep.
- PUSCHENREITER, M., S. WIECZOREK, O. HORAK and W.W. WENZEL. 2002. Chemical changes in the rhizosphere of hyperaccumulators and hypertolerant plants. *Plant Soil*, submitted (Impact factor 2000: 1,218).
- SCHNEPF A., T. SCHREFL and WENZEL. 2002. The suitability of pde-solvers in rhizosphere modeling, exemplified by three mechanistic rhizosphere models. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, in press. (Impact factor 2000: 0,567).
- SCHNEPF, A. & W.W. WENZEL, 2002: Modellierung von Rhizosphärenprozessen: Bioverfügbarkeit von Schwermetallen. *Mitt. Österr. Bodenkundl. Ges.*, in press.
- WENZEL, W.W., M. BUNKOWSKI, M. PUSCHENREITER & O. HORAK: Rhizosphere characteristics of indigenously growing nickel hyperaccumulator and excluder plants on serpentine soil. *Environ. Poll.*, accepted.
- WENZEL, W.W., G. WIESHAMMER, W.J. FITZ & M. PUSCHENREITER: Novel rhizobox design to assess rhizosphere characteristics at high spatial resolution. *Plant & Soil* 237: 37–45. (Impact factor 2000: 1,218).
- WENZEL, W.W., R. UNTERBRUNNER, P. SOMMER & P. SACCO: Chelate-assisted phytoextraction using canola (*Brassica napus* L.) in outdoors pot and field-lysimeter experiments. *Plant & Soil*, in press, (Impact factor 2000: 1,218).

#### Buchkapitel (peer review)

- GOBRAN, G., W.W. WENZEL & E. LOMBI (eds.), 2000: Trace elements in the rhizosphere. CRC Press, Boca Raton, Florida, 321 p.
- LOMBI, E., W.W. WENZEL, G.R. GOBRAN & D.C. ADRIANO, 2000: Dependence of phytoavailability of metals on indigenous and induced rhizosphere processes. In: GOBRAN, G., E. LOMBI & W.W. WENZEL (eds.): Trace elements in the rhizosphere. CRC Press, Boca Raton, Florida, p 3–24.
- WENZEL, W.W., E. LOMBI & D.C. ADRIANO, in press: Root and rhizosphere processes in metal hyperaccumulation and phytoremediation technology. – In: PRASAD, N.M.V. & J. HAGEMeyer (eds.): Heavy metal stress in plants – from molecules to ecosystems, 2nd ed., Springer Verlag, Heidelberg.

- WENZEL, W.W., W.J. FITZ, Sequestration of arsenic by plants: rhizosphere effect and As uptake mechanisms, Buchkapitel, Eingeladen R. Naidu, CSIRO Adelaide, in Vorbereitung.
- WENZEL, W.W., M. PUSCHENREITER, W.J. FITZ, A. SCHNEPF, Methodical Approaches, Improvements In: Rhizosphere: From Principles to Optimized (or improved) Management for Sustainable Agriculture and a Better Environment (and Stable Ecosystems), Buchkapitel, Eingeladen von P. Hinsinger und V. Römheld, in Vorbereitung.

#### Sonstige Buchkapitel

- WIESHAMMER, G., WENZEL, W., TLUSTOS, P., ZHAO, F., GOBRAN, G., 2002, Die Rhizosphäre – Biochemischer Reaktor und verborgenes technologisches Potential im wurzelnahen Boden, in Vorbereitung.
- Darüber hinaus wurden im Rahmen zahlreicher Konferenzen Ergebnisse des Projekts präsentiert (>40 Abstracts von Vortrags- und Posterbeiträgen). Die Titel der Konferenzen sind unter "Veranstaltungen" aufgelistet.

#### Populärwissenschaftliche Beiträge

##### Zeitungen:

Der Standard: 4.10.2000; Die Presse: 6.3.2002; Neue Kronenzeitung: 1.3.2002, 6.3.2002; Wiener Zeitung: 2.1.2001, 22.11.2001; Umweltjournal: 03/2001; Pro Umwelt: 2/2001; U-Express: 1.10.2001; Verkehr & Umwelt: 12/2001; Neues Volksblatt: 6.3.2002

##### Fernsehen:

3Sat: Nano, 13.03.2001; ORF: Modern Times 16.03.2001; Zeit im Bild 3, 21.11.2001; Willkommen Österreich, 13.12.2001; Wien Heute, 10.03.2002

##### Radio:

ORF: Dimensionen, Wissenschaftssendung von Ö1, 20.11.2001; Ö1 Abendjournal, 5.3.2002; Radio Wien Nachrichten, 5.3.2002; Radio Kärnten, Radio Kärnten – Journal, 20.5.2002

##### Internet:

ORF: <http://www.orf.via.at/modern.times/magazin/ausgaben/200154/stories/5405.asp>  
3sat: <http://www.3sat.de/nano/bstuecke/16661/index.html>

#### 2.2 Folgeprojekte

Stimuliert durch den BOKU-Forschungsschwerpunkt "Rhizosphäre" konnte eine Expertise aufgebaut werden die wiederum in die Planung und Einreichung von weiteren Projekten mündete. Projekte bei denen BOKU-Institute die Projektleitung innehaben, sind mit \* gekennzeichnet.

#### Genehmigte Projekte

- Die Rolle von Rhizosphären-Mikroorganismen bei der Hyper-Toleranz und Hyper-Akkumulation von Schwermetallen in Pflanzen auf Serpentin, FWF, \*
- CE und CE-ICP-SFMS in der Rhizosphärenforschung, FWF, \*
- Rhizosphärenprozesse bei Phytosanierung: Erfassung, Modellierung und Management, BM für Bildung, Wissenschaft und Kultur,\*
- Phytosanierung und Phytoprävention im urbanen Raum: Kombinierte Verfahren zur Bodendekontamination und Reinigung von Abwässern. Stadt Wien,\*

- Selektion von Pflanzen aus der Flora von Kazachstan zur Verringerung der Schwermetalltoxizität in Kazachstan. EU-INTAS-Projekt,
- Innovative Technologies for Remediation of Landfills and Contaminated Soils – INTERLAND. KA-Projekt,
- COST Action 631 Understanding and Modelling Plant-Soil Interactions In the Rhizosphere Environment (UMPIRE), EU-Projekt,\*
- Pilotprojekt zur Phytosanierung mit Rhizosphärenmanagement auf Sardinien / Italien. Kooperation mit Fa. BIOCHEM

### Eingereichte Projekte

- Netzwerk Rhizosphäre, BOKU,\*
- Modeling of rhizosphere processes: The application of single root models to quantify processes involved in metal and metalloid bioavailability and plant uptake, FWF,\*
- Exploiting Microbial Biodiversity for Remediation of Arsenic Contaminated Ecosystems (EMBRACE), EU-Projekt,
- Enhanced phytoextraction for remediation and sustainable use of agricultural land contaminated with lead (EPRALL), EU-Projekt,\*
- Reintegration of coal ash disposal sites and mitigation of pollution in the west balkan area (RECOAL), EU-Projekt,\*
- Expressions of Interest für das 6. Rahmenprogramm der Europäischen Kommission:
  - Understanding and Utilising Plant-Soil-Microbe Interactions in the Rhizosphere (U2-RHIZ-NoE) – Network of Excellence,\*
  - Sustainable Management of Landscapes affected by Land-Use Change (SUS-LAND) – Integrated Project,
  - Pro-ecological nutrient management strategies in sustainable fruit production (ECOFRUITS) – Integrated Project,
  - Arsenic exposure to ecosystems and human health: managing the problem (ASPOSURE) – Integrated Project,
  - Innovative Technologies for Remediation of Landfills and Contaminated Soils (INTERLAND) – Network of Excellence,
  - Soil use and protection for sustainable development (SOIL-NET) – Network of Excellence

### Projekte in Vorbereitung

- Role of Rhizosphere processes and mycorrhiza in arsenic-hyperaccumulation and -tolerance, FWF,\*
- Mobilisation of fixed potassium and ammonium in the rhizosphere of arable crops under conditions of low-nutrient-input farming systems, FWF,\*
- Plant and rhizosphere processes associated with heavy metal accumulation in willows and poplars. EUREKA-FWF,\*
- Phytosanierung und Rhizosphärenmanagement als nachhaltige Technologie zur Sicherung unserer Lebensräume, BBK,\*
- Untersuchung des Einflusses von Veränderungen der Bodentemperatur durch Erdkollektorsysteme auf die Wurzelentwicklung von Pflanzen sowie auf die Quantität der mikrobiellen Biomasse im Boden, Land Niederösterreich

## 2.3 Diplomarbeiten & Dissertationen

(inkl. Ingenieur-Arbeiten und Ausbildung von AuslandsstudentInnen)

### Abgeschlossene Diplomarbeiten

- Gisela C Burguera Hoek: "Metal Accumulation by Willow and Poplars. Role of Microbial Associations: Implications for Phy-

to-remediation" (Bachelor Thesis). 2001. Brandenburg Technische Universität Cottbus, durchgeführt am Institut für Bodenforschung.

- Gerhard Wurzer: "Wurzelexudation des Nickel-Hyperakkumulators *Thlaspi goesingense*". Institut für Bodenforschung.
- Corinne Kobel: Bestimmung der mikrobiellen Biomasse mit der Chloroform-Fumigations-Extraktions-Methode in unterschiedlichen Abständen von der Wurzeloberfläche von *Brassica napus* – Optimierung der Probenvorbehandlung und der Methodik. 2001. Institut für Ökologischen Landbau.
- Simone Wiczorek: Beiträge zur Phytosanierung metallbelasteter Substrate – *Thlaspi*-Arten. 2002. Technische Universität Freiberg, durchgeführt am ARC Seibersdorf und Institut für Bodenforschung.
- Bernhard Draxl: Rhizosphere models – A database. 2002. Institut für Bodenforschung.
- Ivar Lanting und Flip Broertjes, Phytoextraction capabilities of heavy metals by Aspen and Goat Willow. 2002. Van Hall Institut, Leeuwarden, Niederlande, durchgeführt am Institut für Bodenforschung.

### Dissertationen in Arbeit

- Andrea Schnepf: "Modellierung von Rhizosphärenprozessen" (Abschluss Ende 2002)
- Walter Fitz: "Fate of As in the rhizosphere" (Abschluss Ende 2002)
- Katherina Kanitsar: "CE-ICPMS for Rhizosphere Studies"
- Nurmi Johanna: "Hyphenation of ICP-MS to separation techniques – metal speciation studies"

### Durchgeführte Diplomarbeiten (von HTL-SchülerInnen)

- Marion Steiner, Hannes Lechner, Christina Fürhapper: Rhizosphärenprozesse von Arsen-Hyperakkumulatorpflanzen. 2002. Chemiekolleg Rosensteingasse, durchgeführt am Institut für Bodenforschung.
- Bernadette Stinger: Chemische Fraktionierung von Arsen in der Rhizosphäre und seine Aufnahme durch den Farn *Pteris vittata*. 2002. Gartenbauschule Schönbrunn, durchgeführt am Institut für Bodenforschung.

### Ausbildung von Studenten und Schülern aus dem In- und Ausland

Slowenien: Blaž Istenič, Saša Plesentiak, Bojan Radin  
Tschechien: Kamil Štípek, Zuzana Fischerova, Dagmar Musilova, Markéta Vysloužilova, Lukas Brodsky  
Deutschland: Mathias Hartel  
Wien: Jale Özgür

## 2.4 Lehrveranstaltungen

### Neue Vorlesungen an der BOKU

Im Rahmen des neuen Studienplanes für Landwirtschaft wird seit dem Sommersemester 2001 die Vorlesung (Wahlfach 310.050, VO 2.0) "Rhizosphärenprozesse und ihre Bedeutung in Landwirtschaft und Bodenschutz" gelesen. Dabei fließen auch neueste Forschungsergebnisse aus dem BOKU-Forschungsschwerpunkt "Rhizosphäre" direkt in den Lehrbetrieb ein.

**Das Intensivprogramm Sokrates** "Rhizosphere Management in Environmental Technologies and Organic Farming" wurde in Zusammenarbeit mit dem ZIB (Dr. Calderón-Peter) bereits zweimal

erfolgreich abgewickelt (Sommersemester 2001, 2002; Programm siehe [www.rhizo.at](http://www.rhizo.at)).

Die **1st Euroleague Summer University** "Role and management of the rhizosphere in environmental technology and sustainable production of food and renewable resources" wurde vom 05–15/08/02 an der BOKU abgehalten (Programm siehe [www.rhizo.at](http://www.rhizo.at)).

## 2.5 Veranstaltungen

Während zahlreicher Konferenzen und Tagungen im In- und Ausland wurden Ergebnisse des Projekts präsentiert:

- 2002 Winter Conference on Plasma Spectrochemistry, 06–12/01/02, Scodsdale, Arizona, USA.
- Conference on Ecology and Ecotechnology. Scientific Centre of the Polish Academy of Sciences, 24–28/02/02, Vienna.
- Jahrestagung der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft (ÖBG), 11–12/03/02, Wien.
- 2002 Bouyoucos Conference on Molecular level processes controlling availability of chemical species to plants a microbes in soil, 22–27/06/02, Kassandra, Halkidiki, Greece.
- 17th World Congress of Soil Science, 14–21/08/02, Bangkok, Thailand.
- Society for Environmental Geochemistry and Health 20th European Conference, 'Heavy Metal Contamination and the Quality of Life', 04–06/09/02, Debrecen, Hungary.
- Euroanalysis 12, 08–13/09/02, Dortmund.
- COST Action 831, Workshop "Management of Soil Quality – Using Microbial Resources", 12–14/09/02, Budapest, Hungary.
- COST Action 631 Understanding and Modelling Plant-Soil Interactions In the Rhizosphere Environment (UMPIRE), 11–13/10/02, Wien.
- International Conference of Soil Remediation, 15–19/10/02, Hangzhou, China.
- Phytoremediation. Seminar on Analysis, Methodology of Treatment and Remediation of Contaminated Soils and Groundwater, 13–15/03/01, Paris-Villepinte, France.
- Jahrestagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (DBG), 01–09/09/01.
- ICP-MS Conference Series, 10–15/09/01, Wien.
- Chemical Bioavailability in the Terrestrial Environment Workshop, 18–20/11/01, Adelaide, Australien.
- BOKU-Kongress, Konzepte für die Zukunft, 18–21/11/01, Wien.
- Arsenic in the Asia-Pasic Region Workshop, 21–23/11/01, Adelaide, Australien
- 6th International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements, 2001, Guelph, Canada.
- "IACR-Millennium Conference – Interactions in the root environment – an integrated approach", 10–12/04/00, Rothamsted, UK.
- Vortragsveranstaltung der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft (ÖBG), 14/11/00, BOKU-Wien.

## 3 Verwertung der Ergebnisse und Wissenstransfer

Die Ergebnisse der im Rahmen des Projektes betriebenen Grundlagenforschung sind in die Formulierung von Patentansprüchen

(Österreich, USA) auf ein neuartiges Bodenreinigungsverfahren mit Hilfe von Pflanzen aus einem durch die Stadt Wien finanzierten anwendungsorientierten Komplementärprojekt eingeflossen. Eine zielgruppenorientierte Aufbereitung der Ergebnisse ist bereits weitgehend erfolgt. Diese umfasst umfangreiche Öffentlichkeitsarbeit populärwissenschaftliche (Buchkapitel für BOKU-Kongress Proceedings) und wissenschaftliche Publikationen in Fachjournals und Büchern (vgl. oben). Der Wissenstransfer wird durch laufende Kooperationen (Projekt INTERLAND finanziert durch die KA; Stadt Wien; Fa. BIOCHEM) mit Anwendern (Magistratsabteilungen, Firmen) gesichert.

## 4 Beurteilung der Hebelwirkung

Die Hebelwirkung des Projektes war und ist enorm. Synergien ergaben sich bereits während der Projektlaufzeit durch die Etablierung eines Projektverbundes mit der Stadt Wien und dem BM:BWK (vgl. oben). Weiters wurden bereits 2 FWF Projekte sowie auf europäischer Ebene eine COST-Aktion zum Thema Rhizosphäre und eine EUREKA-Projekt genehmigt. Zahlreiche weitere Projektanträge wurden bei nationalen (FWF, BM:BWK etc.) und europäischen Stellen eingereicht bzw. sind in Vorbereitung. Für das 6. Rahmenprogramm der EU wurde – neben der Beteiligung an anderen Vorhaben – seitens der BOKU ein Network of Excellence zum Thema Rhizosphäre unter Beteiligung von mehr als 100 europäischen Organisationen und mehr als 700 Einzelwissenschaftlern vorgeschlagen. Details zu den genehmigten, beantragten und geplanten Folgeprojekten sind der Darstellung des Outputs zu entnehmen.

## Untersuchungen zu Bodenwasserhaushalt und Abflussverhalten von karbonatischen Standorten im Quellenschutzgebiet der Stadt Wien

### *Investigations regarding soil moisture and run off characteristics of calcareous sites within the water resources protection zone of the City of Vienna*

#### Projektteam

Institut für Waldbau: R. Köck, E. Hochbichler; Institut für Freiraumgestaltung und Landschaftspflege: E. Härtel, C. Holtermann, K. Schönthaler; Institut für Waldökologie: H. Hager (2002)

#### Zusammenfassung

Die Untersuchungen zum Bodenwasserhaushalt in den karstalpinen Quellenschutz-Einzugsgebieten der Stadt Wien haben charakteristische Unterschiede zwischen repräsentativen Vegetationstypen (Waldbestockungen, Latschen und subalpinen Rasenflächen) ergeben. Durch die Kombination der Datensätze mit weiteren klimatologischen Messreihen eines assoziierten Projektes konnte ein umfassendes Bild waldhydrologischer Aspekte dieser Region abgebildet werden. Ergebnisse dieses Forschungsprojektes dienen als Grundlage für die Erarbeitung von Management-Richtlinien zur Bewirtschaftung der Wiener Quellenschutz-Einzugsgebiete.

#### Schlagwörter

Bodenfeuchtigkeit, Bodentemperatur, Quellenschutz, Wald, Latsche

#### Abstract

*The investigations regarding soil moisture dynamics within the karstic alpine water resources protection zone of the City of Vienna have shown characteristic differences between representative vegetation types (forest types, krummholz and subalpine grassland). By the combination of data with further climatologically measuring material of an associated research project it was possible to provide a more comprehensive insight into forest hydrological aspects of the research area. The results of the case study serve as a basis for the elaboration of management guidelines for the water resources protection zone of the City of Vienna.*

#### Key words

*Soil moisture, soil temperature, water protection, forest, krummholz*

## 1 Einleitung

### 1.1 Ziel des Projektes

Ziel des Projektes ist es, darzustellen, wie sich die Bodenfeuchtigkeit in den beprobten karbonatischen Böden der Forschungsregion Rax in Abhängigkeit von verschiedenen Vegetationstypen und der Zeitkomponente verändert. Zur Erreichung des Forschungszieles wurden in der montanen Fichten-Tannen-Buchen-Waldstufe (*Helleboro-Abieti-Fagetum* typicum Zukrigl 1973, Köck et al. 2002) drei Versuchsflächen und in der subalpinen Krummholzstufe (*Vaccinio-Mugetum prostratae, Adenostyles aliariae* – Ausbildung Mayer 1974, Köck et al. 2002) zwei Versuchsflächen mit Bodenfeuchtigkeits-Sensoren ausgerüstet. Unterschiedliche Bestockungen auf vergleichbaren Standorten bewirken unterschiedliche Ausgangssituationen für die Bestandeshydrologie und somit für den Bodenwasserhaushalt. Durch das Anbringen der Bodenfeuchtigkeits-Sensoren in verschiedenen Bodenhorizonten und auf verschiedenen Mosaik-Komplexen der variablen karbonatischen Böden können Unterschiedlichkeiten bezüglich der Bodenfeuchtigkeits-Verteilung in einer zeitlich lückenlosen Form dargestellt werden. Die zeitlich lückenlose Messung des Bodenfeuchtigkeits-Verlaufes wird dem Ziel des Forschungsprojektes gerecht, die Veränderlichkeit dieser hydrologischen Kenngröße in Abhängigkeit von Witterungsverläufen und Bestandescharakteristika darzustellen. Die Bodenfeuchtig-

keit ist eine entscheidende Kenngröße der Waldhydrologie und hat Bedeutung für den Quellenschutz und für das Waldwachstum. Die notwendigen Rahmendaten für die Korrelation der Bodenfeuchtigkeits-Daten mit den allgemeinen Witterungsbedingungen werden durch die Verknüpfung mit den Daten aus dem Projekt 'Wald und Wasser' (Köck et al. 2001), welche auf denselben Probestellen erhoben wurden, geliefert. Durch das Ineinandergreifen des gegenständlichen Projektes mit dem Projekt 'Wald und Wasser' konnte ein umfangreicher Datensatz erarbeitet werden, der entscheidende waldhydrologische Prozesse abzubilden vermag. Der waldhydrologisch noch wenig erforschte karstalpine Raum konnte durch diese Verbindung von Forschungstätigkeiten auf eine Region ein umfassenderes Bild dieser Quellenschutz-Einzugsgebiete zeichnen, als es nur eines der beiden Projekte erzielen hätte können.

Die Darstellungen der waldhydrologischen Prozesse für repräsentative Vegetationsformen bieten eine wichtige Grundlage für die Erarbeitung von Management-Richtlinien für die Bewirtschaftung der Wiener Quellenschutz-Einzugsgebiete. In diesem Bericht werden einige Aspekte der vielschichtigen Ergebnisse des Forschungsprojektes dargestellt.

### 1.2 Lage der Forschungsregion

Die Versuchsflächen liegen auf der Rax, einer der östlichsten Erhebungen der Nördöstlichen Kalkalpen Österreichs, innerhalb des Quellenschongebiets für die Trinkwasserversorgung der Stadt

Wien. Die Forschungsregion I (FR I) befindet sich in der montanen Höhenstufe auf der südwestlich exponierten Scheibwaldleiten in 1040 m Seehöhe, die Forschungsregion II (FR II) in der subalpinen Höhenstufe am Raxplateau nahe des relativ ebenen Hirschboden in 1840 m Seehöhe. Die Böden in FR I sind auf allen drei Versuchsflächen als Kalklehm-Rendzinen ausgeschieden worden. Die Humusentwicklung variiert zwischen den Versuchsflächen entsprechend der aktuellen Bestockung und der Geschichte der Bestände. In FR II sind die Böden Kalkbraunlehme mit ebenfalls entsprechend der aktuellen Vegetations-Entwicklung unterschiedlichen Humusaufgaben. Ziel bei der Auswahl der Versuchsflächen war die weitgehende Übereinstimmung von standörtlichen Rahmenbedingungen innerhalb einer Forschungsregion.

### 1.3 Die Versuchsflächen

Um das angestrebte Ziel zu erreichen, musste die Verteilung der Bodenfeuchtheits-Sensoren auf den Probestellen entsprechend der spezifischen Bodenmerkmale optimiert werden. Die Sensoren wurden folglich unter Berücksichtigung der Variabilität der Bodenparameter auf den betreffenden Versuchsfläche eingebaut (die Variabilität der Böden ist zwischen subalpiner und montaner Höhenstufe unterschiedlich).

#### Forschungsregion I (FR I):

B1: Fichten-Tannen-Buchen-Mischbestand, naturnah gemischter Altbestand, 140–180 Jahre

F1: Fichten-Reinbestand (ein 60-jähriges Fichten Stangenholz)

B2: Verjüngungsfläche (Kahlfläche nach Windwurf in rezenter Verjüngungsentwicklung, Alter nach Kahlstellung 25 Jahre, Schlagvegetation und Verjüngung von Fichte, Lärche, Buche und Bergahorn)

#### Forschungsregion II (FR II):

A1: Subalpine Rasenfläche

L1: Latschenfläche

In FR I ist der Bodentyp Kalklehm-Rendzina (Nestroy et al. 2000) ausgebildet. Das Grundgestein ist Wettersteindolomit. Die Böden sind von Wettersteinkalk-Gesteinsmaterial überrollt, wobei im Falle von F1 diese Überlagerung am stärksten ausgeprägt ist. Die Humusform ist im Falle von B1 und F1 Moderhumus mit wechselnder Gründigkeit, die Variabilität und Mächtigkeit der Moderhumusaufgabe ist in B1 am stärksten ausgeprägt. Im Falle von B2 ist die Humusform Mull und mullartiger Moder, wobei die Humusform Mull überwiegt.

In FR II ist der Bodentyp Kalkbraunlehm ausgebildet (Nestroy et al. 2000). Das Grundgestein ist Wettersteinkalk. Die Humusform ist im Falle von A1 Mull und im Falle von L1 mullartiger Moder mit einer durchschnittlichen Mächtigkeit von 4 cm.

In FR I sind die Versuchsflächen südwestlich (B1 + B2) beziehungsweise westlich (F1) exponiert während in FR II am Raxplateau das Gelände als eben zu bezeichnen ist. Auf allen Versuchsflächen ist die Bodenwasser-Haushaltsklasse als frisch angesprochen worden.

## 2. Methodik

Ein vergleichbares Set an Messanlagen wurde im Zuge des Projektes Wald und Wasser auf den zuvor beschriebenen Versuchsflächen installiert. Im Zuge des gegenständlichen Projektes wurde dieses Set um die Bodenfeuchtheits-Sensoren erweitert, wobei zu deren Betrieb noch Solaranlagen zur Energieversorgung und eigene Steuerungsanlagen zum Betrieb der Bodenfeuchtheits-Sensoren installiert wurden. Im Bereich der Versuchsanlage B1 wurde ein Messwehr installiert, welches den Durchfluss im Gschwendtgraben messen sollte. Allerdings konnte der Betrieb dieser Messanlage infolge technischer Schwierigkeiten bisher nicht zufriedenstellend gesichert werden.

Zusätzlich zum in Tabelle 1 beschriebenen Messprogramm wurde im Winter noch die Schneehöhe und das Schnee-Wasser-Äquivalent gemessen, wobei ein Schneekurs mit fix markierten Schnee-

	Luft Temperatur	Luft Feuchte	Wind	Global Strahlung	Boden Temperatur	Boden Feuchtigkeit*	Freiland Niederschlag	Kronen Durchlass	Stamm Abfluss
B1	x	x	x		x	x	x	x	x
F1	x	x	x		x	x		x	
B2	x	x	x	x	x	x	x	x	
A1	x	x	x	x	x	x	x		
L1	x	x			x	x		x	

Tab. 1: Beschreibung des vergleichbaren Sets von Messanlagen auf den Versuchsflächen:  
B1...Fichten-Tannen-Buchen-Mischbestand, F1...Fichten-Reinbestand  
B2...Verjüngungsfläche, A1...Subalpine Rasenfläche, L1...Latschen-Buschwald  
\* Sensoren des gegenständlichen Projektes

messpunkten eingehalten wurde. Dieses Messprogramm wurde auf allen fünf Versuchsflächen und an drei Messpunkten im subalpinen Fichtenwald durchgeführt.

Die Bodenfeuchtheits-Sensoren sind *Theta-Sensoren* der Firma Delta-T Devices Ltd. Es handelt sich dabei um FD-Sensoren (Frequency-Domain Reflectometry). Die Daten werden alle 10 Minuten als Mittelwert abgespeichert (Messintervall von 2 Minuten für die Bodenfeuchtheits-Sensoren, von 30 Sekunden für alle anderen Sensoren). Die Datenlogger sind MiniCube Datenlogger der Firma EMS (Experimental Measuring Systems, Brno). Die Datenlogger sind in Plastikboxen eingebaut, welche wiederum im Boden installiert wurden, um auch im Winter eine einwandfreie Datenaufzeichnung zu garantieren. Die Energie für die Bodenfeuchtheits-Sensoren (weisen einen relativ hohen Energiebedarf auf) wird von insgesamt drei Solarenergie-Stationen erzeugt (je zwei Solarpaneele). Die *Theta-Sensoren* wurden horizontal im Boden eingebaut, wobei darauf geachtet wurde, dass die Metallstäbe der Sensoren von homogenisiertem autochthonen Bodenmaterial umgeben sind. Dies wurde wegen der signifikanten Unterschätzung des Bodenfeuchtheits-Gehaltes durchgeführt, welche durch Boden-Hohlräume rund um die Messstäbe verursacht wird, etwas was mit hoher Wahrscheinlichkeit eintreten würde, wenn man die *Theta-Sensoren* in ungestörte Böden mit hohem Skelettanteil installieren würde (v. Wilpert et al. 1998). Der Boden, in dem die Sensoren eingebaut wurden, sollte auch nicht verdichtet sein (Robinson et al. 1999). Die volumetrische Bodenfeuchtheit ( $\theta$ ), welche von den *Theta-Sensoren* gemessen wurde, ist unter Anwendung der generalisierten Kalibrationsgleichung, welche Parameter für organische und mineralische Böden verwendet, errechnet worden. Die erreichbare Ge-

naugigkeit für die generalisierte Kalibrationsmethode beträgt  $\pm 5\%$  (Delta-T Devices Ltd. 1999). Genaue Angaben zu den Bodenbedingungen für jeden spezifischen Bodenfeuchtigkeits-Sensor sind im Bericht über getätigte Arbeiten im Rahmen des gegenständlichen Projektes (Köck et al. 2000) nachzulesen. Die *Theta-Sensoren* wurden in FR II am Raxplateau in 20 cm und 35 cm Tiefe installiert. Auf den beiden Versuchflächen A1 (subalpine Grasfläche) und L1 (Latschen-Buschwald) wurde dieses Messschema mit je zweifacher Wiederholung aufgebaut. In FR I auf der Scheibwaldleiten wurden die *Theta-Sensoren* in 20 cm und 50 cm Tiefe installiert. Dieses Messschema wurde in B1 (Fichten-Tannen-Buchen-Mischbestand) mit fünffacher, in F1 (Fichten-Reinbestand) mit dreifacher und in B2 (Verjüngungsfläche) mit dreifacher Wiederholung aufgebaut. Die unterschiedlichen Einbautiefen zwischen FR I und FR II ergaben sich aus bodenspezifischen Vorgaben (in FR II können in 50 cm Tiefe aufgrund des hohen Steingehaltes keine Sensoren mehr eingebaut werden). Innerhalb von FR I erklärt sich unterschiedliche Anzahl an Wiederholungen aus den in B1 stärker variierenden Bodenverhältnissen (Humusaufgaben etc.). Die Bodentemperatur wird auf allen Versuchflächen in 5 cm, 15 cm, 30 cm und 45 cm Tiefe gemessen.

### 3. Erste Ergebnisse

Die Bodenfeuchtigkeits-Messzyklen wurden im November 1999 gestartet, nach einer zweimonatigen Phase der Messpause anschließend an die Installation der *Theta-Sensoren*. Die Beschreibung der ersten Messergebnisse erfolgt getrennt nach Forschungsregionen. Zusätzlich wird eine Gliederung in Sommer- und Winterhalbjahre angestrebt, wobei sich ein Winterhalbjahr vom 1.11. eines Jahres bis zum 30.4. des darauffolgenden Jahres erstreckt. Das Sommerhalbjahr erstreckt sich folglich vom 1.5. bis zum 31.10. eines Jahres.

#### 3.1 Forschungsregion II: Raxplateau

Der Winter in den Jahren 1999/2000 war gekennzeichnet durch relativ große Schneehöhen und relativ geringe Lufttemperaturen (Mittelwert Lufttemperatur für das Winterhalbjahr 1999/2000 von  $-4,1^{\circ}\text{C}$ ). Die Bodentemperatur in 5 cm Tiefe auf der Almfläche (A1) ist signifikant unter den Gefrierpunkt abgesunken, während auf der Latschenfläche (L1) die Bodentemperatur während des gesamten Winterhalbjahres nicht wesentlich unter den Gefrierpunkt abgesunken ist (Abb. 1).

Der Grund für das Gefrieren des Bodens auf der Almfläche (A1) und im Gegensatz dazu der relativ ausgeglichene Bodentemperaturverlauf auf der Latschenfläche (L1) ist in verschiedenen Prozessen zu suchen. Der offenkundig wichtigste scheint in diesem Zu-

sammenhang aber die Schneedynamik in Forschungsregion II (FR II) am Raxplateau zu sein.

Die Darstellung der Schneehöhen zeigt deutlich die im Frühwinter auf der Latschenfläche (L1) deutlich größere Schneehöhe (31.10. 1998, 6.12. 1999, 22.12. 2000 – Abb. 2). Diese Dynamik ist auf die Fähigkeit der Latsche (*Pinus mugo*) zurückzuführen, Schnee an ihren Ästen zu interzeptieren. Die Schneeeinterzeption erfolgte im Frühwinter demnach vor allem dann ausgeprägt, wenn der Schnee von starkem Wind verweht wurde. Auf den subalpinen Rasenflächen (repräsentiert von A1) erfolgte bei diesen Witterungsverhältnissen ein Abwehen der Schneedecke durch die starken Winde. Latsche fing mit ihrer rauen Oberfläche den Schnee auf und akkumulierte so sukzessive Schnee innerhalb ihres Wuchsbereiches. Der Boden unterhalb von Latschen wurde folglich von den Latschenästen und von der Schneedecke abgeschirmt, was das Auftreten von Bodenfrost im Latschenbereich unterbinden konnte (Stadler 1996, Yanni et al. 2000, Sutinen et al. 1999). Auf der subalpinen Rasenfläche (A1) erfolgte das Eindrin-

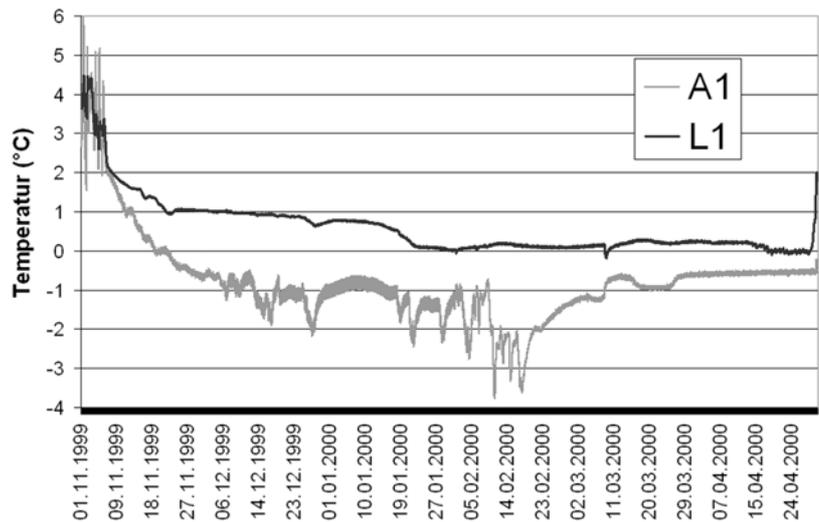


Abb. 1: Bodentemperatur in 5 cm Tiefe: A1 (subalpine Grasfläche) und L1 (Latschenfläche) im Winterhalbjahr 1999/2000. Messreihe vom 1.11. 1999 bis 30.4. 2000

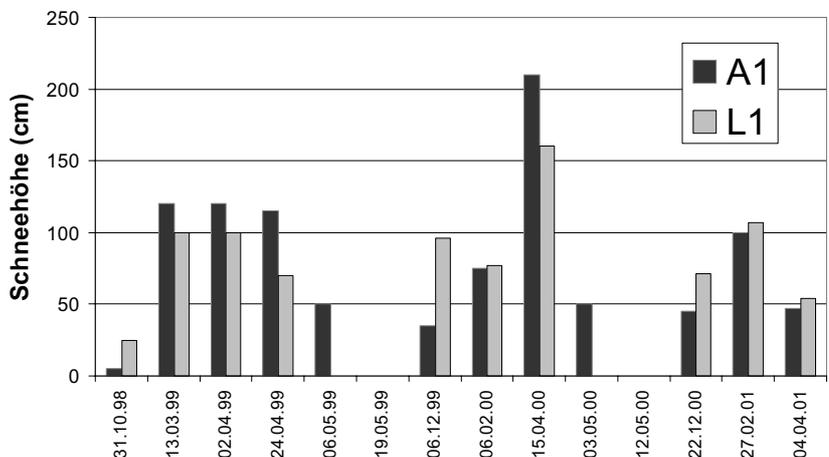


Abb. 2: Schneehöhen auf der Almfläche (A1) und auf der Latschenfläche (L1): Winter-Saison 1998/1999, 1999/2000, 2000/2001

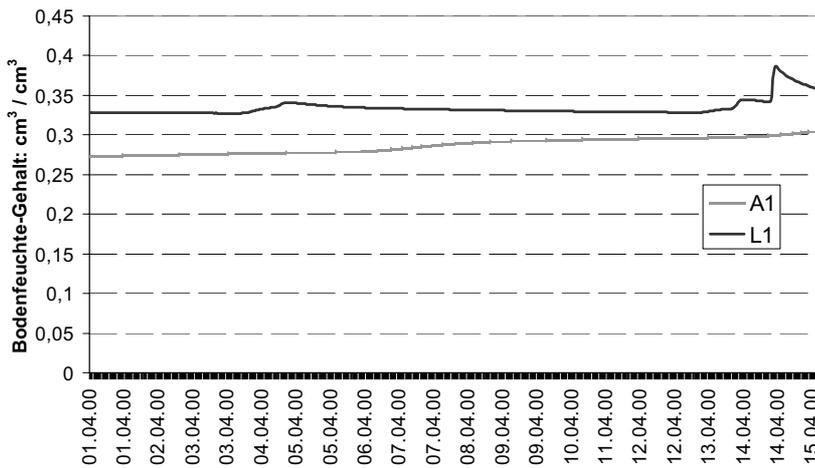


Abb. 3: Volumetrische Bodenfeuchtigkeit in 35 cm Tiefe (1A): A1 (subalpine Rasenfläche) und L1 (Latschenfläche) vom 1.4.–15.4. 2000

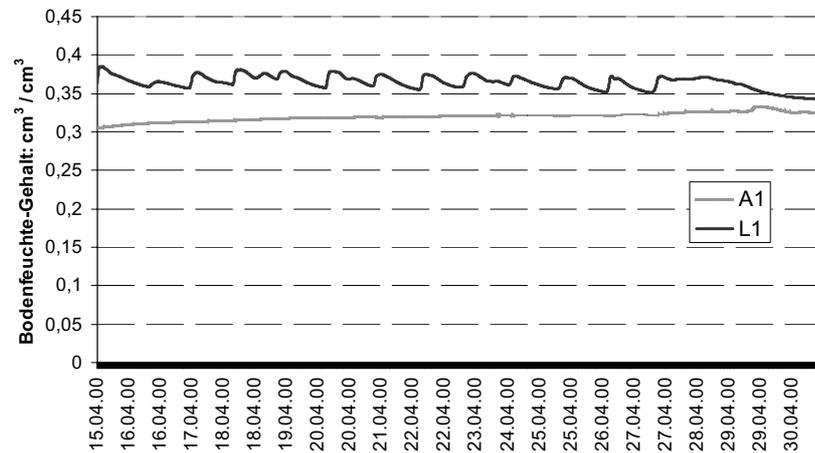


Abb. 4: Volumetrische Bodenfeuchtigkeit in 35 cm Tiefe (1A): A1 (subalpine Rasenfläche) und L1 (Latschenfläche) vom 15.4.–30.4.2000

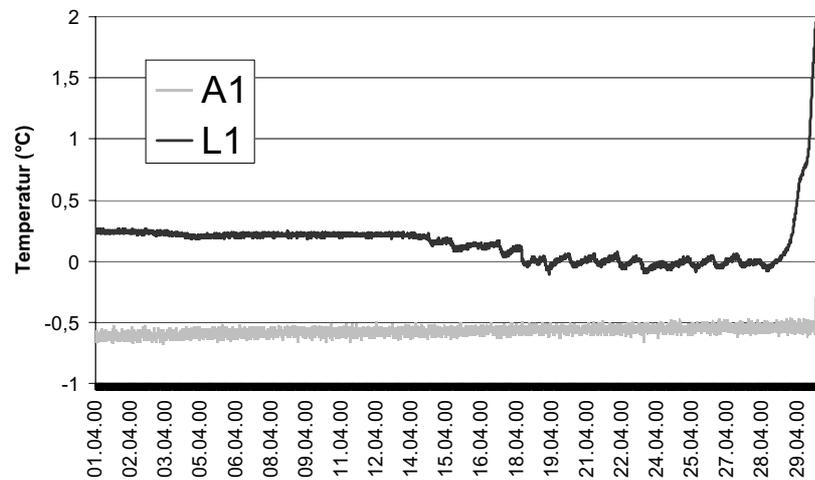


Abb. 5: Bodentemperatur in 5 cm Tiefe: A1 (subalpine Rasenfläche) und L1 (Latschenfläche) im April 2000

gen von Frost bis in 45 cm Tiefe (tiefster gemessener Bodenhorizont). Daher erklären die Daten bezüglich der Schneedeckenentwicklung (Abb. 2) und Beobachtungen bei den winterlichen Messeinsätzen den Boden-temperatur-Verlauf im Winterhalbjahr 1999/2000 (Abb. 1).

Die Bodenfeuchtigkeit hatte im Winter einen charakteristischen Verlauf, der generell von keinerlei Tagesgängen gekennzeichnet ist, wenn es zu keinen Schneeschmelzereignissen kommt. Der Bodenfeuchtigkeitsverlauf in der ersten Aprilhälfte des Jahres 2000 (Abb. 3) zeigte einen solchen Winterverlauf. Erst ab dem 14.4. zeigte der Verlauf der Bodenfeuchtigkeit in L1 einen deutlichen Tagesgang. Die erste Aprilhälfte 2000 wies einen Temperaturverlauf auf, der für eine winterliche Witterungsperiode charakteristisch ist (Luft-Temperaturmittel 1.-15.4.2000 von  $-1,8^{\circ}\text{C}$ ). Bereits am 14.4.2000 setzte dann eine Wärmeperiode ein. Das Luft-Temperaturmittel vom 16.4. bis zum 30.4. erreichte bereits  $5,9^{\circ}\text{C}$ , was einer sommerlichen Witterungsperiode entspricht. Die hohe Schneedecke, welche Mitte April noch vorhanden war, schmolz folglich rasch ab.

Die Darstellung der Bodenfeuchtigkeitskurven in Abbildung 4 zeigt, dass in der Schneeschmelz-Periode im Frühling des Jahres 2000 ein deutlicher Tagesgang im Falle der Latschenfläche (L1) zu verzeichnen ist. Dieser deutet darauf hin, dass während dieser Zeitperiode auf der Latschenfläche die Perkolations des Schneeschmelzwassers in alle beprobten Bodenhorizonte vorstatten ging. Im Unterschied dazu ist auf der subalpinen Rasenfläche (A1) kein Tagesgang der Bodenfeuchtigkeit zu erkennen.

Eine Erklärung für diesen Verlauf kann man im Bodentemperaturverlauf zu dieser Zeit finden (Abb. 5); es ist auf dieser Darstellung zu erkennen, dass im Falle A1 der Boden noch immer gefroren war. Im Gegensatz dazu lag die Bodentemperatur auf der Latschenfläche noch immer oberhalb des Gefrierpunktes (bis zum 15.4.2000 – Abb. 5). Erst als der Schmelzwassereintrag in den Boden auf L1 einsetzte (ab dem 15.4.2000, Abb. 4) fiel die Bodentemperatur nahe den Gefrierpunkt (Abb. 5), was mit Kälte-Eintrag in den Boden durch die Perkolations des Schneeschmelzwasser erklärt werden kann. Perkolations von Schneeschmelzwasser in die Bodenhorizonte konnte auf der Latschenfläche (L1) demnach auf der gesamten Fläche stattfinden, während aufgrund der gefrorenen Bodenhorizonte auf der subalpinen Rasenfläche (A1) die Perkolations offensichtlich nur nach bevorzugten Wasserleitungsbahnen

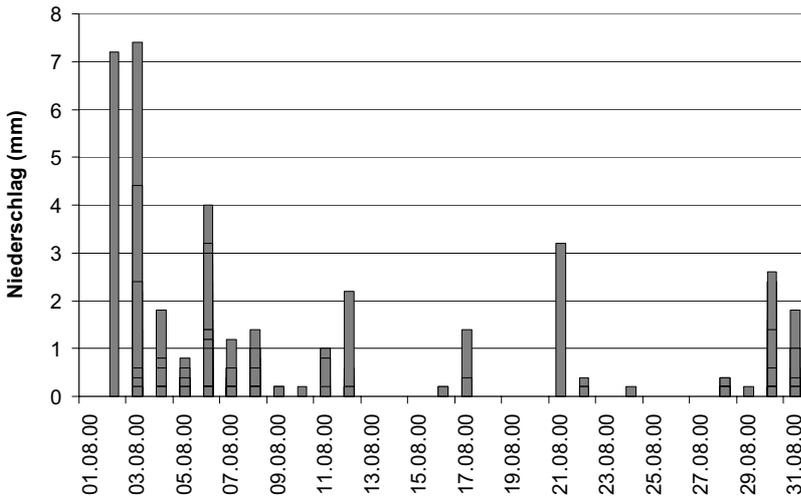


Abb. 6: Freiflächen-Niederschlag in A1 (subalpine Rasenfläche) im August 2000

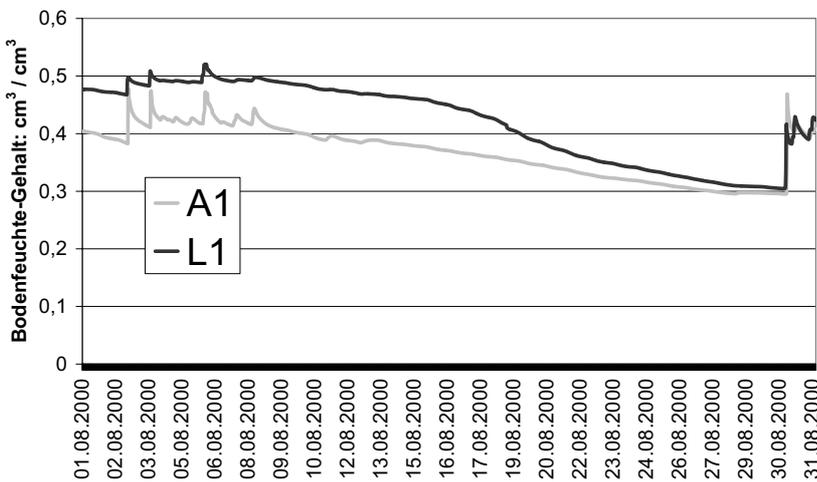


Abb. 7: Bodenfeuchtigkeit in 20 cm Tiefe (2B): A1 (subalpine Rasenfläche) und L1 (Latschenfläche) im August 2000

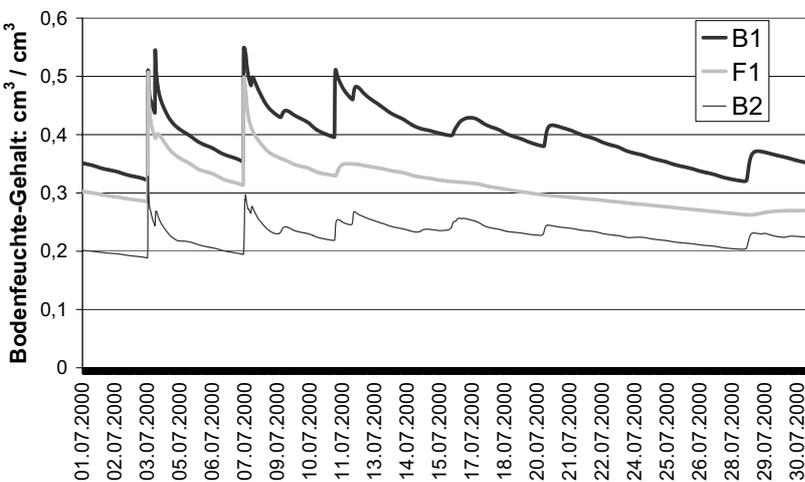


Abb. 8: Bodenfeuchtigkeit in 20 cm Tiefe (3B): B1...Fichten-Tannen-Buchen-Mischbestand, F1...Fichten-Reinbestand, B2...Verjüngungsfläche im Juli 2000

erfolgen konnte (Shanley & Chalmers 1999).

Im Sommerhalbjahr ist der Verlauf der Bodenfeuchtigkeit in erster Linie von Niederschlagsereignissen und längeren Trockenperioden beeinflusst. Der August des Jahres 2000 bietet dafür ein anschauliches Beispiel. Die Starkregenperiode zu Beginn dieses Monats wurde von einer Trockenperiode vom 8.8. bis 29.8.2000 gefolgt, welche von nur unergiebigem Gewitterniederschlägen geprägt war (Abb. 6).

Der Verlauf der Bodenfeuchtigkeits-Kurve im August 2000 spiegelte deutlich die Niederschlagsereignisse während der ersten acht Augusttage wider. Die folgende lange andauernde Trockenperiode zeigte, dass während solcher Witterungsbedingungen die Bodenfeuchtigkeit unter Latschen-Vegetation (L1) schneller absinkt als unter subalpiner Rasenvegetation (A1) (Abb. 7). Diese Charakteristik kann auf die höhere Transpirationsrate der Latsche (*Pinus mugo*) zurückgeführt werden (Dirnböck & Grabherr 2000).

Die bisher getätigten Messreihen am Raxplateau haben gezeigt, dass nach dem schneereichen Winter 1999/2000 die Bodenfeuchtigkeit auf der Latschenfläche (L1) bis weit in den Sommer des Jahres 2000 auf allen Messorten höher war als auf der subalpinen Rasenfläche (van Miegroet et al. 2000). Erst nach einer länger andauernden Trockenperiode im August 2000 sinkt die Bodenfeuchtigkeit an zwei Messorten auf L1 unter jenen auf A1. Trotzdem erreicht die Latschenfläche (L1) über die gesamte bisherige Messperioden betrachtet (bis 30.4.2002) im Mittel höhere Bodenfeuchtigkeits-Werte als die subalpine Rasenfläche (A1). Im Winterhalbjahr 1999/2000 war das Verhältnis: A1 32,8% zu L1 40,0% Bodenfeuchtigkeits-Gehalt. Im Winterhalbjahr 2001/2002 hat sich dieses Verhältnis mit A1 34,8% zu L1 37,3% Bodenfeuchtigkeits-Gehalt verändert (Mittel der volumetrischen Bodenfeuchtigkeits-Werte). Die letzten Winter (2000/2001 und 2001/2002) konnten als schneearm und eher warm bezeichnet werden.

### 3.2. Forschungsregion I: Scheibwaldleiten

In der montanen Höhenstufe auf der Scheibwaldleiten zeigt die Bodenfeuchtigkeit einen charakteristischen karstalpiner Verlauf. Die Böden in FR I (Kalklehm-Rendzinen) weisen weniger Wasserspeicher-Fähigkeit auf als jene in FR II (Kalkbraunlehme). Dadurch war der Bodenfeuchtigkeits-Verlauf von rasch auftretenden Spitzen während der Re-

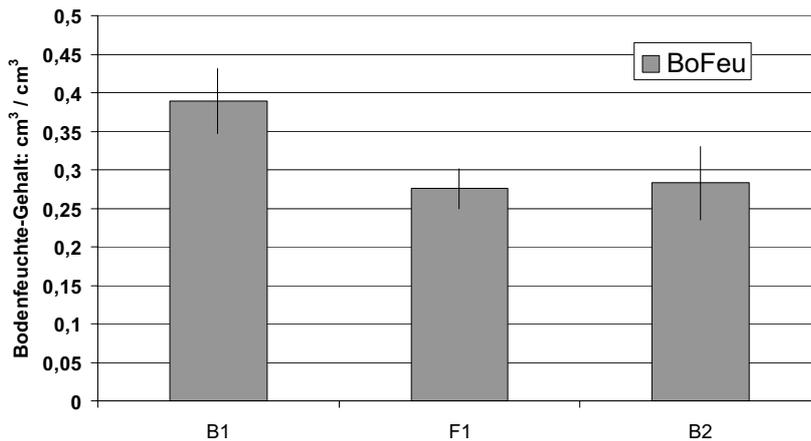


Abb. 9: Mittlere Bodenfeuchtigkeit mit Standardabweichung in der montanen Höhenstufe: B1...Fichten-Tannen-Buchen-Mischbestand, F1...Fichtenreinbestand, B2...Verjüngungsfläche. Winterhalbjahr – 3.12.1999 bis 30.4.2000

genereignisse und nachfolgend raschem Absinken der Werte gekennzeichnet (Abb.8).

In der Forschungsregion I war der Verlauf der Bodenfeuchtigkeit, wie er in Abbildung 8 widerspiegelt wird, aussagekräftig für die bisher erfolgten Messreihen. Der Mittelwert des Bodenfeuchtigkeits-Gehaltes (gebildet für jede der drei Versuchsflächen der Forschungsregion I) zeigt im Winterhalbjahr 1999/2000 deutliche Unterschiede zwischen dem Fichten-Tannen-Buchen-Mischbestand (B1) einerseits und dem Fichtenreinbestand (F1) und der Verjüngungsfläche (B2) andererseits. So ist in B1 das Mittel volumetrischer Bodenfeuchtigkeit mit 38,9% signifikant höher als in F1 mit 27,6% und in B2 mit 28,3% (Abb. 9). Auch während der folgenden Messperioden zeichnete sich zwischen den drei Versuchsflächen in FR I ein ähnlicher Trend ab (Auswertungen bis 31.10.2001). Der Unterschied war zwar nicht immer signifikant, trotzdem blieb der Trend einer höheren Wasserspeicher-Kapazität für den Mischwaldbestand B1 aufrecht.

#### 4 Diskussion

Im Frühling kann die Perkolat von Schneeschmelzwasser in der subalpinen Höhenstufe in die Bodenhorizonte auf der Latschenfläche (L1) leichter und weitflächiger vonstatten gehen als auf der subalpinen Grasfläche (A1). Die Gefahr von Erosion und Stoffeintrag durch konzentrierten Schmelzwassereintrag auf einigen wenigen Stellen (bevorzugte Wasserleitungsbahnen) wird durch Latschenbewuchs auf den beprobten Standorten somit minimiert (Mulholland et al.1990). Die Wasserspeicherkapazität ist auf der Latschenfläche während der absolvierten Messperioden höher gewesen als auf der subalpinen Rasenfläche (A1), was auch von Wieshofer & Schweiger (2001) gezeigt wurde. Im Sommerhalbjahr wurde der Verlauf der Bodenfeuchtigkeit von Regenereignissen und lang anhaltenden Trockenperioden gesteuert und war somit wiederum von der Vegetation beeinflusst. In der montanen Höhenstufe zeigte der Fichten-Tannen-Buchen-Mischbestand (B1) im Gegensatz zum Fichten-Reinbestand (F1) und zur Verjüngungsfläche (B2) eine offensichtlich höhere Wasserspeicher-Kapazität. Der Verlauf der Bodenfeuchtigkeit war auf den Kalklehm-Rendzinen gekennzeichnet von raschem Ansteigen der

Werte bei Niederschlagsereignissen und einem nachfolgend schnellem Absinken der Werte während Trockenperioden. Die Unterschiedlichkeiten bezüglich der Bodenfeuchtigkeits-Dynamik zwischen repräsentativen Vegetationstypen auf vergleichbaren Standorten stellen eine Grundlage für die Erarbeitung von Management-Richtlinien zur Quellenschutz-Bewirtschaftung der Einzugsgebiete dar.

#### Darstellung des Outputs für das Projekt "Untersuchungen zu Bodenwasserhaushalt und Abflussverhalten von karbonatischen Standorten im Quellenschutzgebiet der Stadt Wien"

Die Ergebnisse des Projektes werden bereits auf vielfältige Weise genutzt. Um die Datengrundlage für das gegenständliche Projekt zu erweitern, wurde auf das Datenmaterial des Projektes "Wald und Wasser" zugegriffen.

Wald und Wasser ist ein Projekt, welches die im gegenständlichen Projekt tätigen Institute der Universität für Bodenkultur Wien mit der Stadt Wien als Auftraggeber durchgeführt haben.

So kam es zu einem wechselseitigen Datentransfer, der die Grundlage lieferte, um ein umfassenderes Bild der Forschungsregion zu zeichnen. Die Ergebnisse werden von den Wiener Wasserwerken und dem Forstamt und Landwirtschaftsbetrieben der Stadt Wien verwendet, um Management-Richtlinien für die Quellenschutz-Einzugsgebiete zu erarbeiten.

Aufgrund der besonderen Bedeutung der Messanlagen für die Stadt Wien wurden die Versuchsflächen im Zuge eines Folgeprojektes [Modelle der Vegetationsentwicklung unter veränderten Nutzungs- und Klimaverhältnissen und ihre Auswirkung auf den Karstwasserhaushalt in den Quelleneinzugsgebieten der Stadt Wien. A) Teil Hochlagen; B) Teil Wald. Projektauftraggeber: BM:BWK, MA 31 (Wiener Wasserwerke) und MA 49 (Forstamt und Landwirtschaftsbetriebe der Stadt Wien)] weiter betrieben, und zwar bis Dezember 2002. Da die Magistratsabteilungen der Stadt Wien auch weiterhin Interesse an den Daten haben werden, welche auf den Versuchsflächen gewonnen wurden, wird der Betrieb der Messanlagen auch in weiterer Zukunft beabsichtigt. Die MA 31 (Wiener Wasserwerke) wird in den nächsten Jahren daher die Finanzierung der Daten-Gewinnung und der Daten-Ausarbeitung (an der Universität für Bodenkultur Wien) übernehmen. Zusätzlich soll im Rahmen eines INTERREG-Projektes der weitere Betrieb der Messanlagen (mit einer möglichen Ausweitung) gesichert werden. Für vielfältige Fragestellungen karsthydrologischer Natur und auch als Anschauungsobjekt für die Lehre (Exkursionen für BOKU-Studenten) dienen die Versuchsflächen als geeignete Basis.

#### 5 Output

##### Publikationen:

Bericht des Projektes Wald und Wasser: Dies ist eine zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse des Projektes Wald und Wasser und des gegenständlichen Projektes, welche an die Magist-

ratsabteilungen der Stadt Wien und an die Universität für Bodenkultur Wien ergangen ist.

Es werden noch Publikationen in einschlägigen Journals beachtet, die sich derzeit in Bearbeitung befinden.

### Vorträge:

'Soil moisture dynamics related to vegetation cover in the subalpine zone of the Northeastern Calcareous Alps of Austria. Results of a case study.' In Innsbruck bei der internationalen Konferenz 'Ecological and Economical Benefits of Mountain Forests' vom 15.9. bis 18.9.2002. Zusätzlich wird auch ein Paper über diesen Vortrag im Centralblatt für das Gesamte Forstwesen erscheinen.

'Monitoring hydrological processes in montane and subalpine karst regions: Comparison between different types of vegetation. Experimental design, techniques and first results.' In der Slowakei (Demanovska Dolina) bei der internationalen ERB and Northern Europe FRIEND Projekt 5-Konferenz 'Interdisciplinary Approaches in Small Catchment Hydrology: Monitoring and Research.' Vom 26-28 September 2002. Zu diesem Vortrag wird es ebenfalls Publikationen schriftlicher Natur geben.

Die Hebelwirkung des Projektes besteht in der Möglichkeit, Quellenschutz-Richtlinien für karstalpine Einzugsgebiete zu erarbeiten und diese auch wissenschaftlich zu begründen. Zusätzlich können gewonnene Erkenntnisse in anderen Bereichen angewandt werden.

## 6 Quellen

- Delta-T Devices Ltd (1999): Theta Probe Soil Moisture Sensor, User Manual. Burwell, Cambridge, England.
- Dirnböck T, Grabherr G (2000): GIS assessment of Vegetation and Hydrological Change in a High Mountain Catchment of the Northern Limestone Alps. Mountain Research and Development Vol 20, No 2, 172-179.
- Köck R, Mrkvicka A, Weidinger H (2002): Bericht zur Forstlichen Standortskartierung, Revier Rax. Unveröffentlichter Bericht, Forstamt und Landwirtschaftsbetrieb der Stadt Wien, MA 49.
- Köck R, Härtel E, Holtermann C, Hochbichler E (2001): Endbericht des Projektes Wald und Wasser. Bericht an die MA 31 und MA 49 der Stadt Wien, unveröffentlichtes Werk.
- Köck R, Holtermann C, Hochbichler E (2000): Bericht über die getätigten Arbeiten im Rahmen des Projektes 'Untersuchungen zu Bodenwasserhaushalt und Abflussverhalten von karbonatischen Standorten im Quellenschutzgebiet der Stadt Wien.' Unveröffentlichter Bericht an die Universität für Bodenkultur, Wien.
- Mayer H (1974): Wälder des Ostalpenraumes. Fischer Verlag, Stuttgart.
- Mulholland P J, Wilson G V, Jardine P M (1990): Hydrogeochemical Response of a Forested Watershed to Storms: Effects of Preferential Flow along Shallow and Deep Pathways. Water Resources Research, Vol. 26, No 12, 3021-3036.
- Nestroy O et al. (2000): Systematische Gliederung der Böden Österreichs. (Österreichische Bodensystematik 2000). Mitt. d. Österr. Bodenkundl. Ges., Heft 60, Wien.
- Robinson D A, Gardner C M K, Cooper J D (1999): Measurement of relative permittivity in sandy soils using TDR, capacitance and theta probes: comparison, including the effects of bulk soil electrical conductivity. Journal of Hydrology 223, 198-211.
- Shanley J B, Chalmers A (1999): The effect of frozen soil on snowmelt runoff at Sleepers River, Vermont. Hydrological Processes 13, 1843-1857.
- Stadler D, Bründl M, Wunderli H, Auckenthaler A, Flühler H (1996): Measurement of frost-induced snowmelt runoff in a forest soil. Hydrological Processes 10, 1293-1304.
- Sutinen M L, Holappa T, Ritari A, Kujala K (1999): Seasonal changes in soil temperature and snow-cover under different simulated winter conditions: Comparison with frost hardness of Scots pine (*Pinus sylvestri*) roots. Chemosphere: Global Change Science 1, 485-492.
- v. Wilpert K, Nell U, Lukes M, Schack-Kirchner H (1998): Genauigkeit von Bodenfeuchtemessungen mit 'Time Domain-Reflektometrie' in heterogenen Waldböden. Z. Pflanzen-ernähr. Bodenk. 161, 179-185.
- van Miegroet H, Hysell M T, Johnson A D (2000): Soil Microclimate and Chemistry of Spruce-Fir Tree Islands in Northern Utah. Soil Sci. Soc. Am. 64, 1515-1525.
- Wieshofer I, Schweiger E (2001): Endbericht Standortskartierung Nasswald, Magistratsabteilung 49 der Stadt Wien, Bodenmikrobiologie. Unveröffentlichter Bericht, Wien.
- Yanni S, Keys K, Meng F R, Yin X, Clair T, Arp P A (2000): Modelling hydrological conditions in the maritime region of south-western Nova Scotia. Hydrological Processes 14, 195-214.
- Zukrigl K (1973): Montane und subalpine Waldgesellschaften am Alpenstrand. Mitt. d. Forstl. Bundesversuchsanstalt No. 101, Wien.



## Mobilitäts- und Versorgungserfordernisse im strukturschwachen ländlichen Raum als Folge des Strukturwandels (MOVE)

### *Mobility and Supply Needs in Economic Deprived Rural Areas Due to Structural Changes (MOVE)*

#### Projektteam

Institut für Verkehrswesen: Sammer G., Meschik M., Meth D.; Institut für Raumplanung und Ländliche Neuordnung: Weber G., Kofler Th., Zeiner S.

#### Zusammenfassung

Dünn besiedelte ländliche Räume gehören heute zu den Verlierern auf Grund der Änderungen im Sozial- und Wirtschaftsgefüge. Abwanderung, steigende Pendeldistanzen, Pkw-Orientierung, Ausdünnung des öffentlichen Verkehrs (ÖV), Verschwinden der (Nah-)Versorgungsstrukturen sind die Symptome. Am schlimmsten betroffen sind diejenigen, welche nicht über ein Auto verfügen, für sie werden die Versorgung und Aufrechterhaltung der sozialen Kontakte zum Existenzproblem. In MOVE wurden die Hintergründe untersucht und Lösungsmöglichkeiten erarbeitet. In fünf österreichischen Problemregionen wurden das Verkehrs- und Versorgungsverhalten der Bevölkerung erhoben und analysiert, sowie die wesentlichen Probleme der Bevölkerung identifiziert. Die Versorgungsinfrastruktur (Geschäfte, Gasthäuser, soziale Einrichtungen etc.) und das ÖV-Angebot wurden in ihrer Entwicklung untersucht. Lösungsvorschläge wurden erarbeitet und der Bewertung durch die Bevölkerung unterzogen.

#### Schlagwörter

Ländlicher Raum, Mobilität, Versorgung, Strukturwandel, Öffentlicher Verkehr

#### Abstract

*Social and economic changes, combined with plenty of jobs and supply infrastructure in the cities have negative consequences for rural regions. Traditional supply structures disappear, private motorised transport replaces Public Transport (PT) which deteriorates in service quality. The basic supply with goods and medical help gets out of reach for people without access to a private car, many social contacts get impossible. The research project MOVE analysed the reasons for these processes and found ways to provide reasonable supply with goods and mobility. Five regions in Austria were chosen and surveyed, looking into shopping and mobility behaviour, analysing and forecasting problems. The development over the years of the supply infrastructure (shops, restaurants, health-care facilities, kindergartens etc.) as well as the frequencies of PT were also evaluated. Various mobility characteristics could be derived from these surveys. Several possible solutions were offered to the people and evaluated with their help.*

#### Key words

*Rural areas, mobility, goods supply, structural changes, public transport*

## 1 Aufgabenstellung

In ländlichen Regionen führt die zunehmende Zersiedelung in Kombination mit der Konzentration von Arbeitsplätzen und Versorgungseinrichtungen in den Städten und den Änderungen der Sozial- und Wirtschaftsstrukturen (vor allem in der Landwirtschaft) u.a. zu folgenden Problemen:

- steigende Pendeldistanzen,
- Abwanderung aus peripheren Gebieten,
- zunehmende Abhängigkeit vom motorisierten Verkehr,
- Ausdünnung des öffentlichen Verkehrs,
- Abbau der kleinräumigen Versorgungsstrukturen.

Dies bewirkt neben der Zunahme der Haushaltsausgaben für Mobilität auch eine Fixierung Heranwachsender auf motorisierte Individualverkehrsmittel, Versorgungs- und Mobilitätsprobleme für jene, die über kein Auto verfügen (Jugendliche, Senioren, Frauen, Einkommensarme etc.), sowie eine soziale Benachteiligung für

wenig Mobile. Mit der Forschungsarbeit werden folgende Ziele verfolgt:

- Auffinden von Ursache-Wirkungszusammenhängen zwischen Mobilitätsbedürfnissen und Versorgungsnotwendigkeiten,
- Identifikation von strukturschwachen ländlichen Räumen in Österreich,
- Auswahl geeigneter Untersuchungsregionen,
- Abschätzung der künftigen Entwicklung von Mobilität und Versorgungslage,
- Identifikation und Analyse der subjektiven Mobilitäts- und Versorgungsprobleme der Bevölkerung,
- Erarbeitung eines Instrumentariums an Maßnahmen, um diese Probleme zu lösen,
- Evaluierung der Maßnahmeneffizienz mit den Betroffenen,
- Auswahl von geeigneten Regionen zur Durchführung von Demonstrationsprojekten.

## 2 Arbeitsablauf und Methoden

### 2.1 Arbeitsablauf

Der Ablauf des Forschungsprojektes MOVE ist in folgende Arbeitsschritte (AS) gegliedert:

- AS 1: Erhebung und Analyse der Qualität der Versorgungs- und der Verkehrsinfrastruktur
- AS 2: Prognose der Versorgungs- und Mobilitätsentwicklung zur Identifikation zukünftiger Probleme
  - Analyse der bisherigen Entwicklung und Trendprognose,
  - Bewertung der Auswirkungen und Identifikation der zukünftigen Entwicklung in Bezug auf Mobilitäts- und Versorgungsprobleme.
- AS 3: Entwicklung von Lösungsvorschlägen und Vertiefungsanalyse von Lösungsmaßnahmen
  - Haushaltsbefragung
  - Interaktive Befragung, in der Motive und Hemmnisse für das Verhalten hinterfragt, und Reaktionen auf die Lösungsmaßnahmen in Bezug auf deren Wirksamkeit und Akzeptanz erhoben und analysiert werden.
- AS 4: Interpretation der Ergebnisse, Empfehlungen und Beurteilung der Maßnahmen nach deren Akzeptanz bei der be-

troffenen Bevölkerung und Wirksamkeit in Bezug auf die Projektziele.

### 2.2 Untersuchungsregionen

Im Rahmen des Projekts MOVE wurden auf Gemeinde- und Bezirksebene Kennziffern der Wirtschaft und Mobilität erhoben, in einem "Strukturstärkeindex" aggregiert und dargestellt. Aus den so erhaltenen strukturschwachen Regionen wurden in Zusammenarbeit mit den Ämtern der Landesregierungen fünf Regionen in vier Bundesländern ausgewählt und vertieft analysiert. Die Gemeinden in den ausgewählten Gebieten haben bis zu 2.600 Einwohner (Tab. 1). Die Erwerbsquote liegt im Regelfall unter dem österreichischen Schnitt von 45 %. Lediglich das Südliche Marchfeld weicht als typisches Auspendlergebiet in der Nähe des attraktiven Ballungsraumes Wien mit einer überdurchschnittlich hohen Erwerbsquote von 48 % ab. Der Anteil der Nichttagespendler liegt vor allem in Untersuchungsgebieten mit großer Entfernung zum nächsten Zentralraum mit Werten bis zu 29% sehr hoch. Typisch für diese strukturschwachen Gebiete ist ein deutlich unter dem Durchschnitt (Median) liegendes Einkommen der Frauen. Der Anteil der Orte ohne Nahversorgung liegt bei einzelnen Gebieten mit Werten bis zu 36 % sehr hoch.



Abb. 1: Untersuchungsregionen des Projekts MOVE

		OÖ	OÖ	St	NÖ	B
	Österreich	Haslach	Klaus – Windischgarsten	Pöllau – Schachen	Südliches Marchfeld	Unteres PINKA- u. Stremtal
Einwohner 2001	-	5.000	5.200	5.700	8.900	5.100
Gemeinden im Untersuchungsgebiet	-	5	6	3	6	6
Erwerbsquote 1991	45%	39%	43%	44%	48%	41%
Nichttagespendler 1991	4%	22%	13%	24%	5%	29%
Medianeinkommen Frauen 1995	€ 1.308,-	-20%	-11%	-20%	-11%	-17%
Personen in Orten ohne Nahversorger 2001	-	31%	8%	23%	31%	36%

Tab. 1: Kenndaten der Untersuchungsregionen

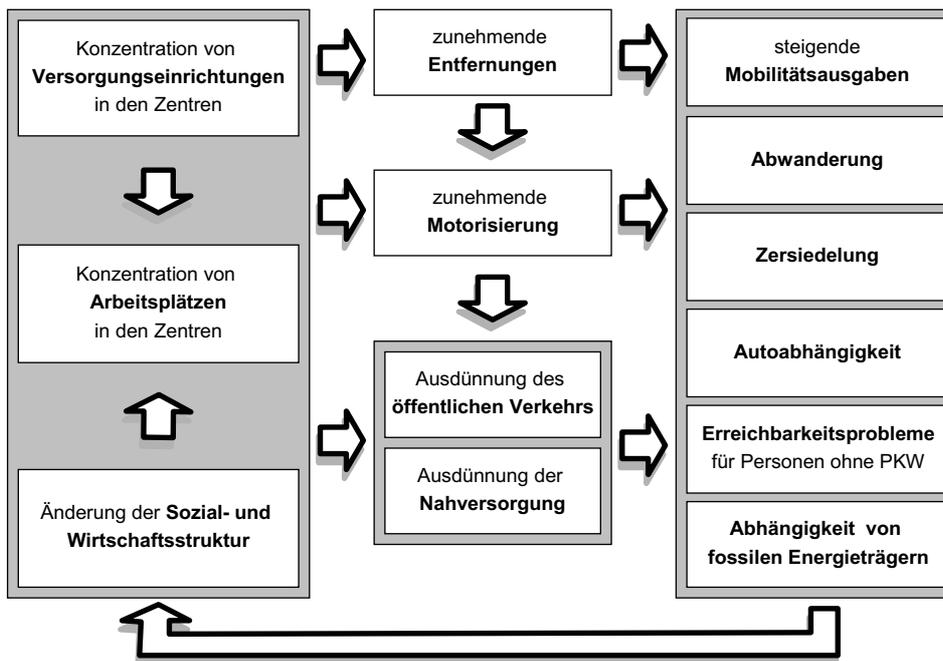


Abb. 2:  
Ursachen-Wirkungsgefüge  
von Versorgung, Arbeit und  
Mobilität (Ausschnitt)

### 2.3 Systemanalyse des Ursachen-Wirkungsgefüges

Mittels der von F. Vester<sup>1</sup> entwickelten Analysetechnik wurden die wesentlichen Einflussfaktoren und die Vernetzung der Mobilität und Versorgung im ländlichen Raum analysiert. Im dargestellten Ursachen-Wirkungsgefüge können mehrere, sich aufschaukelnde Regelkreise identifiziert werden (Abb. 2). Diese können eine Eigendynamik entwickeln und zu unerwünschten Systemzuständen führen, wie z.B. hohe Mobilitätskosten, Erreichbarkeitsprobleme für Personen ohne Autoverfügbarkeit. Die Konzentration von Versorgungseinrichtungen und Arbeitsplätzen im Zusammenhang mit der steigenden Motorisierung bedingt einen Rückgang der Nachfrage nach fußläufig erreichbarer Versorgung. Diese Versorgungseinrichtungen verlieren Kunden und müssen schließen, was zu einer Ausdünnung der Versorgungsstrukturen und einem Verlust von Arbeitsplätzen in der Region führt. Die zunehmende Autonutzung führt zur Reduktion der Nachfrage nach öffentlichem Verkehr und folglich zur Ausdünnung des Fahrplanes im ländlichen Raum. Diese Tendenzen bedingen eine wachsende Abhängigkeit vom Auto, und für die Erreichung wichtiger Versorgungsziele müssen große Entfernungen zurückgelegt werden. Steigende Motorisierung ermuntert wiederum zu größeren Pendlerentfernungen sowie zum Aufsuchen von Versorgungseinrichtungen, die fast nur mit dem Auto erreichbar sind (z.B. Großmärkte). Dies führt zu einer sozialen Benachteiligung der Bevölkerung im ländlichen Raum gegenüber Personen in Ballungsräumen. Besonders betroffen sind jene Bevölkerungsgruppen, welche (auch fallweise) über kein Auto verfügen. Hiezu zählen vor allem Senioren, Frauen und sozial schwache Personen.

### 2.4 Mobilitäts-erhebung und Stated Preference Analyse von Lösungsmaßnahmen

Das derzeitige Angebot an Versorgungs- und Dienstleistungseinrichtungen des täglichen Bedarfs und an Verkehrsinfrastruktur im öffentlichen Verkehr sowie im Individualverkehr wurde erhoben, analysiert und in Zwischenberichten dokumentiert. Die Entwicklung und Konzeption der zu testenden Lösungsmaßnahmen erfolgte in Abstimmung mit den vorliegenden Konzepten der Raum- bzw. Verkehrsplanung sowie den formulierten Fragestellungen. Die Befragung umfasste folgende drei Schritte:

- (1) Die **schriftliche Erhebung**, bei der Mobilitäts- und Versorgungsgewohnheiten in Form eines Verkehrstagebuchs für einen bzw. zwei Stichtage abgefragt wurden ("KONTIV-Verfahren"), fand ab Herbst 2000 statt. In den einzelnen Haushalten wurden Personen ab 6 Jahren mit ihren soziodemographischen Kennwerten erfasst. Die Haushaltsadressen wurden zufällig gezogen (Bruttostichprobe: 1368 Haushalte), die Rücklaufquote betrug 49 bis 57%. Es liegen Daten von 2033 Personen bzw. 6998 Wegen vor. Die Daten wurden in einem mehrstufigen Verfahren gewichtet und hochgerechnet.
- (2) Aufbauend auf die Analyse der schriftlichen Haushaltserhebungen wurden Lösungsansätze erarbeitet und einer Diskussion und Bewertung durch ausgewählte Bevölkerungsgruppen im Rahmen von **Fokus-Gruppen** unter Anleitung eines Moderators unterzogen.
- (3) Auf Basis der Haushaltserhebung und der Fokus-Gruppen wurden mit zahlreichen Personen ausgewählter Zielgruppen vertiefte **interaktive Befragungen** ("Stated Preference Analyse") durchgeführt, in welchen die Motive und Hemmnisse für das Verhalten hinterfragt und die Reaktion auf die Lösungsmaßnahmen in Bezug auf deren Wirksamkeit und Akzeptanz bei den betroffenen Bevölkerungsgruppen erhoben wurden.

<sup>1</sup> Vester, F.: Ausfahrt Zukunft. Strategien für den Verkehr von morgen. Eine Systemuntersuchung. München 1990

Folgende Lösungsansätze wurden zur Diskussion gestellt:

- im Bereich Versorgung: Hauszustellung, ein mobiles Kaufhaus und ein Grundangebot im Ort;
- im Bereich Mobilität: ein bedarfsorientiertes System (Landmobil) und ein Bustag.

### 3 Trendentwicklung

#### 3.1 Versorgung

In den untersuchten Kleingemeinden ist die Bevölkerung überaltert, die Arbeitslosenquote liegt mit 7% weit über dem österreichischen Durchschnitt, die Agrarquote liegt mit 15% relativ hoch. Geschäfte mit einem Sortiment für den täglichen Bedarf (=Nahversorger) sind noch in vielen Orten anzutreffen, mit der Pensionierung der Betreiber werden aber viele Geschäfte aufgegeben. Dieser Trend wird verstärkt durch die mehrheitliche Frequenzierung von Supermärkten.

Interessante Details zeigen sich bei der Siedlungsstruktur: In kompakten Ortskernen finden sich Nahversorger noch deutlich häufiger, vor allem, wenn diese zu Fuß und per Fahrrad erreicht werden können (36% der Einkaufswege). Streusiedlungen lassen den Nahversorgern kaum eine Überlebenschance (nur 8% der Einkaufswege zu Fuß oder per Rad). Kunden, welche erst einmal im Auto sitzen, fahren nicht zum Nahversorger, sondern zum nächsten Supermarkt mit breitem Warenangebot. Widerlegt wurde die verbreitete Meinung, das Einkaufen mit dem Pkw passiere "am Weg nach Hause". Einkaufsfahrten gehen vielmehr häufig von zu Hause aus.

Ähnlich ist die Situation bei Gasthäusern und Postämtern – diese sind ebenso vom Zusperrern bedroht. Wenn Geschäfte, Postämter und Wirtshäuser zusperrern, bedeutet dies nicht nur einen Verlust an Versorgungsqualität. Es führt zur sozialen Verarmung des Gemeinde- und Dorflebens und zum Verlust an Lebensqualität, zur inneren Verarmung – nicht nur für jene, welche keine Möglichkeit haben, mit dem Pkw woandershin zu fahren. Kommunikation und soziale Kontakte – z.B. beim Einkaufen für die Frauen, Gespräche am Stammtisch für die Männer – sind stark eingeschränkt oder unmöglich. Der Trend, kleine Geschäfte, Postämter und Gasthäuser zuzusperrern, die durch Abwanderung der Kunden nicht mehr rentabel sind, wird sich mit zunehmender Zersiedelung, Motorisierung und Änderung der Konsumgewohnheiten weiter fortsetzen. Die Lebensbedingungen für die benachteiligten Bevölkerungsgruppen werden sich verschlechtern.

#### 3.2 Mobilität

Bei der Prognose des Mobilitätsverhaltens wurden folgende Einflüsse berücksichtigt:

- Die Entwicklung der Motorisierung,
- die Änderung der Bevölkerungsentwicklung (Altersstruktur, Beschäftigungsstruktur),
- die Entwicklung der Mobilitätschancen (Motorisierung, Führerscheinbesitz),
- die Strukturentwicklung (Angebot des Raumes).

Der Motorisierungsgrad stellt eine wichtige Eingangsgröße für die Mobilitätsprognose dar. Unter der Annahme, dass der Sättigungsgrad der Motorisierung dann erreicht ist, wenn 96% der Personen ab 18 Jahren einen PKW besitzen, kann er z.B. für den politischen Bezirk Gänserndorf mit 784 PKW und Kombi pro 1000 Einwohnern festgesetzt werden. Der Motorisierungsgrad wird für das Jahr 2015 mit 672 PKW und Kombi pro 1000 Einwohner mittels Gompertz-Funktion prognostiziert (Abb. 3). Zum Vergleich: in den USA wurden diese Werte bereits vor mehr als 20 Jahren erreicht.

Auf Basis des für 2015 prognostizierten Motorisierungsgrades von 672 PKW und Kombi pro 1000 Einwohner kann eine Zunahme des Anteils der PKW-Besitzer an Personen über 18 Jahren von 70% auf 82% im Jahr 2015 als wahrscheinlich angenommen werden. Während in jüngeren Altersklassen der Anteil der PKW-Besitzer bei rund 90% liegen wird, wird mehr als die Hälfte der Personen ab 70 Jahren keinen PKW besitzen. Bei den Männern wird der Anteil der PKW-Besitzer von 77% im Jahr 2000 auf 88% im Jahr 2015 steigen, bei den Frauen von 64% auf 77%. Obwohl der Führerscheinbesitz und die Kfz-Verfügbarkeit zunehmen werden, wird es auch 2015 zahlreiche Haushalte und Personen geben, welche über keinen Pkw verfügen. Vor allem Kinder und Senioren sind auch zukünftig auf öffentliche Verkehrsmittel oder Servicefahrten angewiesen. Zusätzlich wird sich die Versorgungssituation für Personen ohne Kfz-Verfügbarkeit weiter verschlechtern und mit höherem Aufwand verbunden sein.

### 4 Lösungsszenarien

Zur Verbesserung der Versorgungs- und Verkehrsinfrastruktur wurden verschiedene Lösungsmöglichkeiten definiert und deren Akzeptanz sowie Umsetzungsmöglichkeiten im Rahmen von Szenarien für die Untersuchungsregionen geprüft.

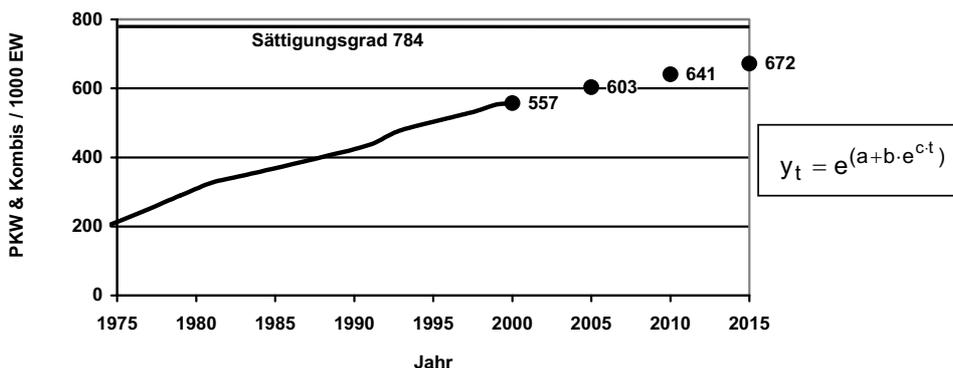


Abb. 3: Motorisierungsprognose 2015 für den Bezirk Gänserndorf

### 4.1 Versorgung

Folgende Szenarien, wie die Versorgung mit Gütern des täglichen Bedarfs im Jahr 2015 aussehen könnte, wurden untersucht und in Bezug auf ihre Unterstützung für eine nachhaltige Entwicklung beurteilt.

- Stationärer Nahversorger: In welchen Orten und wie ist dies betriebswirtschaftlich sinnvoll?
- Stationärer Nahversorger und zusätzlich ein Landmobil: Mit diesem werden die Kunden primär zum Kaufhaus in der Gemeinde oder zum nächstgelegenen Nahversorger gebracht.
- Fahrender Vollsortimenter: beliefert jene Haushalte, die über keinen stationären Nahversorger in 500m Entfernung verfügen.
- Nahversorger aus der Region: führt Hauszustellungen durch.
- Bustag: Die Bewohner werden an ein bis zwei Tagen pro Woche ins überregionale Zentrum gebracht.

Das Szenario "Stationärer Laden kombiniert mit einem Landmobil" erreichte in drei, das Szenario "Hauszustellung" in einer Region die beste Bewertung. Signifikant ist, dass Regionen mit kompakter Siedlungsstruktur eine bessere Bewertung erhielten als jene Regionen mit sehr zerstreuter Siedlungsstruktur. Dies zeigt deutlich, dass in Gebieten mit sehr zerstreuter Siedlungsstruktur die Ziele einer nachhaltigen Entwicklung nur sehr eingeschränkt erreicht werden und eine optimale Versorgung nur mit erhöhtem Aufwand zu gewährleisten ist. Daher ist es aus Sicht der Nahversorgung wichtig, Siedlungsentwicklung nur mehr dort zuzulassen, wo bereits lokale Zentren vorhanden sind.

Bei den Untersuchungen hat sich gezeigt, dass

- vorwiegend die eigene Wohnung Ausgangspunkt zum Einkauf ist, auch für Einkäufe mit dem Pkw;
- der Nahversorger vorwiegend zu Fuß, von zu Hause aus frequentiert wird, wobei die maximale Fußwegedistanz 500m (Fahrrad bis 2km bei flacher Topografie) beträgt;
- weitere Distanzen mit dem Auto zurückgelegt werden, und zwar nicht zum Nahversorger im Ort oder Nachbarort, sondern zum nächsten Supermarkt;
- ein klassischer Lebensmitteleinzelhandel bei 500 Einwohnern im Einzugsbereich erfolgreich geführt werden kann. Für eine Kombination mit einem Gasthaus können sogar 200 Einwohner ausreichen;
- bei einer Entfernung von weniger als etwa 6km zum nächsten Supermarkt die kleinen Nahversorger der Konkurrenzsituation in der Regel nicht mehr standhalten können. Der Kaufkraftabfluss wird für sie existenzgefährdend.

Wenn die räumlichen Voraussetzungen erfüllt werden, bieten sich folgende erfolgsversprechende Strategien an:

- Multifunktionaler Nahversorger,
- Postpartnerschaften,
- Kombination aus Gasthaus und Lebensmitteleinzelhandel,
- Hauszustellung,
- Mobiler Nahversorger.

Zusätzlich sind rechtliche Rahmenbedingungen und Förderungen zu regeln und bewusstseinsbildende Maßnahmen vor Ort zu treffen. Für Postpartnerschaften und Kombinationen aus Gasthaus und Lebensmitteleinzelhandel gibt es in den Untersuchungsgebieten funktionierende Beispiele.

### 4.2 Mobilität

Das Angebot an öffentlichen Verkehrsmitteln in den Untersuchungsgebieten ist teilweise als sehr schlecht zu bewerten. Am Beispiel Marchfeld kann dies gezeigt werden: Die (Bus-)Verbin-

dung zum Bezirkshauptort ist an Werktagen oft nur während der Schulzeit möglich. Eine Möglichkeit zur Verbesserung der Erreichbarkeit regionaler Zentren außerhalb des Berufspendler- und Schülerverkehrs bietet der **Bustag**. Das Konzept des Bustags geht von der Überlegung aus, dass eine zeitliche Konzentration von Verkehrsdiensten an einem oder zwei Tagen pro Woche für die Fahrgäste als attraktiver empfunden wird als ein mangelhaftes Angebot an mehreren Tagen. In den Untersuchungsregionen wurden Personen ohne PKW-Verfügbarkeit zum Bustag befragt. 62% der Personen halten den Bustag grundsätzlich für eine gute Idee. In Orten, in denen keine Grundausrüstung bzw. kein Nahversorger vorhanden ist, gaben 61% der Befragten an, sie würden ihre Erledigungen in den regionalen Zentren auf einen Bustag konzentrieren. Als häufigsten Bedarf für einen Bustag wurden von 51% der Einkauf und von 34% der Befragten der Arztbesuch genannt. Durch disperse Siedlungsstruktur und den Rückzug der Nahversorgung sind auch viele Einrichtungen des täglichen Bedarfs nicht (mehr) fußläufig erreichbar. Innerhalb einer Gemeinde ist in der Regel kein öffentliches Verkehrsangebot vorhanden. Personen ohne PKW-Verfügbarkeit bzw. in ihrer Mobilität eingeschränkte Personen haben Probleme, die Nahversorgung (Waren, Arzt, ...) und Haltestellen des öffentlichen Verkehrs zu erreichen und soziale Kontakte zu pflegen. Für Gebiete mit geringer Nachfrage nach öffentlichem Verkehr bieten sich zur Verbesserung der Erreichbarkeit innerhalb der Gemeinden bedarfsorientierte Lösungen wie z.B. das **Landmobil** an. Das Landmobil ist eine Form organisierter Nachbarschaftshilfe. Es wird in der Regel von einem Verein organisiert und verkehrt innerhalb des Gemeindegebiets. Die Fahrer sind Mitglieder des Vereins, die gegen eine geringe Aufwandsentschädigung ihre Zeit und evtl. auch ihr Privatfahrzeug zur Verfügung stellen. Der Fahrgast meldet seinen Fahrtenwunsch telefonisch bis zu einer halben Stunde vor der gewünschten Abfahrtszeit beim diensthabenden Fahrer an. Er wird von jedem beliebigen Ort innerhalb des Bedienungsbereichs abgeholt und zum gewünschten Ziel gebracht. Das Landmobil soll die Nahversorgung in der Gemeinde stärken, eine Ergänzung bzw. ein Zubringer zum bestehenden Verkehrsangebot sein und Begleit- und Servicewege reduzieren. Ein weiterer Aspekt des Landmobils ist die Stärkung sozialer Kontakte in der Gemeinde.

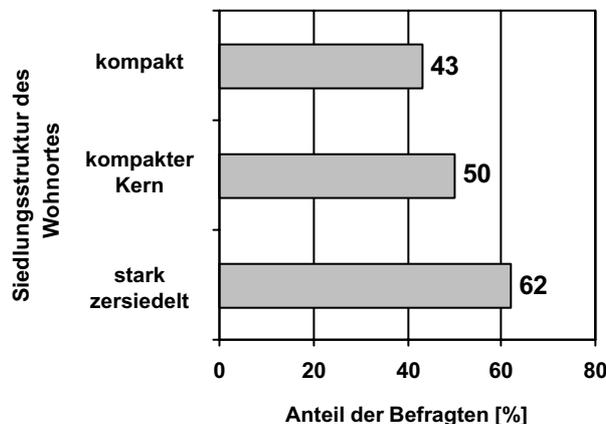


Abb. 4: Nutzung des Landmobils durch Personen ohne PKW-Verfügbarkeit in Abhängigkeit von der Siedlungsstruktur des Wohnortes

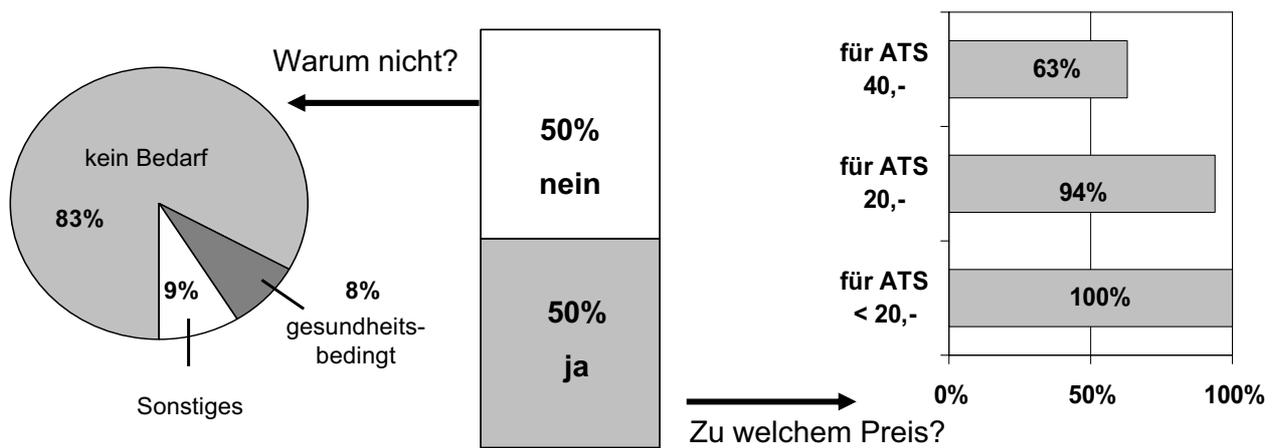


Abb. 5: Nutzung des Landmobils durch Personen ohne PKW-Verfügbarkeit

In der im Rahmen des Projekts durchgeführten Befragung halten 73 % der Personen ohne PKW-Verfügbarkeit das Landmobil für eine gute Idee. 50% der Personen ohne PKW-Verfügbarkeit würden vom Landmobil Gebrauch machen. In stark zersiedelten Orten, in denen die fußläufige Erreichbarkeit geringer ist, würden 62% der Personen ohne PKW-Verfügbarkeit das Landmobil nutzen (Abb. 4). Personen, die nicht vom Landmobil Gebrauch machen würden, sehen zum Großteil (83 %) keinen Bedarf, da sie jederzeit durch andere Personen im Haushalt (meist Ehemann) transportiert werden können oder in geringer Distanz zu Versorgungseinrichtungen leben. Von den Personen, die das Landmobil nutzen würden, wären 94% bereit, für eine Fahrt € 1,45 (ATS 20,-) zu bezahlen, 63% halten € 2,91 (ATS 40,-) für akzeptabel (Abb. 5).

Der größte Bedarf für das Landmobil wird bei den Befragten mit 87% im täglichen Einkauf gesehen, 42% würden mit dem Landmobil zum praktischen Arzt fahren, 29% würden damit Bekannte oder den Gottesdienst besuchen (Abb. 6).

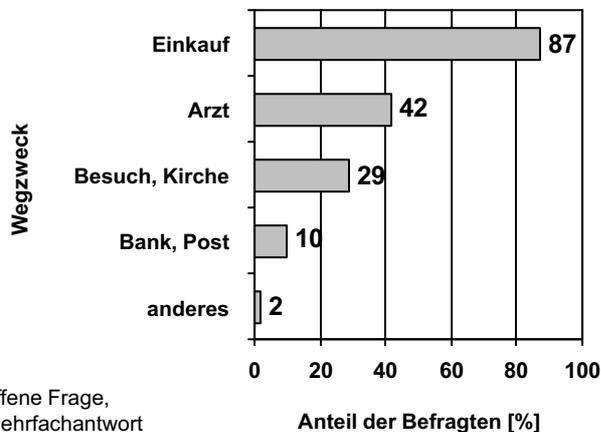


Abb. 6: Wegzweck bei Nutzung des Landmobils durch Personen ohne PKW-Verfügbarkeit

## 5 Schlussfolgerungen – Empfehlungen

Im Mobilitätsangebot stellen die vorgestellten Lösungsansätze Denkanstöße dar, die es wert sind, weitergedacht zu werden, um mit gleichen Ressourcen mehr (Lebens-)Qualität erreichen zu können. Es ist notwendig, herkömmliche Formen des Verkehrsangebots zu hinterfragen und – sofern es sinnvoll erscheint – neue Wege einzuschlagen. Die untersuchten Lösungen – Landmobil und Bustag – zeigen ein hohes Lösungspotential. Als ein wesentliches Ergebnis des Forschungsprojektes MOVE wird z.B. das Landmobil im Rahmen eines EU-Forschungsprojektes in der Gemeinde Klaus a.d. Pyhrnbahn praktisch erprobt werden.

Bei der Versorgung geht der Trend eindeutig in Richtung "Fernversorgung" statt Nahversorgung. Dies erscheint nicht unabwendbar, sondern es gilt, den für einige Bevölkerungsgruppen damit verbundenen Verlust an Lebensqualität rasch mit wirtschaftlich überlebensfähigen neuen Formen der Nahversorgung, wie multifunktionaler Nahversorger, Postpartnerschaften, Kombination aus Gasthaus und Lebensmitteleinzelhandel, Hauszustellung, mobiler Nahversorger, abzufangen.

Eine wesentliche Voraussetzung für eine nachhaltige Entwicklung im ländlichen Raum ist vor allem die Schaffung bzw. Erhaltung kompakter Siedlungsstrukturen, um die Nahversorgung und die Mobilität auch in Zukunft für alle Bevölkerungsgruppen sicherstellen zu können.

## 6 Output

### Vorträge, publiziert

- Kofler, T.; Zeiner, S.: Nahversorgung im Jahr 2015. In: ÖKL – Österreichisches Kuratorium für Landtechnik und Landentwicklung (Hrsg.): Land & Raum 2/2002. Wien 2002
- Meschik M.: Wie mobil ist die Region? In: ÖKL – Österreichisches Kuratorium für Landtechnik und Landentwicklung (Hrsg.): Land & Raum 2/2002. Wien 2002
- Meschik, M.: Innovative Transport Solutions for Rural Areas. In: Ministry Flemish Community. Department of Environment and Infrastructure (Hrsg.): Proceedings of the European

- Conference on Mobility Management (ECOMM 2002) – Gent, May 15–17, 2002. Brussels (Belgien) 2002
- Meschik, M.; Meth, D.: Mobility and Supply Needs in Economic Deprived Rural Areas Due to Structural Changes (Move). In: Bezak, B., STU Stavvebna (Ed.): Proc., 8th Internat. Scientific Conference "Mobilita '01", Sept. 6–7, 2001. Bratislava (Slowakei) 2001
- Meth, D.: Sicherung der Mobilität – neue Wege für den ländlichen Raum. In: ÖKL – Österreichisches Kuratorium für Landtechnik und Landentwicklung (Hrsg.): Land & Raum 2/2002. Wien 2002
- Sammer, G.: Das Forschungsprojekt MOVE – Ziele, Methoden Konzeption. In: ÖKL – Österreichisches Kuratorium für Landtechnik und Landentwicklung (Hrsg.): Land & Raum 2/2002. Wien 2002
- Sammer, G.: Spannungsfeld Verkehr. Vortrag im Rahmen des BOKU-Kongresses. 18.–21. November 2001. Wien 2001
- Weber, G.: Rückzug der Nahversorgung – ein Problem mit vielen Gesichtern. In: ÖKL – Österreichisches Kuratorium für Landtechnik und Landentwicklung (Hrsg.): Land & Raum 2/2002. Wien 2002
- Vorträge, (noch) nicht publiziert**
- Meschik, M.: Lösung von Mobilitäts- und Versorgungsproblemen im Südburgenland. Im Rahmen der Podiumsdiskussion "Zukunftsregion Südburgenland!? – Wirtschaftliche und infrastrukturelle Herausforderungen in einem größeren Europa" (7. September 2002). Güssing 2001
- Meschik, M.: Demand Responsive Transport (DRT) for Rural Areas. Vortrag im Rahmen des Student Business Workshop "Fast technology for slow cities" (April 18, 2002). Ivrea (Italien) 2002
- Meschik, M.: Mobility and Supply in Rural Areas. Vortrag im Rahmen des Student Business Workshop "Fast technology for slow cities" (April 18, 2002). Ivrea (Italien) 2002
- Meschik, M.: Die Zukunft der Mobilität im ländlichen Raum. Vortrag im Rahmen der International conference on urban, architectural and technical aspects of the renewal of the countryside (May 29, 2002). Bratislava (Slowakei) 2002
- Meschik, M.; Meth, D.: Demand Responsive Transport Solutions for Rural Areas In: Széchenyi István Főiskola (Hrsg.): Magyar Tudomány Napja 2001. Kutatási eredmények és hasznosságuk a közlekedésben. Konferencia. Győr (Ungarn) 2001
- Meth, D.: Changing Mobility Behaviour in Rural Areas. Vortrag im Rahmen des Symposiums Transport and Environment. Hrvatsko znanstveno društvo za promet. Opatija (Kroatien) 2002
- Sammer, G.: Wieviel Verkehr(serschließung) benötigt/verträgt eine nachhaltige Landnutzung? Vortrag im Rahmen der Konferenz "Landschaft unter Druck". Universität für Bodenkultur 12.–13. Oktober 2000. Wien 2000
- Weber, G.: Securing the Provision of Daily Goods and Services in Structurally Weak Rural Areas in Austria. Vortrag im Rahmen des Kasology-Meetings. Pearce, Arizona (USA) 2002
- turwandels. 1. Zwischenbericht. Im Auftrag der Universität für Bodenkultur Wien. Gefördert durch die universitätsinterne Forschungsstimulierung (Ausschreibung 1999). Wien 2000
- Sammer, G.; Meschik, M.; Meth, D.; Weber, G.; Kofler, T.; Wagner, H.; Pirkelbauer, S.: MOVE – Mobilitäts- und Versorgungserfordernisse im strukturschwachen ländlichen Raum als Folge des Strukturwandels. 5 Forschungsberichte "Datenanalyse" zu den 5 Untersuchungsregionen. Gefördert durch die universitätsinterne Forschungsstimulierung der Universität für Bodenkultur Wien (Ausschreibung 1999). Alle Wien 2001:
- Untersuchungsgebiet Marchfeld. Im Auftrag des Amtes der Niederösterreichischen Landesregierung. Wien 2001
  - Untersuchungsgebiet Region Haslach. Im Auftrag des Amtes der Oberösterreichischen Landesregierung. Wien 2001
  - Untersuchungsgebiet Klaus – Windischgarsten. Im Auftrag des Amtes der Oberösterreichischen Landesregierung. Wien 2001
  - Untersuchungsgebiet Pöllau – Schachen. Im Auftrag des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung. Wien 2001
  - Untersuchungsgebiet Unteres Pinka- und Stremtal. Im Auftrag des Regionalen Entwicklungsverbandes Unteres Pinka- und Stremtal. Wien 2001
- Sammer, G.; Meschik, M.; Meth, D.; Weber, G.; Kofler, T.; Wagner, H.; Pirkelbauer, S.: MOVE – Mobilitäts- und Versorgungserfordernisse im strukturschwachen ländlichen Raum als Folge des Strukturwandels. Untersuchungsgebiet Marchfeld. Schlussbericht. Im Auftrag des Amtes der Niederösterreichischen Landesregierung. Gefördert durch die universitätsinterne Forschungsstimulierung der Universität für Bodenkultur Wien (Ausschreibung 1999). Wien 2002
- Fachtagung**
- Mobilitäts- und Versorgungserfordernisse im strukturschwachen ländlichen Raum als Folge des Strukturwandels – MOVE. Universität für Bodenkultur. 20. März 2002 (75 Teilnehmer)
- Projekt-Homepage**
- <http://www.boku.ac.at/verkehr/move.htm>
- Dissertation (in Bearbeitung)**
- Meth, D.: Mobilität im ländlichen Raum (Arbeitstitel)
- Diplomarbeit (in Bearbeitung):**
- Mair, G.: Alternativer öffentlicher Verkehr für den ländlichen Raum am Beispiel der Gemeinde Klaus an der Pyhrnbahn (Arbeitstitel)
- Science-Week 2002**
- Ausstellungsstand und Poster bei der Science Week 2002 in der HTL-Mödling und in der HTL St. Pölten.

#### **Forschungsberichte**

- Sammer, G.; Meschik, M.; Meth, D.; Weber, G.; Kofler, T.; Wagner, H.: MOVE – Mobilitäts- und Versorgungserfordernisse im strukturschwachen ländlichen Raum als Folge des Struk-
- Präsentationen der Ergebnisse in den Gemeinden der 5 Untersuchungsregionen sind geplant. Das Projekt schafft Grundlagen für weitere nationale und internationale Forschungsprojekte und Kooperationen, Input für die Lehre. Ein Demonstrationsprojekt wird in der Praxis erprobt (s.u.).

**Beurteilung der Hebelwirkung – Folgeprojekte**

Erweiterung des Forschungsprojektes MOVE mit Unterstützung der Ämter der Landesregierungen Niederösterreichs, Oberösterreichs und der Steiermark sowie des Regionalen Entwicklungsverbandes Unteres Pinka- und Stremtal

ARTS (Actions on the integration of rural transport services) EU-Forschungsprojekt im 5. Rahmenprogramm: Verschiedene alternative (öffentliche) Mobilitätsangebote werden im Rahmen von Demonstrationsprojekten getestet und europaweit bewertet. Die sich verschlechternde Situation des öffentlichen Verkehrs in ländlichen Regionen soll durch den Einsatz benutzerfreundlicher und sparsamer Systeme verbessert werden. Österreichisches Demonstrationsprojekt "Landmobil" in der Gemeinde Klaus a.d. Pyhrnbahn. Projektdauer: 10. Jänner 2001 bis 30. September 2003

## **Lawinenkundliche und waldbauliche Analyse des Katastrophenwinters 1998/99 und Erstellung eines Standardverfahrens zur dynamischen Ermittlung lawinengefährdeter Bereiche mit dem Ziel einer verbesserten Katastrophenprävention**

### ***Analysis of the avalanche disaster in winter 1998/99 and compilation of a standard method for the determination of risk areas with the objective of an improved disaster prevention***

#### **Projektteam**

Institut für Vermessung, Fernerkundung und Landinformation: Helmut Fuchs, Robert Berer, Maria Dissauer, Stefan Janu; Institut für Alpine Naturgefahren und Forstliches Ingenieurwesen: Karl Kleemayr, Michael Botthoff, Stefan Kreuzer, Christian Pürstinger, Markus Holub, Gebhard Walter, Gerald Jäger, Sigrid Wieshofer; Institut für Waldbau: Gerhard Volk

#### **Zusammenfassung**

Anlässlich der Lawinenkatastrophe von Galtür im Februar 1999 wurden umfangreiche Erhebungen der zahlreich abgegangenen Lawinen durchgeführt. Dabei wurden Befliegungen im Paznauntal, Kaunertal, Stanzertal und Montafon durchgeführt und Luftbilder aufgenommen. Bedingt durch die hervorragenden Wetterbedingungen entstand bei diesen Befliegungen ein Luftbildmaterial von einzigartiger Qualität, auf dem einige hundert Lawinenabgänge dokumentiert sind. Im Anschluss an die Befliegungen wurden im Pitztal, Paznauntal und Kaunertal umfangreiche terrestrische Kartierungen der Lawinenabgänge durchgeführt. Gleichzeitig wurden die Daten für 150 bekannte Schadlawinen gesammelt. Der Versuch der Nachvollziehung der Ereignisse in Galtür mit dem an der BOKU entwickelten dynamischen Lawinensimulationsmodell ELBA ließ eindrucksvoll erkennen, um wie viel mehr die Abschätzung des Gefahrenpotentials einer Lawine ein Problem der Bestimmung der Anfangsbedingungen (Abbruchmächtigkeit, Abbruchfläche, Schneetyp, Schneemenge in der Sturzbahn) als eines der kinematischen Beschreibung ist. Die Katastrophe von Galtür muss daher zum Anlass genommen werden, die Konzepte der Gefahrenabschätzung von Lawinen grundlegend zu überdenken und überarbeiten. Grundvoraussetzung dafür ist eine Dokumentation und Analyse der vorgefallenen Ereignisse.

#### **Abstract**

*On the occasion of the avalanche disaster in Galtür in February 1999 extensive documentations of numerous avalanches have been carried out. Conditional on perfect weather conditions (2 days after the disaster) it was possible to make aerial images of several valleys. The result are aerial images with unique quality. By means of digital photogrammetric methods a compilation of several hundred avalanche events in Paznaun, Kauner- and Pitz- valley have been performed. Subsequent to this, avalanches have been analyzed by field work and computer simulations with ELBA. At the same time chronicle data of about 150 avalanches have been collected. The attempt to understand and analyze the Galtür avalanche by means of the avalanche simulation system ELBA showed that the estimation of the potential risk is more a problem of the definition of starting conditions (break off thickness, break off area, snow type, amount of snow during runoff) and not of the kinematical description. The avalanche disaster in Galtür is the reason to reconsider the concepts of avalanche risk assessment. Prerequisite for that is a detailed documentation and analysis of all events.*

## **1 Beteiligte Institute**

### **Institut für Vermessung, Fernerkundung und Landinformation (IVFL)**

Das IVFL führte in diesem Projekt die photogrammetrischen Arbeiten, wie Orientierung der Luftbilder, Stereointerpretationen, Geländemodellerstellung und Orthophotoberechnung durch. Darüber hinaus beriet dieses Institut die anderen Teilnehmer in Fachfragen der Geoinformatik und führte auch einen Teil der ELBA-Simulationen durch.

### **Institut für Alpine Naturgefahren und Forstliches Ingenieurwesen**

Aufgabe des Institutes für Alpine Naturgefahren war es, einen Vergleich zwischen den Ereignissen aus dem Winter 1999 mit den Chronikereignissen herzustellen. Dies wurde in umfangreicher Weise mit statistischen Methoden und dem Modell ELBA durchgeführt. Im Vorfeld des Projektes führte dieses Institut auch die terrestrischen Kartierungen der Ereignisse des Winters 1999 durch.

### **Institut für Waldbau**

In Zusammenarbeit mit dem IVFL wurden durch dieses Institut mehrere Anwendungen zur automationsunterstützten Analyse von Lawinendaten erstellt. Auch das Waldbau-Institut führte einige ELBA-Simulationen durch.

## **2 Erhebung der Datengrundlagen und Informationsaufbereitung**

### **2.1 Photogrammetrische Auswertung**

Grundlage der lawinenkundlichen Auswertung sind die digitalen Luftbilder des Winterfluges vom 26.02.1999 sowie ein Flug des BEV aus dem Sommer 1996. Die gescannten Luftbilder (ca. 300 Stück) wurden mit Hilfe digitaler photogrammetrischer Workstations stereoskopisch ausgewertet. Die weiterführende Datenaufbereitung und Verwaltung erfolgt mittels GIS-Systemen.

Eine Bedingung für eine homogene Auswertung war die Erstellung eines detaillierten Auswerteschlüssels. Der Auswerteschlüssel



Abb. 1: Beispiel für die Strukturierung einer Lawinenbahn

sel basiert auf der grundsätzlichen Überlegung, dass die Einteilung bzw. Bewertung der digitalisierten Linien wesentlich schneller und effizienter durch bestimmte (im Auswerteschlüssel festgelegte) Farben und Levelnummern erfolgt, als durch direkte Attributierung. Durch die Festlegung des Auswerteschlüssels ergab sich zwar eine Optimierung in der Digitalisierung, jedoch hätte die vereinfachte Attributierung über Level und Farbe zu einem hohen Informationsverlust für den Weiterbearbeiter geführt. Um dieser Tatsache entgegen zu wirken, wurde zu jeder Lawine eine Beschreibung in Textform verfasst, die eine kurze Charakteristik der Lawine darstellt. Dieser Text wurde so organisiert, dass die drei Hauptbereiche einer Lawine (Abbruchgebiet, Überstrichener Bereich und Ablagerung) in 3 Paragraphen

unterteilt wurden, und so in einem Textfile leicht anzusprechen sind. Das wiederum erleichtert in einem Geoinformationssystem die Datenbankverknüpfung zwischen Polygonen und dem zugehörigen Text.

Der Auswerteschlüssel umfasst für die Auswertung 10 unterschiedliche auszuwertende Objekttypen (Bauwerke aus dem Sommerflug, Rutschung in Verbauung, Fliessvektoren, Bauwerke im Winterflug, Ablagerung, Abbruchkanten, Stauchwall, überstrichener Bereich, Gleittriss unter Verbauung und Lawinenmäuler, Staubanteil), die wiederum in Interpretierbarkeit (gut, schlecht, eher deutlich, vermutet) charakterisiert wurden.

Detaillierte Auswertungen wurden in den Bereichen Paznaun und St. Anton durchgeführt. Interessant sind die Statistiken dieser Auswertungen.

Paznaun:

Insgesamt konnten 53 Bereiche mit Lawinentätigkeit identifiziert werden. Diese betrafen ein Gesamtareal von 998ha, von denen 318ha als Ablagerungsbereiche erkennbar waren. Die restlichen 680ha sind Anbruchgebiete und Sturzbahnen. Eine Abgrenzung zwischen diesen beiden Typen ist zwar nur selten möglich. Ein nicht unerheblicher Anteil der Bereiche mit ausgewiesener Lawinentätigkeit wurde offensichtlich mehrfach von Lawinen aus unterschiedlichen Anbruchgebieten überströmt.

Neben den Lawinen wurden nach dem oben beschriebenen Schlüssel auch alle sichtbaren Stützverbauungen photogrammetrisch erhoben. Dabei wurden kleinräumig erhebliche Unterschiede, wie weit die Bauwerke eingeschneit waren, evident.

Bereich	eingeschneit (Meter)	sichtbar (Meter)
Großtallawine/Adamsberg	4822	5765
Madleinlawine	2170	11115
Paznaun gesamt	9385	21732

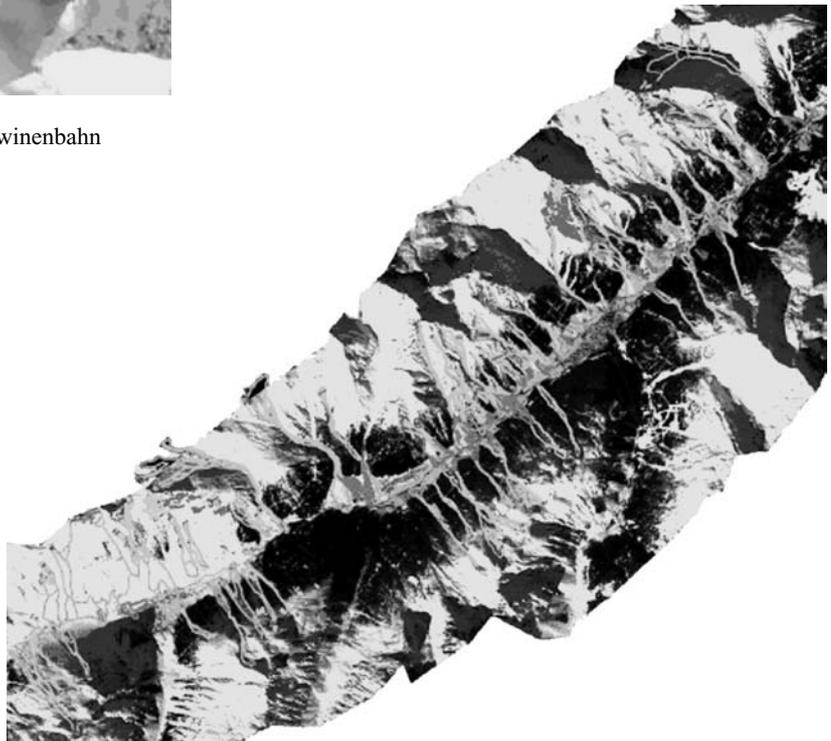


Abb. 2: Photogrammetrische Auswertungen Paznaun



Abb. 3:  
Untersuchungsgebiet  
St. Anton

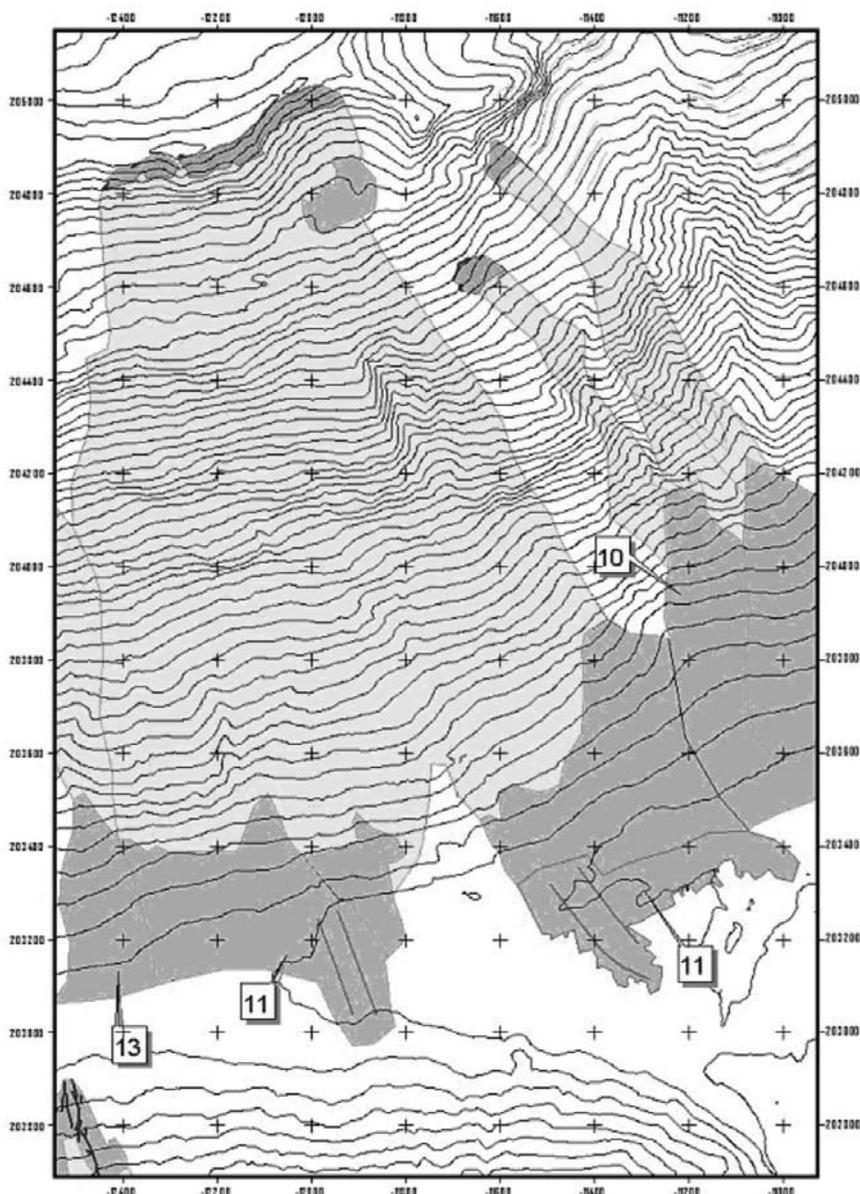


Abb. 4: Beispiel der Auswertungen im Bereich Galtür

Ähnliche Auswertungen und Statistiken wurden im Gebiet St. Anton durchgeführt.

In diesem Gebiet konnte eine Fläche von ca. 15.650 ha erfasst werden. Davon waren:

Abbruchgebiete	10ha
Überstrichene Bereiche	357ha
Ablagerungen	150ha
Staubanteil	33ha
Von Lawinen betroffene Flächen	550ha

## 2.2 Bilddokumentation

Sämtliche im Winter 1999 und im Sommer 2000 im Pitztal, Paznaun und Stanzertal durchgeführten terrestrischen Aufnahmen sind mittels Fotografien vollständig dokumentiert.

Dabei wurden bei den Erhebungen im Sommer für jeden Lawinenstrich sowohl die Gesamtansicht der Lawine als auch die einzelnen Teilabschnitte – Anbruch, Sturzbahn, Ablagerung – fotografisch festgehalten. Besonders im Anbruchsbereich und in der Sturzbahn ergab sich dadurch die Möglichkeit, die einzelnen Rauigkeitsklassen (Bewaldung, Blockschutt, langhalmiges Gras, etc.) und Geländeformen für spätere Simulationen zu kartieren. Die Fotos wurden nach einem einheitlichen System benannt und in einer digitalen Bilddatenbank archiviert.



Abb. 5: Beispiel aus der Photodokumentation (Valzurlawine)

### 2.3 Terrestrische Aufnahmen und Erhebungen

Für die Geländeaufnahme wurde ein 7-seitiges Lawinenaufnahmeblatt zusammengestellt. Auf Basis dieser Aufnahmeblätter (in Anlehnung an die bereits vorhandenen Aufnahmeblätter der Wildbach- und Lawinenverbauung), sind alle Lawenstriche im hinteren Paznauntal und Pitztal im Gelände vor Ort im Sommer 2000 kartiert worden. Für jede Lawine wurde eine eindeutige Identifikationsnummer in Form eines 8-stelligen Codes vergeben, wobei die ersten 5 Stellen für die Gemeinenummer reserviert sind und die 3 folgenden eine fortlaufende Nummer für jede Lawine in einer Gemeinde beinhalten. Bei den terrestrischen Kartierungen wurde durch Interpretation der stummen Zeugen auf den Prozessstyp bzw. die Prozesswirkung geschlossen, die Anbruchgebiete sämtlicher Lawenstriche in eine Karte eingezeichnet und die Rauigkeiten im Anbruchgebiet und in der Sturzbahn ermittelt (Bewaldung, etc.). Auch der Verbauungstyp, die Funktion und Wirksamkeit von technischen Schutzmassnahmen und Einbauten wurde aufgenommen.

Sämtliche Lawinenabgänge wurden auch schon im Februar 1999 unmittelbar nach den Ereignissen innerhalb von 2 Wochen terrestrisch kartiert. Dabei wurden vor allem der Ablagerungsbereich des Fließanteils, der Staublawinenwirkungsbereich und die Ablagerungshöhe festgehalten. Die Abbruchgebiete waren aufgrund der schlechten Witterungsverhältnisse nur vereinzelt sichtbar. Diese terrestrischen Kartierungen ergänzten und vervollständigten die Luftbilddauswertungen.

### 2.4 Wetter-, Schnee- und Lawinengefahrensituation

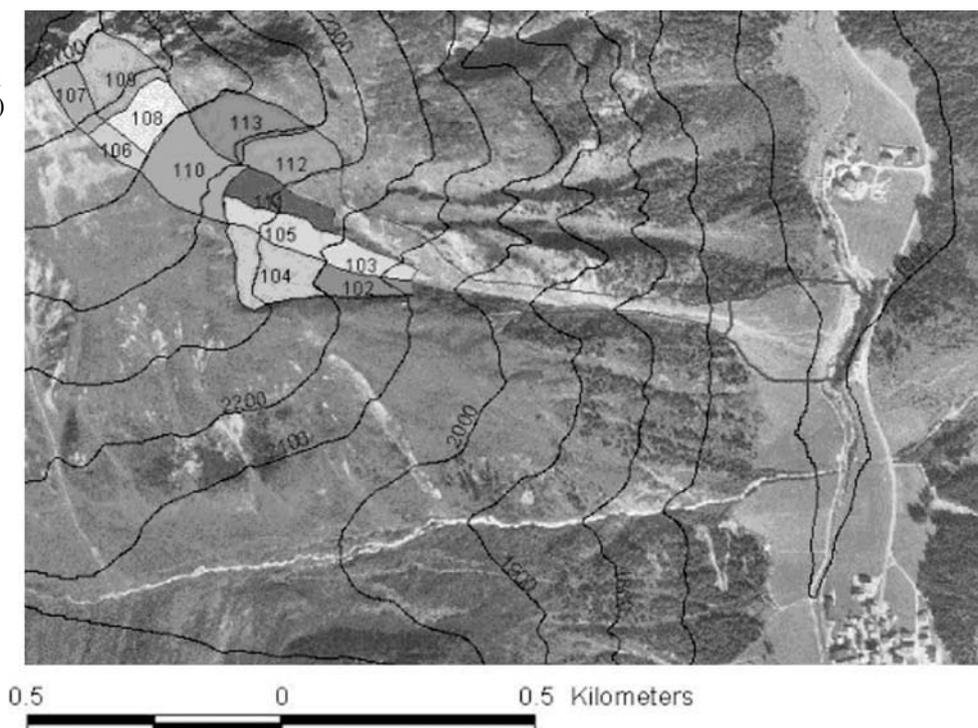
Anhand des Alpinwetterberichtes, der fixer Bestandteil des täglich erscheinenden Lawinenlageberichtes (erstellt vom Tiroler Lawinenwarndienst) ist, und auf Wetterprognosemeldungen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) basierend, wird der für die Lawinenbildung wetterrelevante Zeitraum vom 27. Jänner (Beginn der enormen Neuschneezuwächse) bis zum 25. Februar (letzter Tag mit Schneefällen nach den großen Lawinenabgängen) beschrieben. Weiters wurden alle Informationen über den Schneedeckenaufbau vom 19.2.1999 bis zum 26.2.1999 zusammengefasst.

## 3 Methodik

### 3.1 Abgrenzung potentieller Anbruchgebiete

Auf dem Luftbildmaterial vom Paznaun – und Stanzertal aus dem Februar 1999 sind zwar fast immer die Ablagerungen der abgegangenen Lawinen festzustellen, doch sind durch die starke Überprägung durch Wind, Schneefall und Sonneneinstrahlung die Anbruchgebiete nur selten eindeutig zu erkennen. Darüber hinaus liegen für das Pitztal nur terrestrische Kartierungen der Ablagerungen vor, da dieses Gebiet im Februar 1999 nicht überflogen wurde. Aus diesem Grund wurde für jeden untersuchten Lawinenstrich das potentielle Abbruchgebiet bestimmt und in Teilabbruchgebiete unterteilt.

Abb. 6  
Darstellung der  
Teilabbruchgebiete am Beispiel  
der Parstlehnlawine (70217049)



Lawinenabbruchgebiete sind a priori nur selten eindeutig bestimmbar. Sowohl die laterale Ausdehnung als auch die Erstreckung in der Falllinie sind dabei mit hohen Unsicherheiten behaftet. Ausnahmen stellen lediglich Abbruchgebiete dar, die mit deutlichen topographischen Elementen begrenzt sind. Diese Unsicherheit wird noch mit der Unsicherheit aus der Schätzung der Abbruchhöhen überlagert. Da die Bestimmung der Abbruchhöhen überwiegend von meteorologischen Einflüssen bestimmt wird (in Wechselwirkung mit der Geländeausprägung), sollen in diesem Kapitel vor allem die topographischen Einflussfaktoren analysiert werden, die sich auf die flächige Ausbreitung möglicher Lawinenabbrüche auswirken. Da die vollautomatische Ausscheidung von Abbruchgebieten (etwa basierend auf Neigung oder Exposition) nicht zuverlässig ist, wurde eine kombinierte Bestimmungsmethode gewählt. Die topographischen Informationen werden dabei als Grundlage verwendet. Die Bestimmung der Abbruchgebietsgrenzen selbst erfolgte auf der Basis der Erfahrung und durch physikalische Annahmen zur Sprödruchausbreitung (wesentlich für die Bildung von Katastrophen verursachenden Lawinen sind vor allem Schneebretter).

### 3.2 Erstellung von Längsprofilen

Als Datengrundlage für die topografischen Analysen, die Entwicklung des Nearest Neighbour Modells und für die Optimierung der 1D-Modelle wurden Längsprofile für die einzelnen Lawenstriche erstellt. Das digitale Geländemodell ist die Grundlage für das Erzeugen und Verschneiden von Geländeprofilen. Bei der Erstellung der Längsprofile wurde dabei berücksichtigt, dass bei Lawinenpfaden mit großen Anbruchgebieten, die sich aus mehreren Teilabbruchgebieten zusammensetzen, mehrere Möglichkeiten zur Festlegung eines Längsprofils bestehen. Daher

wurde nicht nur ein Profil pro Lawenstrich festgelegt, sondern sowohl die Geländemorphologie des Anbruchgebiets, als auch des Ablagerungsbereiches berücksichtigt.

### 3.3 Räumliche Zuordnung der Chronikereignisse

In der Lawinenchronik sind die Ereignisse der vergangenen Jahre beschrieben. Diese verbale Beschreibung beinhaltet Informationen, die in dieser Form nicht bearbeitet werden können. Um diese Daten als Vergleich für die Simulationen verwenden zu können, mussten diese erst bewertet und räumlich fixiert werden. Die Problematik bei diesem Arbeitsschritt liegt in der korrekten Umsetzung der verbalen Informationen über das Ausmaß der einzelnen Ereignisse. So mussten für Angaben wie "Der Dezember 1962 und der Jänner 1963 brachten große Schneefälle bei erbitterter Kälte. Durch den Kitzelesbach stürzte eine große Staublewne und verschüttete die Talstraße auf 200 m im Durchschnitt 2 m tief. Die Straßenunterbrechung betrug 3 Tage. An Baumholz wurden ca. 5 lfm mitgerissen.", Ausbreitung, Auslauflängen und Stoßrichtungen unter Berücksichtigung des Geländemodells und des Orthophotos festgelegt werden. Alle Chronikereignisse wurden in dieser Weise bewertet und die Qualität der verbalen Beschreibung klassifiziert.

### 3.4 Räumliche Zuordnung der Ablagerungsgebiete

Die Lawinenereignisse des Winters 1998/99 bzw. deren sichtbare Folgen (Ablagerungskegel und Stumme Zeugen) wurden vor Ort begutachtet und kartiert. Die Datenqualität dieser Aufzeichnungen ist somit als hochwertiger einzustufen als jene der Chronik. Durch die Kartierung der Lawinenkegel können neben der Auslauflänge auch die Ablagerungsbreite beurteilt werden. Als äußerst wertvoll erweist sich diese Lawinenablagerungskartierung bei der Bewertung der Simulationsergebnisse.

## 4 Analysen

Die Analysen können in 2 Teile gegliedert werden.

In den meteorologischen Analysen wurde versucht, die Jährlichkeit des Wetters während der Katastrophenzeit und dem Zeitraum davor zu ermitteln. Die Exzessivität des Wetters wurde dann mit der Lawinentätigkeit im Jahr 1999 aber auch mit der Chronik ergänzend verglichen.

Ziel der lawinendynamischen Analysen war es, anhand des umfangreichen Datenmaterials, alle zur Verfügung stehenden Lawinenmodelle zu überprüfen und hinsichtlich des Einsatzes in den Gefahrenzonenplänen zu bewerten.

Leider stand der Universität für Bodenkultur das SAMOS Modell nicht zur Verfügung.

Bereits zu Anfang der Analysen zeigte sich, dass die eindimensionalen dynamischen Modelle für eine standardisierte Untersuchung an allen Lawenstrichen nicht geeignet sind, da durch die Notwendigkeit der Vorgabe der Auslaufbreite – die aber in vielen Fällen unbekannt ist – ein nicht weiter analysierbarer Einfluss gegeben war. Die Analysen wurden daher überwiegend mit statistischen Methoden und 2-dimensionalen Methoden durchgeführt.

Folgende vier Untersuchungsschritte wurden durchgeführt:

- 1) Statistische Analyse der Lawenstriche und deren Auslaufweiten
- 2) Verifizierung des 2D Modells ELBA anhand gut dokumentierter Einzelereignisse
- 3) Sensitivitätsanalyse wichtiger Eingangsparameter in allen Lawenstrichen des Pitztals und des hinteren Paznaunales (mit ELBA)

Sensitivitätsanalyse der Katastrophenereignisse im Paznaun mit sämtlichen verfügbaren Lawinenmodellen

### 4.1 Meteorologische Analysen

Die meteorologischen Analysen beziehen sich auf Neuschneesummen, Schneehöhen, Lufttemperatur und Windverhältnisse, da

diese die wichtigsten Kenngrößen für die Lawinentätigkeit darstellen. Der jährliche Zeitraum der Datenauswertung liegt zwischen Anfang November bis Ende April. Für die Neuschneesummen wurden jeweils die 1 Tages-, 3 Tages-, 5 Tages- und 10 Tages-Werte berechnet. Die Extremwertanalyse liefert die 10-, 50-, 100- und 200-jährlichen Ereignisse für die 3 Tages-, 5 Tages- und 9 Tages-Neuschneesummen der Station Galtür im Paznaun und der Station St. Leonhard im Pitztal.

### 4.2 Simulationen

Generelle Aussage und Resultat von in diesem Projekt ca. 3000 gerechneten Simulationen ist es, dass es mit dem an der Universität für Bodenkultur entwickelten Programm ELBA gelingt, bis auf wenige Ausnahmen die beobachteten Ereignisse unter Verwendung realitätsnaher Eingangsgrößen nachzuvollziehen. Es zeigt sich aber auch, dass dies gelegentlich erst durch Abweichung von den Standardparametern erzielt werden kann. Es hat sich gezeigt, dass viele Lawinenabgänge durch spezifische Besonderheiten geprägt sind. Als Beispiel sei hier die Lawine von Galtür genommen. Das Ereignis von Galtür sticht gegenüber sämtlichen anderen Ereignissen, die im Februar 1999 beobachtet werden konnten, heraus. Um die beobachtete Auslauflänge erreichen zu können, müssen deutlich extremere Eingangswerte für die Simulation angenommen werden, als dies bei anderen Lawinen im Paznaun der Fall ist. Dies gilt in besonderem Maße für die Nachbildung jenes Astes, der den Ortsteil Winkel betraf. Um das beobachtete Ablagerungsgebiet nachzuvollziehen zu können, müssen sehr hohe Werte für Snow-Entrainment angenommen werden (0.5m gegenüber Standardwert von 0.2m). Darüber hinaus muss der Gleitreibungsbeiwert  $\mu$  deutlich reduziert werden (0.05 gegenüber Standardwert von 0.155). Abbildung 8 stellt eine Best-Fit Variante einer ELBA-Simulation für das Ereignis von Galtür dar. Entscheidend für ein realistisches Ablagerungsmuster ist, dass die Lawine den mit einem gelben Pfeil markierten konkaven Geländebereich in einem eng umgrenzten Geschwindigkeitsbe-

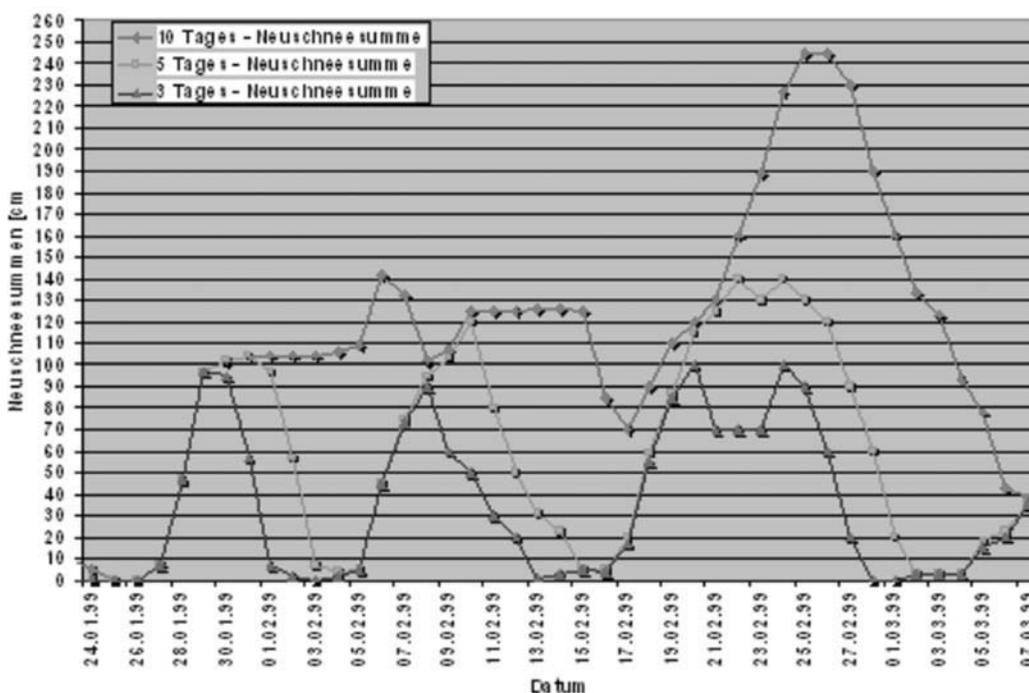


Abb. 7: Neuschneesummen des Winters 1999 von der Wetterstation Galtür



Abb. 8: Darstellung der Druckgrenzen einer Simulation

reich erreicht und danach durch massive Schneeaufnahme beschleunigt. Das Ergebnis der Simulationen für das Ereignis von Galtür lässt 2 Interpretationen zu. Die erste ist, dass sich an diesem Lawinenhang im Februar 1999 besonders extreme Bedingungen ausgebildet haben. Eine andere Erklärungsmöglichkeit ist, dass sich bei diesem Lawinenabgang ein außergewöhnlicher Prozess abgespielt hat, der die Reibung einer Lawine drastisch herabsetzt und in ELBA nicht erfasst wird.

## 5 Schlussfolgerungen

Aus den Analysen können folgende Schlussfolgerungen abgeleitet werden:

Die photogrammetrische Interpretation der Lawinen des Februar 1999 war eine ausgezeichnete Grundlage für die Evaluierung des Lawinensimulationsmodells ELBA. Es konnte gezeigt werden, dass mit diesem Modell das Verhalten von Lawinen sehr unterschiedlicher topographischer Ausprägung nachvollzogen werden kann. Eine Einschränkung der Evaluierung ergibt sich aus dem Faktum, dass es sich bei der photogrammetrischen Auswertung um die Beschreibung des Endzustandes eines dynamischen Prozesses handelt. In manchen Fällen ist aber das Wissen über den Ablauf des Ereignisses für eine Validierung des Modells von großer Bedeutung. Für eine Vertiefung des Wissens ist daher die Erhebung von dynamischen Lawinendaten (Video) mit begleitenden Untersuchungen der Schneedecke vor und nach dem Lawinenabgang essentiell.

Die ausschließliche Verwendung der maximalen 3-Tages Niederschläge kann mitunter zu einer beträchtlichen Fehleinschätzung des Gefahrenpotentials führen. Im Falle des Februar 1999 war die Jährlichkeit der 3-Tages-Niederschläge gering (<20 Jahre). Demgegenüber wurde aber im Paznaun bei 18 % der beobachteten Lawinen und im Pitztal bei 28 % der beobachteten Lawinen das bisher beobachtete Maximalereignis übertroffen.

Für die Gefahrenbeurteilung sollten in Zukunft verstärkt die Neigungsverhältnisse im Abbruchgebiet berücksichtigt werden. Die Analysen zeigten deutlich, dass die Auslaufweiten im Pitztal und Paznaun nur geringfügig unterschiedlich sind. Die Anzahl der abgegangenen Lawinen im Pitztal aber deutlich höher ist. Dies ist vor allem auf die steileren Abbruchgebiete und die damit verbundene Bereitschaft zur Selbstauslösung zu erklären.

Um realistische "Maximalvarianten" bei den Simulationen zu erhalten, ist es bei sich vereinigenden Lawinenpfaden notwendig, die Berechnungen aus den Teilabbruchgebieten getrennt durchzuführen. Ansonsten kommt es zu einer Reduzierung der kinetischen Energie durch aufeinander prallende Lawinenmassen.

Die Vorverfüllung stellt bei entsprechender Topographie ein gravierendes Problem dar. Die Vorgangsweise, wie diese Vorverfüllung in die Risikoanalyse zu integrieren ist, ist bis jetzt noch nicht geregelt, sollte aber unbedingt Teil der Richtlinien für die Gefahrenzonenplanung sein.

Die größten Probleme in der Analyse stellen "kleine" Runsen vor allem in bewaldeten Gräben dar. Einerseits weil in diesen Runsen die digitalen Geländemodelle die tatsächlichen Verhältnisse nur unzureichend repräsentieren. Andererseits kann aber auch vermutet werden, dass eine Nachjustierung der Modellparameter noch eine Genauigkeitssteigerung bringen würde.

Bei der Analyse der Ereignisse des Februar 1999 handelt es sich um eine Momentaufnahme einer sehr spezifischen Situation. Die Analyse der Chronikdaten zeigt, dass auch andere Schneesituationen zu Extremereignissen führen können. Dementsprechend kann eine solche Momentaufnahme kein Ersatz für eine lückenlose qualitativ hochwertige Ereignisdokumentation in der Lawinenchronik sein. Die gilt umso mehr, da durch die immer größere Verbreitung von automatischen Wetterstationen die Informationen über die Rahmenbedingungen von Schadereignissen immer besser werden.



## Schweinefleischerzeugung im Stolba-Familienstall: Ermittlung von Kennzahlen von der Erzeugung bis zur Vermarktung und Optimierung des Systems

### *The Stolba family pen for pigs – an analysis of animal behaviour, management, economics and consumers attitude towards housings systems with a high standard of animal welfare*

#### Projektteam

Institut für Land-, Umwelt- und Energietechnik: Th. Amon, B. Amon, V. Kryvoruchko, D. Jeremic, J. Boxberger; Institut für Nutztierwissenschaften: J. Sölkner, S. Konrad; Institut für Agrarökonomik: O. Meixner

#### Zusammenfassung

Im Stolba-Familienstall leben Sauen mit ihren Ferkeln während des gesamten Produktionszyklus in stabilen Familiengruppen. Zweijährige Untersuchungen haben gezeigt, dass der Stolba-Familienstall ein sehr tiergerechtes Haltungssystem ist, das wirtschaftlich betrieben werden kann. Der Arbeitszeitbedarf pro Sau und Jahr beträgt je nach Mechanisierungsgrad zwischen 38,5 und 62,5 Stunden. Der Auslauf muss mindestens jeden zweiten Tag gereinigt werden. Stroh und/oder andere Beschäftigungsmaterialien müssen den Schweinen zur Verfügung gestellt werden, damit diese ihrem arteigenen Bedürfnis nach Erkunden und Beschäftigung nachgehen können. Während des Tages verbringen die Schweine mehr als 40% ihrer Zeit mit Erkundungsverhalten. Die Schweine hielten ihre Liegenester stets sauber, unabhängig von Jahreszeit und Klima. Kot und Harn wurden fast ausschließlich im Auslauf abgesetzt. Dieser kann mechanisch entmistet werden. Sommer wie Winter verbrachten die Schweine einen beträchtlichen Teil des Tages im Auslauf. Der Auslauf ist ein unverzichtbares Element des Stolba-Familienstalles. Die Sauen hatten durchschnittlich 2,05 Würfe pro Jahr. 20 Ferkel pro Sau und Jahr erreichten das Schlachtgewicht. Eine Umfrage zeigte die Bereitschaft der Verbraucher, für Fleisch aus tiergerechter Haltung einen höheren Preis zu bezahlen.

#### Schlagwörter

Artgerechte Tierhaltung, Lebensmittelqualität, Schweinezucht, Schweinemast

#### Abstract

*In the "Stolba Family Pen" sows and their piglets live together in stable family groups throughout their production. Investigations over two years have shown the Stolba family pen to be a housing system that offers excellent animal welfare conditions and can be operated economically on commercial farms. The annual work requirement is 38.5 to 62.5 hours per sow depending on the degree of mechanisation. The exercise yard must be cleaned at least every second day and straw and/or other materials must be provided to enable exploratory behaviour, which is essential for pigs. During the day, pigs spent more than 40% of their time in exploratory behaviour. Pigs did never excrete in the sleeping nests, regardless of season and climate, but preferred to defecate in the exercise yard, that can easily be cleaned out mechanically. In summer and winter, pigs spent a considerable time in the outside exercise yard which is an indispensable part of the system. Each sow had 2.05 litters per year and 20,0 pigs per sow per year reached market weight. A survey revealed the consumers' willingness to pay a higher price for meat from animal friendly housing systems.*

## 1 Einleitung

Qualität und Sicherheit von Lebensmitteln tierischer Herkunft sind heute und in Zukunft von vordringlichem gesellschaftlichen und politischen Interesse. Der Art und Weise der Erzeugung kommt dabei besondere Bedeutung zu. Ohne gesunden Boden, gesunde Luft und gesundes Wasser können keine gesunden Lebensmittel erzeugt werden. Gesunde Lebensmittel können nur von gesunden Tieren stammen und gesunde Tiere können nur in tiergerechten Haltungsformen leben. Aus ökologischer, sozial-ethischer, wirtschaftlicher und gesellschaftspolitischer Sicht ist eine tiergerechte Haltungsumwelt zwingend notwendig. Tiergerecht ist ein Haltungssystem dann, wenn es den arteigenen Bedürfnissen der Tiere Rechnung trägt. Bei der Suche nach tiergerechten Haltungsformen besteht für uns die Verpflichtung zur An-

erkennung der kreatürlichen Würde von Tieren. Leiden und Schmerzen müssen verhindert werden.

Bei der Zuchtsauen- und Mastschweinehaltung kommt der Stolba-Familienstall den arttypischen Verhaltensweisen der Schweine am weitesten entgegen. Die Besonderheit dieses Systems ist die Kombination von Schweinezucht und Schweinemast in einem System. Die Schweine – Muttersauen, Mastschweine und Eber – leben gemeinsam in einem Familienverband. Der Stall ist reichhaltig strukturiert und ermöglicht arttypisches Verhalten, wie es bei Schweinen in freier Natur beobachtet wird. Die Tiergerechtigkeit des Stolba-Familienstalles ist somit von allen derzeit existierenden Haltungssystemen für Schweine am besten zu bewerten. Tiergerechte Systeme werden sich aber nur dann erfolgreich in die Praxis umsetzen, wenn sie wirtschaftlich betrieben werden können. Deshalb ist eine Untersuchung und Optimierung des Gesamtsystems erforderlich.

**1.1 Funktionsweise des Stolba-Familienstalles**

Der von Stolba (1986) entwickelte Familienstall für Hauschweine schafft den Schweinen eine Haltungsumgebung, die das Ausleben aller ihrer arttypischen Verhaltensweisen ermöglicht. Die Zuchtsauen werden in stabilen Gruppen von je vier Sauen gehalten. Sie sind vor, während und nach der Geburt frei beweglich und können ein Geburtsnest bauen. Die Wiederbelegung der Zuchtsauen erfolgt während der Laktation, im sogenannten Laktationsöstrus. Die Ferkel werden nicht vom Menschen frühzeitig abgesetzt, sondern von der Muttersau natürlich entwöhnt. Die Mastschweine verbleiben bis kurz vor der Geburt der nächsten Würfe in der Familiengruppe. Der Eber wechselt von Familiengruppe zu Familiengruppe und ist in die Gruppenhaltung mit einbezogen. Die Familiengruppen werden in einer reich strukturierten Bucht gehalten, die in verschiedene Areale unterteilt ist. Durch die "Möblierung" der Bucht werden die wesentlichen Verhaltensabläufe der Schweine auf kleinem Raum ausgelöst und gesteuert.

Abbildung 1 zeigt den Grundriss des Stolba-Familienstalles am Annahof in Laab im Walde (Niederösterreich). Im Außenklimabereich sind die Familienbuchten untergebracht. Zum Abferkeln steht ein separates, geschlossenes, aber nicht wärmedämmtes Abferkelabteil zur Verfügung. Jede Sau hat ein eigenes Abferkelareal, das über einen gemeinsamen Aufenthaltsbereich zugänglich ist. Verschießbare Fressstände erlauben eine individuelle Fütterung der Sauen und ihrer Nachkommen. Eine Familienbucht hat eine Fläche von 52 m<sup>2</sup>, eine Ausmast- und Eberbucht jeweils 20,8 m<sup>2</sup>. Zur wettergeschützten Hofinnenseite der Buchten ist den Buchten jeweils ein etwa 30 m<sup>2</sup> großer Auslauf vorgelagert. Jede Familienbucht verfügt über einen Nest-, Aktivitäts- und Freßbereich. Die Buchtenbereiche sind durch geschlossene Holzwände

voneinander getrennt. Im hinteren Buchtenbereich befinden sich jeweils zwei eingestreute Nester. Vom Nest her führt ein Gang, in dem sich auch die Futtertröge befinden, in den vorderen Buchten- und Aktivitätsbereich. Eine Heuraufe mit Hebelbalken ist im hinteren Aktivitätsbereich angebracht. Im vorderen Aktivitätsbereich der Bucht befinden sich absperrbare Fressstände und auf der gegenüberliegenden Seite eine Beckentränke. Der innere Buchtenbereich ist vom Auslauf durch eine Bretterwand getrennt. Bei Bedarf kann der Windschutzvorhang bis zur geschlossenen Buchtenbegrenzung abgerollt werden. Fütterung und Entmistung wurden verfahrenstechnisch optimiert und können weitgehend mechanisch erfolgen, was den Arbeitszeitbedarf des Systems deutlich senkt.

**2 Ziele**

Die weitere Einführung der Familienhaltung von Schweinen in die Praxis hängt von der Praktikabilität und der Funktionsfähigkeit des Haltungssystems, dem Arbeitszeitaufwand, der Reproduktions- und Mastleistung sowie der Qualität des erzeugten Schweinefleisches und der Wirtschaftlichkeit der Erzeugung ab. Die Wirtschaftlichkeit des Systems wird vom Marktpreis für das Fleisch, den Erzeugungskosten und dem Produktionserfolg bestimmt. Der Marktpreis für Schweinefleisch hängt wesentlich von der Einstellung und der Wertschätzung der Verbraucher für tiergerecht erzeugtes Schweinefleisch ab.

Ziel des Forschungsprojektes war es, die Schweinefleischerzeugung im Stolba-Familienstall anhand ethologischer, verfahrenstechnischer und produktionstechnischer sowie arbeits- und betriebswirtschaftlicher Kriterien zu analysieren und zu optimieren.

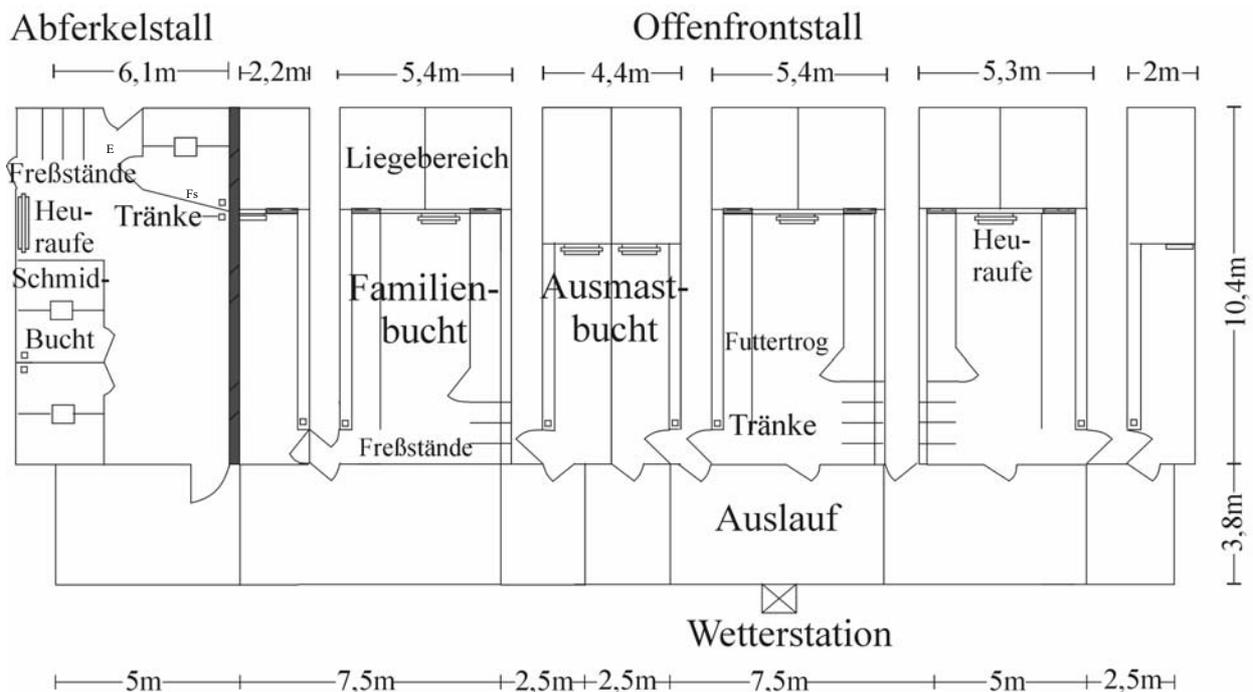


Abb. 1: Grundriss des Offenfront-Stolba-Familienstalles in Laab im Walde

Das Kaufverhalten und das Nachfragepotential nach Fleisch aus tiergerechter Haltung, Qualitätserwartungen des Verbrauchers an Schweinefleisch sowie an dessen Erzeugung und Faktoren der Marktpreisbildung sollten analysiert und dargestellt werden. Das gesamte System wurde vom Stall bis zum Verbraucher mit dem Ziel beleuchtet, die Erzeugung und den Absatz von besonders tiergerecht erzeugtem Schweinefleisch zu fördern. Untersuchungen zur Praktikabilität des neuen verfahrenstechnisch optimierten Stolba-Familienstalles auf landwirtschaftlichen Betrieben wurden bislang nicht durchgeführt. Die umfassende Betrachtung des Gesamtsystems ist eine wesentliche Neuerung gegenüber früheren Untersuchungen im Bereich der Schweinehaltung.

### 3 Tiere, Haltungssystem, Untersuchungsmethodik

Die Untersuchungen wurden an zwei landwirtschaftlichen Offenfront-Stolba-Familienställen durchgeführt, die verfahrenstechnisch auf dem neuesten Stand sind. Ein Stall befindet sich in Laab im Walde (Niederösterreich), ein weiterer in Dürrenroth (Schweiz). Die Sauen waren zum Zeitpunkt der Untersuchung Zwei- bzw. Mehrwegkreuzungen der Rassen Deutsche Landrasse und Deutsches Edelschwein. Die Eber entstammten einer Pietrain x DE-Kreuzung und einer Duroc x Hampshire-Kreuzung. Die Anzahl der Nachkommen je Familie mit drei Sauen lag zwischen 24 und 36 Ferkeln. Das Alter der Ferkel einer Gruppe differierte um maximal 14 Tage.

Im Laufe des zweijährigen Projektes wurde der Stolba-Familienstall umfangreich untersucht. Fragen zum Verhalten der Schweine beschäftigten sich mit dem Ethogramm im Stolba-Familienstall, mit der Tagesrhythmik der Tiere und mit der Nutzung des Auslaufes. Für eine Optimierung des Stallmanagements standen die Fragenkomplexe "Einstreumenge und Einstreumaterialien" und "Buchten- und Tierverschmutzung" im Vordergrund. Daten zu Produktionsleistung, Fleischqualität und Arbeitszeitbedarf wurden erhoben, was eine Kalkulation der Wirtschaftlichkeit des Systems ermöglichte. Die Einstellung der Verbraucher zu Fleisch aus tiergerechter Haltung wurde mittels Fragebogen überprüft.

Im Fragenkomplex "Tierverhalten" wurde die Videotechnik eingesetzt. Für jede Versuchsvariante wurde das Verhalten der Ferkel bzw. Mastschweine vier Tage lang tagsüber mittels Videoaufzeichnung beobachtet. Vier Kameras waren gleichzeitig in Betrieb und konnten die gesamte Bucht und den Auslauf erfassen. Die Auswertung der Verhaltensdaten erfolgte in einem Zeitintervall von fünf Minuten.

## 4 Ergebnisse und Diskussion

### 4.1 Verhalten der Schweine im Stolba-Familienstall

Im gesamten zweijährigen Versuchszeitraum wurden 175.000 Verhaltensaktivitäten registriert. Davon entfielen 43% auf das Ruheverhalten und 24% auf das Erkundungsverhalten in der Bucht und im Auslauf (Abb. 2). Einen bedeutenden Anteil nahmen strohgerichtete (13%) und heuggerichtete (4%) Verhaltensweisen ein. Während der Nacht schliefen die Schweine, von wenigen Ausnahmen abgesehen.

Die Schweine zeigten einen deutlich ausgeprägten Aktivitätsrhythmus (Abb. 3). Die Aktivitätsphasen lagen zwischen 6<sup>00</sup> und 9<sup>00</sup> am Morgen und 12<sup>00</sup> und 20<sup>00</sup> am Nachmittag und Abend.

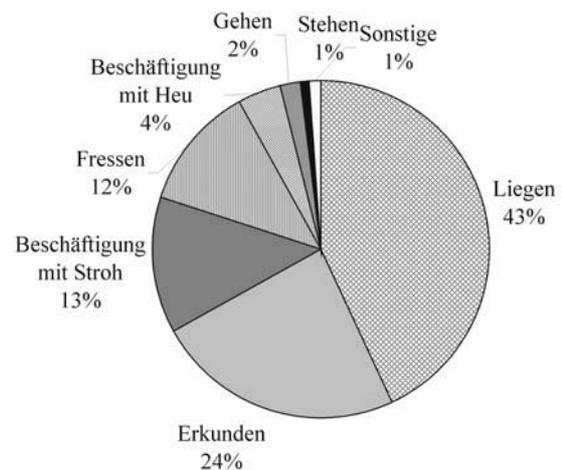


Abb. 2: Verhalten der Schweine im Stolba-Familienstall

Neben dem natürlichen diurnalen Rhythmus der Schweine wird ihr Tagesrhythmus auf einem landwirtschaftlichen Betrieb auch vom Management des Tierhalters bestimmt. Ein wesentlicher Zeitgeber für die Schweine war vor allem die Verabreichung von Einstreu am Morgen um 7<sup>00</sup>. Der Zeitpunkt der Flüssigfütterung morgens um 8<sup>00</sup> und am Nachmittag um 16<sup>00</sup> hatte ebenfalls maßgeblichen Einfluss auf den Tagesrhythmus der Schweine. Die Schweine nahmen über die Flüssigfütterung hinaus fast den gesamten Lichttag über Rauhfutter auf. Dies zeigt, wie wichtig die Verabreichung von strukturreichem Futter zusätzlich zu konzentriertem Kraftfutter ist. Die gegenüber natürlichen Umgebungsbedingungen verkürzte Aufnahmezeit des flüssigen Futters wurde durch ausgiebiges Wühlen im Stroh, durch die Beschäftigung mit Heu und durch die Aufnahme von Rauhfutter kompensiert. Die Aktivität "Erkunden" war vor allem in der zweiten Tageshälfte ausgeprägt. Die Beschäftigung mit Stroh hat 1,5 Stunden vor und nach der Morgenfütterung besonders große Bedeutung für die Schweine. Während der gesamten zweiten Tageshälfte blieb die Beschäftigung mit Stroh auf gleichbleibend hohem Niveau. Etwa ab 19<sup>00</sup> Uhr bereiteten die Schweine ihre Nester zum Schlafen auf. Damit verbrachten sie etwa zwei Stunden.

Die Versuchsergebnisse bestätigen, dass in einer tiergerechten Schweinehaltung den Schweinen ausreichend Beschäftigungsmaterial zur Verfügung stehen muss. Die Beschäftigung mit geeigneten Materialien ist ein unverzichtbares Element einer artgemäßen Schweinehaltung (Bartussek 2001). Hausschweine sind neugierig und insbesondere nach der Fütterung stark motiviert, ihre Umgebung zu bearbeiten. Um diese Verhaltensbedürfnisse zu befriedigen, müssen Schweine aller Altersklassen Zugang zu geeignetem Beschäftigungsmaterial haben. (Wechsler 1997). Fehlt den Schweinen geeignetes Beschäftigungsmaterial, so richten sie ihr Erkundungsverhalten gegen den Körper von Artgenossen. (Fraser 1987). Treten dabei Verletzungen auf, so kann die weitere Bearbeitung schließlich zu Kannibalismus führen. Neben der Stroh-einstreu im Liegebereich sollten deshalb zusätzliche Beschäftigungsmaterialien angeboten werden. (Bartussek 2001). Ein Kürzen der Schwänze zur Vermeidung des Schanzbeißen ist dann nicht mehr erforderlich. Die Schwänze der Schweine im Stolba-Familienstall werden nicht gekürzt.

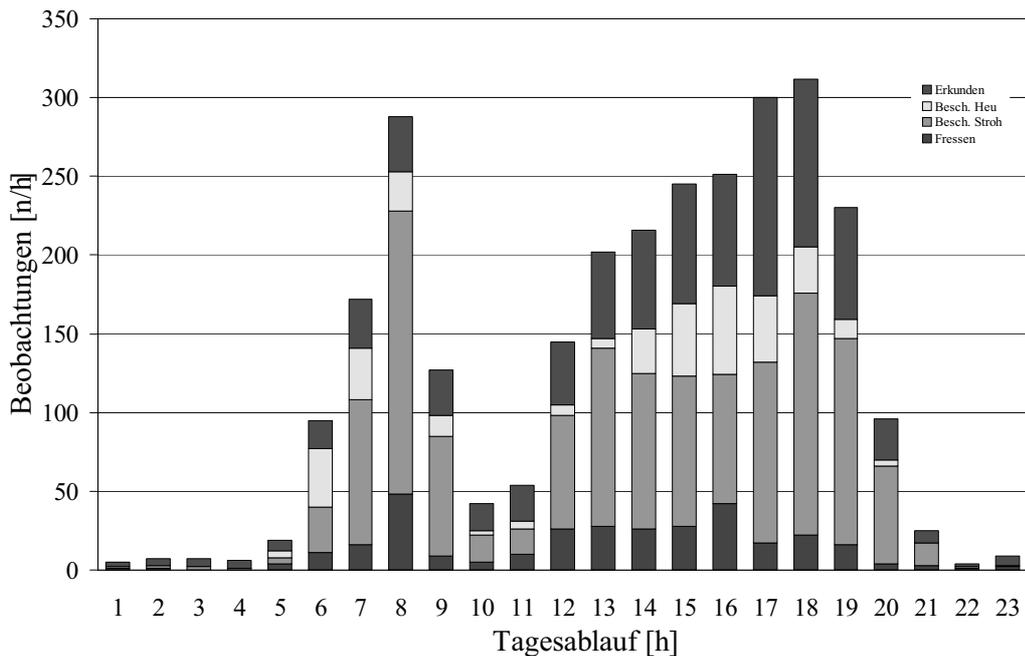


Abb. 3: Tageszeitliche Verteilung des Fress-, Beschäftigungs- und Erkundungsverhaltens von Schweinen im Stolba-Familienstall

Die Untersuchungen zeigen, dass Einstreu essentiell für das Beschäftigungs- und Erkundungsverhalten der Schweine ist. Um zu prüfen, welche Menge an Stroh erforderlich ist und welche Aufbereitungsart sich am besten eignet, wurden den Schweinen einer Familie verschiedene Mengen an Einstreu angeboten: 450 g Langstroh, 300 g Langstroh, 300 g Kurzstroh, 100 g Langstroh pro Tier und Tag. Im Winter – wo Einstreu auch der Wärmeregulation dient – kann ohne Beeinträchtigung des Wohlbefindens der Schweine mit rund 300 g/Tier und Tag das Auslangen gefunden werden. Im Sommer, wo Einstreu hauptsächlich Beschäftigungsfunktion für die Schweine hat, kann die Einstreumenge weiter gesenkt werden. Die Untersuchungen im Rahmen des Forschungsprojektes ergaben eine optimale Einstreumenge zwischen 100 g Stroh pro Tier und Tag (Sommer) und 300 g Stroh pro Tier und Tag (Winter). Erkenntnisse von Arey (1993), die in eingestreuten Schrägbodenbuchten gewonnen wurden, zeigen eine minimal erforderliche Einstreumenge von 50 g Stroh pro Tier und Tag. Der Auslauf spielt für die Funktionsfähigkeit des Stolba-Familienstalles eine wichtige Rolle. Die Schweine koten und harnen nahezu ausschließlich im Auslauf. Dieser kann mechanisch entmistet werden, was Arbeitszeit einspart. Auch bietet der Auslauf den Tieren zusätzlich Bewegungs- und Beschäftigungsfläche und unterstützt durch den Außenkontaktkontakt die Thermoregulation und das Immunsystem der Schweine. Um den Einfluss der Witterung auf die Auslaufnutzung zu prüfen, wurde das ganze Jahr über bei unterschiedlicher Witterung beobachtet, wie lange sich die Schweine im Auslauf aufhielten und welche Aktivitäten sie dort ausführten. Im Sommer wurde der Auslauf beschattet. Dadurch war es möglich, den Einfluss direkter Sonneneinstrahlung auf den Nutzungsgrad des Auslaufes zu bestimmen. Den Schweinen wurden auch zusätzlich verschiedene Beschäftigungsmaterialien wie ein 10 cm dickes Laub-Rinden-Gemisch und eine 10 cm dicke Schicht Komposterde zum Wühlen und Beschäftigen im Auslauf angeboten. Vom Verhalten der Schweine kann dann abge-

leitet werden, ob zusätzliche Beschäftigungsreize die Attraktivität des Auslaufes erhöhen.

Im Winter nutzten die Schweine den Auslauf etwa 10% der Tageszeit, im Sommer verbrachten sie im Mittel 25% der Tageszeit im Auslauf. Im Winter wurden auch die geschützten, durch die Stoffwechselwärme der Tiere temperierten Liegenester und die inneren, hinteren Buchtenbereiche stärker zum Aufenthalt genutzt. Windiges und regnerisches Wetter reduzierte die Aufenthaltszeit im Freien. Bei Außentemperaturen zwischen 15 °C bis 23 °C nutzten die Schweine den Auslauf bevorzugt. Die Beschattung des Auslaufes im Sommer hatte keinen wesentlichen Einfluss auf den Nutzungsgrad, wenn gleichzeitig eine Schweinedusche vorhanden war. Ohne Duschemöglichkeit nutzten die Schweine den Auslauf bei direkter Sonneneinstrahlung im Sommer weniger. Das Angebot zusätzlicher Beschäftigungsmaterialien wie z.B. ein Laub-Rindenschnitzel-Gemisch oder Komposterde steigerte die Erkundungs- und Beschäftigungsaktivitäten der Schweine im Auslauf deutlich (Abb. 4). Die beschäftigende Wirkung der zusätzlichen Materialien nahm im Laufe der Zeit deutlich ab. Am zweiten Tag klang das Interesse an den Materialien schon merklich ab. Am dritten Tag ging von den Materialien kein zusätzlicher beschäftigungssteigernder Effekt mehr aus. Der Grund lag in der zunehmenden Verschmutzung der Beschäftigungsmaterialien, weil der Auslauf den Schweinen gleichzeitig zur Ausscheidung dient. Da Schweine nicht im eigenen Kot wühlen, sollte der Auslauf mindestens alle zwei Tage gereinigt und das Beschäftigungsmaterial erneuert werden.

Erhebungen zur Verschmutzung der Buchten wurden im Zeitraum von April 1999 bis Oktober 1999 an drei Gruppen von Schweinen und im Jahr 2000 an 75 Tagen an fünf Gruppen durchgeführt. Zur Feststellung der Kot- und Nässeverteilung wurde die Buchtenfläche einschließlich der Auslaufläche in Sektoren von ca. 1m<sup>2</sup> Größe unterteilt. Erhoben wurde die mit Kot und Nässe bedeckte Fläche eines Sektors. Die Erhebungen fanden zweimal täglich morgens vor dem Ausmisten und Nachmittags vor dem

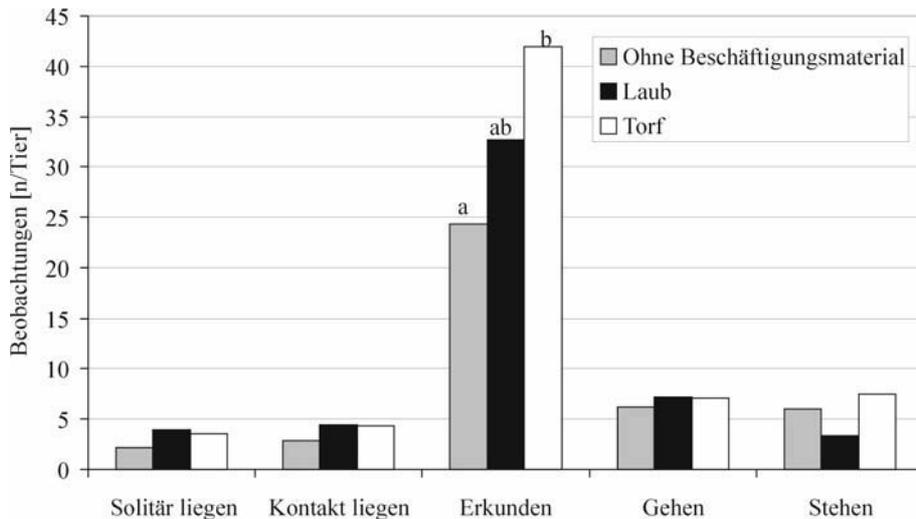


Abb. 4:  
Einfluss zusätzlicher  
Beschäftigungsmaterialien im  
Auslauf auf das Verhalten der  
Schweinen

Reinigen der inneren Stallbereiche und der Fütterung statt und wurde in Anlehnung an MOLLET (1991) und BACHMANN (1995) durchgeführt.

Während der gesamten Untersuchungsperiode waren die Liegenester vollständig trocken und frei von Kot. Unabhängig von der Belegdichte, dem Alter der Tiere und Klimafaktoren werden die beiden eingestreuten Nester immer eindeutig als solche angenommen und nie verschmutzt. Der Auslauf wurde als Ort zum Koten und Harnen genutzt, die Verschmutzung im Stallinneren war stets gering. Dadurch musste nur wenig Zeit für eine händische Reinigung des Stallinneren aufgewendet werden. Jüngere Tiere verschmutzen das vordere Aktivitätsareal etwas stärker mit Kot und Harn als ältere Tiere. Die Jahreszeit, das Wetter, unterschiedliche Stall- und Außentemperaturen änderten die Verteilung von Kot und Harn in der Bucht nur unwesentlich.

Schweine legen großen Wert auf einen sauberen Nest- bzw. Liegebereich und auf die Trennung von Kot- und Liegeplatz. Diese Trennung muss den Schweinen in einem artgerechten Haltungssystem ermöglicht werden. In der freien Natur legen sie ihren Kotplatz 5 bis 15 m vom Nest entfernt an (Stolba 1988). In der Schweinehaltung bietet sich deshalb auf Grund des natürlichen Verhaltens die gezielte Steuerung des Ausscheidungsverhaltens an. Bei entsprechender Gestaltung wird innerhalb der Bucht ein Kotplatz angelegt, der dann mechanisch entmistet werden kann. Die Struktur der Familienbucht trägt dem arteneigenen Verhalten der Schweine Rechnung. Das Ausscheidungsverhalten wird hauptsächlich in den Auslauf gelenkt.

#### 4.2 Produktionsleistung und Fleischqualität

Die Reproduktionsleistung wurde an 13 Sauen und insgesamt 25 Würfen gemessen. Pro Wurf wurden 10,3 Ferkel lebend geboren. Im Durchschnitt zog jede Muttersau 9,12 Schweine auf. 2,05 Würfe pro Sau und Jahr wurden erreicht. Das durchschnittliche Mastendgewicht lag bei 120 kg. Die durchschnittliche Masttagesszunahme betrug 863 g. Die Futtermittelverwertung lag bei 2,28 kg Futter pro kg Gewichtszuwachs. Im artgemäßen Stolba-Familienstall wurden Produktionsleistungen erreicht, wie sie in der konventionellen Schweinehaltung üblich sind. Die Fleischqualität (pH<sub>2</sub>, pH<sub>45</sub>, Muskelfleischanteil, Remissionswert, Rückenspeckdicke und Fleischdicke) war bei Verwendung der Rassen Duroc x

Hampshire (Eber) und deutsches Edelschwein (Sauen) am besten. Die Fleischqualität hängt primär von der Rasse und der Fütterung und weniger vom Haltungssystem selbst ab.

#### 4.3 Arbeitszeitbedarf

Der Arbeitszeitbedarf wurde in Dürrenroth in zwei Perioden zu je einer Woche an jeweils sechs Tagen vor Ort ganztätig mit der Stoppuhr gemessen. Die Messungen fanden im Juli 2000 und im September 2001 statt. Am Annahof wurden Arbeitszeitmessungen während einer Woche im Mai 2000 auf dieselbe Weise erhoben. Für die Analyse wurde die Arbeitszeit der Gesamtsysteme in Sonder- und Routinearbeiten gegliedert. Der Gesamtarbeitsablauf wurde in 38 Arbeitsvorgänge zerlegt. Alle Arbeitsvorgänge wurden einzeln gemessen. Aus den Arbeitsvorgängen wurde der Gesamtarbeitszeitbedarf der Haltungssysteme aggregiert.

Der Gesamtarbeitszeitbedarf liegt im Stolba-Familienstall je nach Mechanisierungsgrad der Entmistung zwischen 38,5 bis 62,6 AKh pro Sau und Jahr. Darin enthalten sind sämtliche Routine- und Sonderarbeitszeiten, die für die sonst erforderlichen Verfahrensbereiche "Mast", "leere und tragende Sauen" und "Ferkelaufzucht" aufgewendet werden müssen.

#### 4.4 Wirtschaftlichkeit

Die Schweinefleischerzeugung im Stolba-Familienstall kann wirtschaftlich betrieben werden. Die Summe der jährlichen festen und variablen Kosten liegt bei 4.254 EUR/Sau. Die Kosten beinhalten sämtliche Verfahrensbereiche der Zucht und Mast. Davon entfallen 41,3% auf den Stall, 38,7% sind Futterkosten, 12,9% sind Arbeitskosten und 6,9% sind sonstige Kosten. Es ist zu erwarten, dass bei Vergrößerung des Tierbestandes von derzeit 12 auf 30–50 Sauen eine deutliche Senkung der Stallkosten erreicht wird. Bei der gegebenen Erzeugungsleistung des Haltungssystems wird bei einem Schweinefleischpreis von 1,163 EUR/kg LG bis 2,326 EUR/kg LG ein positiver Deckungsbeitrag zwischen 903 EUR/Sau und Jahr und 3.690 EUR/Sau und Jahr erreicht. Der Marktpreis für Schweinefleisch ist für die Wirtschaftlichkeit ausschlaggebend. Ab einem Schwellenpreis von 1,775 EUR/kg Lebendgewicht wird Gewinn erzielt. Der Marktpreis für konventionell erzeugtes Schweinefleisch liegt derzeit bei rund 1,410 EUR/kg.

#### 4.5 Verbrauchereinstellung

Die Einstellung der Konsumenten zu Schweinefleisch aus besonders tiergerechter Haltung wurde anhand einer repräsentativen Verbraucherumfrage mit 350 Interviews in städtischen und ländlichen Gebieten ermittelt. Der Fragenkomplex erfasste die Verzehrgeohnheiten, die Kriterien beim Fleischeinkauf, die Nachfrage nach Schweinefleisch aus besonders tiergerechter Haltung, die Bedeutung von Fleischeigenschaften, die Bedeutung der Erzeugungsbedingungen und die Bereitschaft, für Schweinefleisch aus tiergerechter Haltung mehr Geld zu bezahlen.

Für Schweinefleisch aus besonders tiergerechter Haltung besteht beim Verbraucher die Bereitschaft, einen höheren Preis zu bezahlen. Die Marktanalyse zeigt, die Verbraucher einen Preisaufschlag zwischen 10% und 20% akzeptieren würden. Dies bedingt allerdings, dass die Güte der Erzeugungs- und Haltungsbedingungen sowie der Qualität des Fleisches bei lokaler Erzeugung garantiert werden müssen. Schwieriger als der Verbraucher ist unter Umständen der Lebensmitteleinzelhandel von der Distribution des Produktes zu überzeugen. In erster Linie sind damit Liefersicherheit bzw. -zuverlässigkeit, ausreichende Mengen und eine gleichbleibend hohe Qualität der Waren angesprochen.

### 5 Schlussfolgerungen

Die Untersuchungen im Stolba-Familienstall haben gezeigt, dass dieses System den arteigenen Bedürfnissen der Schweine Rechnung trägt und das Ausleben typischer Verhaltensweisen ermöglicht. Rauhfutterangebot und Beschäftigungsmöglichkeiten sind für Schweine essentiell. Die Gestaltung der Bucht konnte das Ausscheidungsverhalten gezielt in den Auslauf steuern, der mechanisch entmistet wurde. Die Buchtenverschmutzung und der Aufwand für händisches Entmisten blieben gering. Weitere Optimierungsmöglichkeiten für den Stolba-Familienstall liegen in der Steigerung des Laktationsöstrus und in der Verbesserung der Befruchtungsrate.

Durch die sehr guten Produktionsleistungen ist ein wirtschaftlicher Betrieb des Systems möglich, wenn der Schweinefleischpreis um ca. 20–25% über dem Durchschnittspreis für konventionell erzeugtes Fleisch liegt. Einsparungen sind künftig im Bereich der Stallbaukosten zu erwarten. Verbraucherbefragungen zeigten die grundsätzliche Bereitschaft, einen höheren Preis zu bezahlen, wenn die Qualität von Schweinehaltung und Fleisch garantiert ist. Es muss künftig daran gearbeitet werden, Labelling Systeme für Nahrungsmittel zu entwickeln, die dem Verbraucher leicht verständliche Informationen über die Qualität der jeweiligen Produkte geben. Der Begriff "Qualität" umfasst dabei die Bereiche Nahrungsmittelqualität, Tiergerechtigkeit der Haltungssysteme und Umweltschutz.

### 6 Verwertung der Forschungsergebnisse

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen des mehrjährigen interdisziplinären Forschungsprojektes "Schweinefleischerzeugung im Stolba-Familienstall: Ermittlung von Kennzahlen von der Erzeugung bis zur Vermarktung und Optimierung des Systems" in einer Kooperation der Institute "Land- Umwelt- und Energietechnik (ILUET)", "Nutztierwissenschaften" und "Agrarökonomik" der Universität für Bodenkultur Wien.

Auf praktischen landwirtschaftlichen Betrieben wurde die Schweinezucht und -mast in einem neuartigen, besonders tiergerechten Haltungssystem untersucht. Folgende Aspekte fanden besondere Berücksichtigung: Tierverhalten, Arbeitswirtschaft, Verfahrenstechnik, Reproduktions- und Mastleistung, Fleischqualität, Wirtschaftlichkeit und Einstellung der Verbraucher zu Fleisch aus tiergerechter Haltung. Die Analyse des gesamten Systems vom Landwirt bis zum Verbraucher enthält alle wichtige Kenngrößen, die eine erfolgreiche Umsetzung des besonders tiergerechten Haltungssystems in die Praxis ermöglichen. Teilaspekte des Forschungsprojektes wurden durch Vergabe von Diplomarbeiten und durch die Betreuung von Diplomanden vertieft. So untersuchte Elisabeth Bauer das Verhalten von Schweinen im Außenklima-Stolba-Familienstall und bestimmte den Einfluss der Witterung und des Auslaufes. Kristin Harrich beschäftigte sich mit räumlichen Aspekten des Ausscheidungsverhaltens von Schweinen im Stolba-Familienstall und mit der Tierverschmutzung. Marianne Gallob untersuchte den Einfluss verschiedener Einstreu- und Beschäftigungsmaterialien auf das Verhalten von Schweinen sowie auf die Buchten und Tierverschmutzung. Francisca Ana Caldentey Pozo (Universität Valencia) absolvierte im Rahmen des Forschungsprojektes ein Auslandspraktikum am ILUET. Anschließend setzte sie die Arbeit an ihrer Heimatuniversität fort, analysierte die Möglichkeit der Umsetzung von Stolba-Familienställen in Spanien und plante einen Stall für 50 Zucht-sauen.

National und international werden die neuen Erkenntnisse des Forschungsprojektes intensiv nachgefragt. Häufig erreichen uns Anfragen von Seiten der Beratungspraxis vorwiegend aus Österreich, Bayern und Baden-Württemberg. Der Schulbuchverlag E. DORNER GmbH wird den Stolba-Familienstall in das Kapitel "Artgerechte Tierhaltung" eines Biologiebuches für die 3. Klasse (A)HS Unterstufe integrieren.

Erste Ergebnisse wurden bereits auf der 14. IGN-Tagung "Tierhaltung und Tiergesundheit" vom 29. September bis 1. Oktober 1999 an der Veterinärmedizinischen Universität Wien präsentiert. Anlässlich der 6. internationalen Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau im März 2001 in Freising/Weihenstephan (Deutschland) wurden die aktuellen Erkenntnisse zum Haltungssystem, zur Tierbetreuung und zum Tierverhalten präsentiert. Eine Folge davon waren vielfältige Nachfragen von Seiten der Beratungspraxis. Sehr großes Interesse und erhebliche internationale Nachfrage fand das Thema: "The Stolba family pen for pigs: a new housing system designed for animal welfare" anlässlich des internationalen CIGR Symposiums "Animal welfare considerations in livestock housing systems" im Oktober 2001 in Szklarska Poreba in Polen.

Von hier ausgehend haben sich zwischenzeitlich vielfältige internationale Aktivitäten entwickelt. Die Aktivitäten der BOKU werden im sich international sehr stark in Entwicklung befindlichen Bereich "animal welfare" und "systems for animal welfare monitoring" stark nachgefragt. So wurde z.B. dem Leiter des vorliegenden Forschungsprojektes die verantwortliche Leitung und Koordination des Bereiches "animal welfare" für ein internationales Forschungsprojekt übertragen, das im Rahmen des sechsten Rahmenprogrammes der EU "Simple Labelling Information System for Meat (SLIM)" beantragt wird. Mitglieder der Arbeitsgruppe wurden von der Europäischen Kommission regelmäßig als Evaluatoren für Forschungsanträge im Bereich der Tierhaltung eingeladen. Die vorliegenden neuen grundlegenden Erkenntnisse fließen

weilers auch in die Aktivitäten des "European Network of Excellence in Livestock Monitoring" (<http://www.tb.fal.de/staff/jahns/EU-Livestock.htm>) und des BM:LFUW-AK "Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) – Best available Techniques in Pig and Poultry Husbandry" ein. Weiters dienen die Erkenntnisse auch für Arbeiten zur Entwicklung von Beurteilungssystemen für Schweinehaltungssysteme im Rahmen der EU/COST-Action 846 "Measuring and Monitoring Farm Animal Welfare". Aktuell ist ein internationaler Kongress zum Thema "Sustainability in animal production" (EurAgEng Congress K.U. Leuven 12–16 Sept. 2004) in Vorbereitung. Vom Scientific Committee wurden für die Sektionen "Measuring and monitoring of animal welfare" und "Effect of technical systems and their management on animal welfare, food safety and quality" die vorliegenden neuen Forschungserkenntnisse bereits nachgefragt und der Leiter des Forschungsprojektes zur Mitarbeit eingeladen.

Anlässlich der 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Universität für Bodenkultur Wien vom 24.–26. Februar 2003 wird das Forschungsprojekt umfassend präsentiert. Zu weiteren internationalen Expertenmeetings wie z.B. 6. Internationale Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung vom 25.–27.3.2003 in Vechta, Universität Göttingen und dem UVAW Symposium 2003 – Science in the Service of Animal Welfare, 2–4 April at University of Edinburgh wurde das Forschungsprojekt als Vortragsthema eingereicht. Derzeit ist eine Veröffentlichung "The Stolba family pen for pigs – an analysis of animal behaviour, management, economics and consumers attitude towards housings systems with a high standard of animal welfare" im Rahmen eines CIGR Sonderdruckes in Vorbereitung. Neben Experten aus Wissenschaft und Praxis wurde das Thema auch in der ORF-Sendung "Tatz & Co" vorgestellt. Der Stolba-stall für Hausschweine ist auch im Präsentationsvideo der BOKU vom ZID enthalten. Anlässlich der Science Week Austria 2002 wurde unter dem generellen Thema "Landwirtschaftliche Nutztierhaltung: umwelt- und tiergerecht" der Stolba-Familienstall einer breiten Öffentlichkeit vorgestellt. Wie die Veranstaltung zeigte, war das Interesse an tiergerechten Nutztierhaltungssystemen ausgesprochen groß.

BOKU-intern hat das Projekt zu einer deutlichen Intensivierung der Zusammenarbeit zwischen den beteiligten Instituten geführt. Eine Reihe weiterer Projekte werden jetzt mit interdisziplinärem Ansatz gemeinsam bearbeitet. Wie z.B. die "Forschungsinitiative Biogas" oder das Forschungsprojekt "Untersuchung der Beurteilungsqualität des Tiergerechtheitsindex TGI 35 L 1995/96 für Rinder, Kälber, Mastschweine und Legehennen". Das interdisziplinäre Seminar "Biogas" wird gemeinsam mit dem Institut für Agrarökonomik veranstaltet. Auch kam es im Bereich Präsentation von Forschungsergebnissen zu einer Intensivierung der Zusammenarbeit mit dem ZID.

Das vorliegende Forschungsprojekt leistet einen wesentlichen Beitrag, tiergerechte Haltungssysteme für Schweine in Wissenschaft, Beratung und Praxis zu verbreiten und ist Ausgangspunkt zahlreicher weiterführender Aktivitäten.

## 7 Veröffentlichungen von Ergebnissen des Forschungsprojektes

S. Wallner, Th. Amon, B. Amon, J. Boxberger, E. Bauer, J. Plank, G. Schopper (1999): Untersuchungen zum Einfluß der Lauf-

hofgröße und der Witterung auf das Verhalten von Sauen und Ferkeln im Außenklima-Stolba-Familienstall, 14. IGN-Tagung Tierhaltung und Tiergesundheit, Wissenschaftliche Tagung von 29. September bis 1. Oktober 1999 an der Veterinärmedizinischen Universität Wien.

Th. Amon, D. Jeremic, M. Gallob, B. Amon, K. Harrich, E. Bauer, J. Boxberger (2001): Schweinefleischerzeugung im Stolba-Familienstall: 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, TU-München-Weihenstephan vom 6.–8. März 2001

D. Jeremic, M. Gallob, B. Amon, Th. Amon (2001): Schweine leben einmal anders. Freiland-Journal 1/01, S. 9–10

Th. Amon, D. Jeremic, M. Gallob, B. Amon, J. Boxberger (2001): The Stolba family pen for pigs: a new housing system designed for animal welfare. CIGR Symposium, Polen.

Th. Amon, D. Jeremic, B., M. Gallob, B. Amon, J.Boxberger, J. Sölkner, S. Konrad, O. Meixner: (2002): Schweinefleischerzeugung im Stolba-Familienstall: Ermittlung von Kennzahlen von der Erzeugung bis zur Vermarktung und Optimierung des Systems; Enderbericht zum BOKU-internen Forschungsstimulationsprogramm im Dezember 2001

Th. Amon, D. Jeremic, B., Amon; M. Gallob, J. Sölkner, S. Konrad, O. Meixner: (2003): Behaviour, Management and economic Aspects of the Stolba Family Pen for Pigs. UVAW Symposium 2003 – Science in the Service of Animal Welfare, 2–4 April at University of Edinburgh (submission of abstract).

Th. Amon, D. Jeremic, B., M. Gallob, B. Amon, J. Sölkner, S. Konrad, O. Meixner: (2003): Der Stolba Familienstall für Schweine: Tierverhalten, Arbeitsorganisation, Wirtschaftlichkeit und Konsumentennachfrage. 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Universität für Bodenkultur Wien vom 24.–26. Februar 2003 (Beitrag angenommen)

Th. Amon, D. Jeremic, M. Gallob, B. Amon, J. Boxberger (2001): The Stolba family pen for pigs: a new housing system designed for animal welfare. In Animal welfare considerations in Livestock housing systems. Proceedings of the International Symposium of The C.I.G.R. 2nd Technical Section Szklarska Poreba. October 23–25, 2001 (Polen). p. 465–478

Th. Amon, D. Jeremic, B., M. Gallob, B. Amon, J. Sölkner, S. Konrad, O. Meixner: (2003): Der Stolba Familienstall für Schweine: Tierverhalten, Arbeitsorganisation, Wirtschaftlichkeit der Schweinefleischerzeugung von Stall bis zum Teller. 6. Internationale Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung vom 25.–27.3.2003 in Vechta, Universität Göttingen (submission of abstract).

## 8 Literaturverzeichnis

Arey, D.S. (1993): The effect of bedding on the behaviour and welfare of pigs. *Animal Welfare*, 2: 235–246

Bachmann, I. (1995): Das Ausscheidungsverhalten von Hausschweinen im Stolba Familienstall. Diplomarbeit, Universität Zürich

Bartussek, H. (2001): Möglichkeiten zur geeigneten Beschäftigung von Schweinen. In: BAL-Bericht "Gumpensteiner Bautagung 2001 – Stallbau, Stallklima, Verfahrenstechnik" 19. bis 20 Juni an der BAL Gumpenstein, S. 49–57

- Fraser, D. (1997): Farm animal Behaviour and Welfare. Wallingford, Oxon, CAB International
- Mollet, P. (1991): Auslösende Reize für das Koten und Harnen bei Schweinen. Diplomarbeit Universität Zürich
- Stolba, A. (1986): Verhaltensmuster von Hausschweinen in einem Freigehege (Bemerkungen zum Film), KTBL Schrift Nr. 299
- Stolba, A. (1988): Ethograms of the domestic pig and European wild boar. In the Library of Association for the Study of Animal Behaviour
- Wechsler, B. (1997): Schwein. In: Sambras, H.H. und Steiger (Hrsg.): Das Buch vom Tierschutz. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, S.173–185

## Ackerbrachen als Resultanten und Determinanten des Strukturwandels im ländlichen Raum – Ökologische und sozioökonomische Grundlagen zur Landnutzungsoptimierung

### *Fallow fields as a result but also as determining factor of structural changes in rural areas – ecological and socio-economic aspects of set-aside fields*

#### Projektteam

Zentrum für Umwelt- und Naturschutz: Wolfgang Holzner, Bärbel Pachinger, Beatrix Liebhart, Andreas Straka; Institut für Agrarökonomik: Hans Karl Wytzens, Rudolf Reichsthaler, Leopold Toifl, Brigitte Schuster; Institut für Zoologie: Erhard Christian, Manfred Pintar, Thomas Seidl; Institut für Bodenforschung: Michael Stemmer, Manfred Neuhauser

#### Zusammenfassung

Ackerbrachen sind heutzutage auffällige Elemente vieler Kulturlandschaften und immer noch in Zunahme begriffen. Für eine sinnvolle Planung der Anlage und Pflege solcher Flächen fehlen aber einerseits zum Teil die fachlichen Grundlagen. Andererseits handelt es sich dabei um eine sehr komplexe Aufgabenstellung, bei der neben vielfältigen ökologischen Gesichtspunkten, auch ökonomische und gesellschaftliche zu berücksichtigen sind.

Dieser Komplexität versucht das vorliegende Projekt gerecht zu werden, in dem ein Team von Ökologen verschiedener Fachrichtungen gemeinsam mit Sozio-Ökonomen in konkreten Versuchsgebieten Datenerhebungen, Experimente und Interviews durchführte. Die gegenseitige Annäherung im Zuge der gemeinsamen Arbeit und die Verschneidung der Einsichten und Resultate ergab unter anderem als praktisches Ergebnis einen Katalog von Vorschlägen für den Umgang mit Ackerbrachen, der hier auszugsweise vorgestellt wird.

#### Schlagwörter

Ackerbrache, Gesellschaft, Naturschutz, Entomologie

#### Abstract

*Nowadays, set-aside fields are eye-catching elements in many landscapes and their acreage is still increasing. Nevertheless the ecological know-how for their proper establishment and management is, however, still comparably scarce. This is a very complex task, requiring not only the consideration of several ecological disciplines; economic and social points of view have also to be taken into account. The present project tried to cope with this complexity, gathering a team of ecologists and agro-economists to perform investigations and sociological interviews in areas with fallow arable land together. The team-work resulted in a mutual approach and a blending of the disciplines. One of the applicable results of this type of research was a catalogue of recommendations for the proper treatment of fallow fields, which has been partly presented here.*

#### Key words

*Set-aside field, society, nature conservation, entomology*

#### Projektidee und Innovationswert

Ackerbrachen sind mehr und mehr zu einem augenfälligen Element in vielen Kulturlandschaften geworden. Zwar war der Strukturwandel im ländlichen Raum schon immer vor allem auf Grenzstandorten von der Aufgabe der herkömmlichen aber nun unproduktiv gewordenen Flächennutzung begleitet. Doch setzt die europäische Agrarpolitik seit einiger Zeit die sogenannte "Flächenstilllegung" massiv als Instrument zur Vermeidung von Überschussproduktion ein. So umfasste bereits 1997 die Stilllegungsfläche in Österreich rund 73.000 ha. Im Zuge der Agenda 2000 soll dieser Umfang noch ausgeweitet werden. Sozusagen als Nebenprodukt sollen Bracheprogramme, vor allem im Rahmen des ÖPUL, die Biodiversitätsverluste in der Kulturlandschaft, welche die Landwirtschaft in den vergangenen Jahrzehnten verursacht hat, wenigstens teilweise rückgängig machen und eine Landschaftsentwicklung in eine natur(-schutz)verträgliche Richtung einleiten.

Allerdings steht der Naturschutz vor dem Problem, dass Brachlegung in vielen Fällen keineswegs zu der erwarteten Erhöhung der Diversität einer Landschaft führt. Sehr oft kommt es zu ausgesprochen artenarmer Vegetation und zu monotonen Landschaftsbildern, die nicht nur aus ökologischer sondern auch aus ästhetischer Sicht enttäuschend sind. Außerdem werden die Brachen auch zu einem gesellschaftlichen Problem. Ihr Anblick ist ungewohnt, wird vielfach als hässlich und wild empfunden und es kommt die Frage auf, ob die dafür aufgewendeten Mittel berechtigt sind, wenn die Bauern fürs "Nichtstun" bezahlt werden. Dies ist natürlich nicht der Fall, denn zumindest die Stilllegungen im Rahmen des ÖPUL sind an Auflagen gebunden, die für den jeweiligen Fall von einer naturschutzfachlich kompetenten Begutachterin bzw. einem entsprechenden Begutachter festgelegt werden müssen. Diese stehen aber vor dem Problem, dass die Verhältnisse sehr komplex sind und dass es noch wenige fachlich fundierte Anhaltspunkte und Richtlinien für eine Bracheplanung gibt.

Dies war der Ausgangspunkt für dieses Projekt, in dem wir uns zum Ziel gesetzt haben, sowohl von ökologischer (= naturschutzfachlicher) als auch von agrarökonomischer und sozialwissenschaftlicher Seite, Unterlagen zu erarbeiten, die zu einer multidimensionalen Optimierung des Brachemanagements führen können.

## Gesellschaft

Da die Stilllegungen von der öffentlichen Hand finanziert werden und eines der zumindest nach außen hin wesentlichen Ziele Naturschutz, d.h. Erhaltung und Förderung der Natur für die menschliche Gesellschaft, ist, erschien es wichtig, zu erfahren, wie die Brachen gesehen, bzw. ob und wie sie akzeptiert werden.

Die Existenz von Ackerbrachen ist in der Bevölkerung weitgehend bekannt, 82 % von 450 befragten Personen zeigten sich informiert, dass es brachegelegte Ackerflächen in Österreich gibt. Das Bemühen der Agrarpolitik mittels Flächenstilllegungen eine Mengenreduktion auf Agrarmärkten zu erreichen, wird nur von einem Teil der Bevölkerung befürwortet. Eine knappe Hälfte (46,9 %) befürwortet Brachlegungen zur Bewältigung der Überschussproblematik, wiederum knapp die Hälfte (47,3 %) spricht sich dagegen aus, der Rest von 5,8 % konnte sich für keine der beiden Möglichkeiten entscheiden. Jüngere Altersgruppen stehen Brachlegungen zwecks Überschussabbau positiver gegenüber als ältere Altersgruppen.

Ein spannungsgeladener Aspekt sind finanzielle Bracheförderungen, mitunter sprechen einige im Zusammenhang mit Ackerbrachen gar von einer "subventionierten Verwahrlosung". Ein beachtlicher Teil (23 % von n = 450) der Interviewpartner sieht Bracheförderungen für Landwirte als nicht gerechtfertigt und als Prämie für das Nichtstun an.

Die Bevölkerung erwartet sich von Brachlegungen vor allem ökologische Verbesserungen in der Agrarlandschaft. Als besonders wichtig wird die Erhaltung bzw. Wiederzurverfügungstellung von Lebensraum für Wildtiere und Pflanzen sowie die Verbesserung des Wasserhaushaltes angesehen. Zugleich wird auch gefordert, die sofortige Nutzungsmöglichkeit von Ackerbrachen bei Nahrungsmittelmangel zu gewährleisten. Ein Großteil der Bevölkerung erwartet sich zwar positive Auswirkungen der Brachen auf den Naturhaushalt und sieht in den Brachen neuen Lebensraum für Tiere und Pflanzen, erwartet aber gleichzeitig, dass die Flächen dem ästhetischen Empfinden des Menschen entsprechen. Abgestorbenes Pflanzenmaterial, das über den Winter häufig als (Über-)Lebensraum für viele Insekten dient, wird oft als störend empfunden. Insofern sollten aus landwirtschaftlicher und naturschutzfachlicher Perspektive, der Bevölkerung die unterschiedlichen Funktionen und Ziele von Bracheflächen nähergebracht werden.

## Vegetationsökologie

### Die Botaniker im Team hatten folgende Aufgaben:

a. Zusammenstellung geeigneter Samenmischungen bzw. Bereitstellung geeigneter Vergleichsflächen für die zoologischen und die soziologischen Untersuchungen, denn für ihre Interviews

wurden entsprechende bunte bzw. monotone Anschauungsflächen benötigt.

- b. Verfolgen der Sukzession (Vegetationsentwicklung) auf Brachen mit unterschiedlichen Managementregimes. Mit diesen Untersuchungen wurde nicht wissenschaftliches Neuland betreten, denn die Entwicklung von Stilllegungsflächen ist in großen Zügen bekannt. Es war vielmehr notwendig, die im Rahmen des Projektes stattfindenden Verhältnisse zu dokumentieren und vor allem zu prüfen, inwieweit die Entwicklung den bekannten und daher zu erwartenden Verlauf nimmt, was auch im großen und ganzen der Fall war.
- c. Einsaatexperimente: Die Ausgangshypothese war, dass in ausgeräumten Agrarlandschaften wie hier kaum eine hohe Biodiversität auf Brachen erwartet werden kann, zumindest was die Vegetation betrifft, da es keine Biotope in der Umgebung gibt, von denen geeignete Arten einwandern können. In solchen Fällen kann versucht werden, durch Einsaaten entweder eine Starthilfe zu geben oder gleich eine ökologisch erwünschte Vegetation, wie etwa einen Trockenrasen zu begründen. Dies gelang in beiden Untersuchungsgebieten gut, jeweils mit unterschiedlichen Methoden: In Spillern wurde Saatgut von handgesammelten Trockenrasenarten aus der weiteren Umgebung ausgebracht. Von 54 ausgewählten Arten konnten so 39 auf der Brache angesiedelt werden. In der Lobau wurde auf einer Brache zusätzlich ein Trockenrasenstreifen aus Saatgut angelegt, das vom Techniker der BOKU-Versuchswirtschaft durch Drusch einer passenden Fläche im Gebiet selbst gewonnen worden war.

## Tierwelt auf Ackerbrachen

Zur repräsentativen Beurteilung der Tierwelt auf Ackerbrachen wurden Insektengruppen mit möglichst unterschiedlichen Ansprüchen an ihren Lebensraum gewählt: Wildbienen, Wanzen und Laufkäfer. Anhand dieser Indikatorgruppen wurden jene Faktoren ermittelt und analysiert, die auf Ackerbrachen für die Biodiversität und den Anteil stenöker, seltener und/oder gefährdeter Arten verantwortlich sind. Nachfolgende Schlussfolgerungen beziehen sich hauptsächlich auf Wildbienen und Wanzen, die vollständigen Ergebnisse der Laufkäferuntersuchungen liegen noch nicht vor.

An den beiden Standorten Spillern und Lobau wurden im Untersuchungszeitraum 1999–2001 auf insgesamt 11 Versuchsflächen Ackerbrachen mit Selbstbegrünung, Wildblumen-Ansaat und der in der Landwirtschaft für Begrünungen von Stilllegungsflächen üblichen Ansaat mit Luzerne bzw. einer Gräser-Klee-Mischung verglichen. Besonders beleuchtet wurden dabei die Faktoren Vegetationszusammensetzung, Struktur und Vernetzung der Brache mit dem Umland.

Mit den Erfassungsmethoden Käscher, Barberfallen und Sichtfang wurden insgesamt 83 Wildbienen- und 130 Wanzenarten nachgewiesen.

Hohe Artenzahlen wurden sowohl für Wildbienen als auch für Wanzen auf jungen, der spontanen Sukzession überlassenen Ackerbrachen mit guter Vernetzung zu strukturreichem Umland ermittelt. Auf diesen Flächen konnten zahlreiche spezialisierte und/oder gefährdete Arten festgestellt werden. Als maßgebliche Faktoren für die Diversität der Wildbienen stellen sich die Verfügbarkeit von Nistplätzen und die Erreichbarkeit und Vielfalt des Nahrungsangebotes in unmittelbarer Nähe dar. Neben der höch-



Abb. 1: Untersuchte Ackerbrache in der Oberen Lobau

sten Artendiversität war auf den selbstbegrünten Brachen auch der höchste Anteil an hypergäischen, also oberirdisch nistenden, und monolektischen Arten, das sind Wildbienenarten, die auf ganz bestimmte Pflanzenarten angewiesen sind, zu finden. Die Aufgliederung der hypergäischen Arten zeigt die Bedeutung von Totholz und abgestorbenem Pflanzenmaterial in der Ackerbrache oder in den umliegenden Habitaten, die nur durch die enge Vernetzung mit der Stilllegungsfläche als Teillebensraum genutzt werden können.

Als Futterpflanzen für monolektische Arten zeigen sich Vertreter der Asteraceae, im besonderen Disteln, als überdurchschnittlich bedeutsam. Ein hoher Anteil der erfassten, seltenen Arten zeigt eine Kombination der Spezialisierung auf Totholz und Disteln.

Im Gegensatz zur Lobau konnten in Spillern Wildblumen-Ansaaten zu einer tendenziellen Bereicherung der Wildbienenfauna

beitragen; gefördert wurden dadurch jedoch weitgehend euryöke Arten.

Als Folge der Lebensraumfragmentierung und Isolierung der Ackerbrachen in einer agrarisch intensiv genutzten Landschaft weist der Standort Spillern bei den Wildbienen mit 36 Arten eine nur halb so große Artendiversität auf wie in der Lobau (71 Arten). Die Zönose setzt sich darüber hinaus in Spillern vornehmlich aus in der Kulturlandschaft noch weit verbreiteten, euryöken Arten zusammen. Bezeichnend für die Nutzungsprägung durch die Landwirtschaft ist das Artenspektrum an diesem Standort von endogäisch (=im Boden) nistenden Arten (85%) geprägt, obligat überirdisch nistende Arten fehlen großteils.

Die höchste Wanzen-Diversität wurde auf Ackerbrachen mit hoher Pflanzenartenzahl und hoher Pflanzendichte, erzielt durch eine dreijährige Wildblumen-Ansaat, erfasst. Lückig bewachsene selbstbegrünte Brachen mit hoher Pflanzenartenzahl boten besonders spezialisierten und/oder seltenen Arten einen Lebensraum. Oligophage und sonst von Trockenstandorten bekannte Arten erreichten hier den höchsten Anteil.

Als nachteilig besonders für endogäisch lebende Wanzenarten zeigen sich ältere Brachen, die von dichten Gräserhorsten und teilweiser Verfilzung geprägt waren. Die Struktur der Bodenoberfläche bietet vor allem Arten der Lygaeidae einen hohen Raumwiderstand, ein Umstand, der das weitgehende Fehlen auf diesem Brachetyp zur Folge hat. Auf vergrasenden Ackerbrachen konnte durch das Fehlen einer heterogenen Vegetation mit einem entsprechendem Anteil an Kräutern darüber hinaus eine geringe Gesamtartenzahl der Wanzen und eine Verschiebung des Artenspektrums auf Gräser-spezialisten aus der Familie der Miridae festgestellt werden.

Ebenso wie bei den Wildbienen wird auch bei den Wanzen der Einfluss von Vegeta-



Abb. 2: Die Kombination Disteln, Totholz und Feuchtigkeit machen eine Ackerbrache für einige seltene Wildbienenarten zu einem ansprechenden Lebensraum

tionszusammensetzung und -struktur als für die Biodiversität einer Ackerbrache maßgebliche Faktoren von den Auswirkungen ihrer Lage und damit der Vernetzung mit den Umland überlagert. So konnten auch bei den Wanzen in Spillern mit 60 erfassten Arten gegenüber 109 Arten in der Lobau eine wesentlich geringere Artenzahl erzielt werden. Euryöke Arten und das Dominieren ausgesprochener Ubiquisten prägen das Bild aller untersuchten Brachetypen an diesem Standort.

Das waren Beispiele für einige Detailergebnisse der einzelnen Arbeitsgruppen. Welche allgemeinen Aussagen konnten nun aus dem Projekt gewonnen werden? Durch Überschneidung der Ergebnisse und Einsichten der unterschiedlichen Disziplinen miteinander wurden für die Gesellschaft relevante und umsetzbare Ergebnisse erzielt. Dies lässt sich an einigen Beispielen zeigen, die aus einem Katalog von Planungs- und Managementvorschlägen für den "richtigen Umgang" mit Ackerbrachen ausgewählt wurden:

### Planungs- und Managementvorschläge

- Öffentlichkeitsarbeit wäre eine vordringliche Aufgabe. Das Aussehen von Ackerbrachen verlangt nicht nur eine Gewöhnung, sondern es sollte mit dem Wissen verbunden werden, dass hier etwas "für die Natur" und damit schließlich auch für Menschen getan wird. Und die Öffentlichkeit sollte auch darüber informiert sein, was sich so alles auf einer Brache an vielfältiger Natur tummelt. Damit könnte z.B. den Naturschutzziele abträglicher und ökonomisch aufwendiger Pflegeaufwand vermieden werden.
- Die vielfältigen sozio-ökonomischen Anforderungen an Ackerbrachen, die zudem auch regional differieren, erfordern ein möglichst kleinräumiges, der Landschaft und der Gesellschaft angepasstes Brachemanagement. Man kann es auch so formulieren: Jede Brache ist anders – es wird andere gesellschaftliche und naturschutzfachliche Ziele geben und, z.B. je nach landwirtschaftlichem Betrieb, andere ökonomische und technische Voraussetzungen (z.B. Mähbalken vorhanden oder nicht). Auf manchen Flächen werden Akzeptanz und Ästhetik Vorrang vor Naturschutzziele haben, auf anderen vielleicht die Bekämpfung von Problemunkräutern.

Die Kunst des Planers wird es nun sein, für jede Brache ein maßgeschneidertes Programm zu entwerfen, in dem die Ziele ganz speziell für diese Situation festlegt und die ökologischen, ökonomischen und sozialen Rahmenbedingungen berücksichtigt wurden.

Dazu einige Ratschläge (Auswahl) aus der Projektpraxis für die Planungspraxis:

- Vielfalt schafft Vielfalt: Diversität kann unter anderem durch das Nebeneinander vielfältiger Strukturen als Folge von z.B. unterschiedlich alten Flächenteilen oder unterschiedlichen Pflegeregimes erreicht werden. Dazu gehört auch, dass Brachen im Herbst nur teilweise gemäht werden. Diese Flächen stellen einen geschützten Rückzugsraum für verschiedenste Tiere dar und bieten für andere Überwinterungsmöglichkeiten in den hohlen Stängeln.
- Viele Pflanzen = viele Tiere: Die Diversität der Insektenfauna und der Anteil seltener Arten weist in den meisten Fällen eine

enge Korrelation mit der Zahl der Pflanzenarten auf. Diese Erkenntnis vereinfacht die Planung, da die Möglichkeiten zur Steuerung der Vegetation recht gut bekannt sind und die entsprechenden Erfolge anhand der Pflanzenarten-Zusammensetzung auch leicht feststellbar ist.

- Magere Wuchsbedingungen schaffen vielfältigere und damit buntere Vegetation. Sowohl bei den Wildbienen als auch teilweise bei den Wanzen zeigt sich eine hohe Bedeutung von Ackerbrachen mit lückiger Vegetationsstruktur und offenen Bodenstellen, die für bodennistenden Arten ein Nisthabitat darstellt und für epigäische Arten einen ansprechenden Lebensraum mit geringen Raumwiderstand bieten.
- Brachflächen auf wüchsigen Standorten lassen die Entwicklung zu einer eintönigen "natürlichen Monokultur" erwarten, besonders wenn in der weiteren Umgebung keine Biotope sind, von denen aus passende Arten einwandern können. Hier wird eine Initialsaat aus entsprechenden Wildpflanzen empfohlen. Zur Förderung der blütenbesuchenden Tierwelt ist auf eine artenreiche Mischung vor allem von Korbblütlern, Kreuzblütlern und Schmetterlingsblütlern zu achten, die so zusammengesetzt ist, dass ein stetes Blütenangebot während der ganzen Vegetationsperiode gegeben ist.
- Bei Flächen, die mit ausdauernden Ackerunkräutern verseucht sind, ist vor der Brachlegung eine mechanische Bekämpfung durchzuführen. Wenn keine Gefahr für Nachbarflächen oder Folgekulturen besteht, kann man diese Unkräuter auch wuchern lassen. So waren die Ackerdistelbrachen im Nationalpark Lobau ein Eldorado für Schmetterlinge. Im Zuge der Weiterentwicklung sind diese Distelbestände ohnehin nach drei Jahren zusammengebrochen. Eine Bekämpfung wäre also ökologisch kontraproduktiv und ökonomisch sinnlos gewesen. Das Akzeptanzproblem ist durch entsprechende Information der Öffentlichkeit zu lösen.
- Pflegeeingriffe wie Mahd stellen einen gravierenden Eingriff auf Insektenpopulationen dar. Sie sollten, wie bereits häufig praktiziert, möglichst nicht vor September erfolgen. Nach diesem Zeitpunkt haben die meisten Arten ihren Entwicklungszyklus abgeschlossen. Da jedoch der Entwicklungszyklus durch die Zerstörung des Eies, der Larve oder der Puppe unterbrochen werden kann, gilt auch hier das Prinzip der kleinflächigen Pflege. Auch für wenig mobile Arten muss bei Eingriffen in die Ackerbrache die Möglichkeit bestehen, auf Nachbarflächen auszuweichen.
- Ackerbrachen können nur bei Einbindung der Flächen in ein Biotopverbundsystem Lebensraum für eine artenreiche Fauna mit Vertretern seltener Arten darstellen. Auf eine Vernetzung der Brachen mit dem Umland ist zu achten.

### Darstellung des Outputs

Die Aufbereitung der Ergebnisse verfolgt das Ziel, neben fachspezifischen Publikationen vor allem konkrete Richtlinien und Hilfestellung für die Praxis zu geben. Mit einer Fachtagung für ein in der Praxis agierendes Zielpublikum, Vorträgen und ziel-

gruppenorientierter Aufbereitung der Ergebnisse in entsprechenden Medien wurde ein Teil dieses Vorhabens bereits umgesetzt (siehe unten). Weitere Beiträge sind konkret geplant.

Zwei Folgeprojekte, "Biodiversität auf Stilllegungsflächen: Zusammenhänge zwischen Artenschutz und Landwirtschaft" (Laufzeit: 2001–2003. Projektpartner: Bogner & Golob KEG, Büro für Ökologie und Landwirtschaft, Institut für Naturschutz und Landschaftsökologie, Graz, Amt der Kärntner Landesregierung/Abt. 20 Landesplanung – Naturschutz. Finanzierung: BMLFUW, Amt der Kärntner Landesregierung) und "Ackerbrachen der Oberen Lobau" (Laufzeit: 2000–2005. Projektpartner: Gemeinde Wien, MA 49. Finanzierung: Gemeinde Wien MA 49) sind bereits angefallen, weitere sind im Entstehen. Konkret laufen einerseits inneruniversitäre Anbahnungsgespräche für ein interdisziplinäres Kooperationsvorhaben, bei dem Methoden und Verfahren zur Früherkennung der von Nutzungsaufgabe bedrohten Agrarflächen entwickelt werden sollen. Außeruniversitär haben sich zwei Gemeinden interessiert gezeigt, die Nutzungsaufgabe von Agrarflächen näher zu untersuchen; auch diesbezüglich laufen konkrete Vorgespräche.

Das Projekt gab Anstoß zur Vergabe von Diplomarbeiten, die das Themenfeld weiter vertiefen sollen (vgl. Diplomarbeiten und Dissertationen in Vorbereitung) und war Initialzündung, um sowohl sozioökonomische als auch ökologische Fragen, die sich im Zusammenhang mit Brachen stellen, im Lehrbetrieb speziell zu thematisieren.

Beispiele dafür sind:

Seminar Landwirtschaftliche Regionalplanung II mit Themenschwerpunkt "Brache – Chancen und Risiken für Raum und Landwirtschaft". WS 1999/2000. Lehrveranstaltungsleiter: Hans Karl Wytrzens,

Interdisziplinäres Projekt – Ackerbrachen. SS 2001, SS 2002.

Vorlesungen Unkrautbiologie und Vegetationsökologie für Landwirte. Lehrveranstaltungsleiter: Wolfgang Holzner,

Vertiefungsprojekt "Die Amphibien eines Golfplatzes bei Spillern – Stockerau". Lehrveranstaltungsleiter: Manfred Pintar.

### Veranstaltung

Ackerbrachen – Flächennutzung mit Zukunft? Fachtagung am 27. April 2001 an der Universität für Bodenkultur Wien.

### Publikationen

Zentrum für Umwelt- und Naturschutz (Hrsg.) (2002): Ackerbrachen – Flächennutzung mit Zukunft? Dokumentation der Fachtagung vom 27. April 2001 an der Universität für Bodenkultur Wien.

Schuster, B. & L. Toifl (2002): Brachen im Spannungsfeld sozioökonomischer Interessen – Eine Analyse gesellschaftlicher Anforderungsprofile für das Brachemanagement. In: Penker, M. & S. Pfusterschmid (Hrsg.): Wie steuerbar ist die Landwirtschaft? – Erfordernisse, Potentiale und Instrumente zur Ökologisierung der Landwirtschaft, Facultas, Wien, 253–260.

Pachinger, B. (2002): Faunistisch-ökologische Untersuchungen an Wildbienen (Apidae) und Wanzen (Heteroptera) als Beitrag zur Entwicklung von Managementanleitungen für die Anlage und Pflege von Ackerbrachen. Dissertation am Zentrum für Umwelt- und Naturschutz, Universität für Bodenkultur Wien.

Pachinger, B. & L. Toifl (2001): Ecological and socio-economic aspects of set-aside fields. In: Universität für Bodenkultur, Tschechische Agraruniversität Prag, Universität Westungarn (Hrsg.): Poster abstract im Tagungsband, BOKU-Kongress "Leben und Überleben – Konzepte für die Zukunft". 19.–21. November 2001, Hofburg Wien: 220–221.

Pachinger, B. (2000): Warum mahd denn de schiache G'settn kana!? Die BOKU 1/2000: 6.

Pintar, M. & J. Pongruber (1999): Die Amphibien eines Golfplatzes in Spillern (Stockerau). Forschungsbericht im Auftrag J. Harmer, Spillern.

### Dissertationen und Diplomarbeiten in Vorbereitung

Liebhart, B.: Der naturschutzfachliche Wert von Brachen in botanischer Hinsicht. Dissertation am Zentrum für Umwelt- und Naturschutz.

Toifl, L.: Brachen und Gesellschaft: Sozioökonomische Perspektiven einer multidimensionalen Optimierung des Managements von Brachflächen. Dissertation am Institut für Agrarökonomik.

Neuhauser, M.: Brachflächen-Ackerflächen – Ein Vergleich aus bodenmikrobiologischer Sicht. Diplomarbeit am Institut für Bodenforschung.

Niederle, G.: Die Einstellung der Bevölkerung zur Bewirtschaftungsaufgabe von Grünlandflächen – eine empirische Untersuchung im Bezirk Hermagor. Diplomarbeit am Institut für Agrarökonomie.

Seidl, T.: Die Laufkäferzönosen auf Ackerbrachen in Spillern. Diplomarbeit am Institut für Zoologie.

### Vorträge

Holzner, W.: Ackerbrachen – Natur oder Unkraut-Infektionsherd? Vortrag im Rahmen der Fachtagung "Ackerbrachen – Flächennutzung mit Zukunft?" am 27. April 2001 in Wien.

Holzner, W.: Naturschutz in Kulturlandschaften. Vortrag im Rahmen des BOKU-Kongress "Leben und Überleben – Konzepte für die Zukunft". 19.–21. November 2001, Hofburg Wien.

Toifl L.: Brachen im Spannungsfeld sozioökonomischer Interessen – Eine Analyse gesellschaftlicher Anforderungsprofile für das Brachemanagement. Vortrag im Rahmen der 11. ÖGA – Jahrestagung (Österreichische Gesellschaft für Agrarökonomie) am 28. September 2001 in Graz.

Wytrzens, H. K.: Brache – Weg zum Auf- oder Zusammenbruch der Landwirtschaft? Vortrag im Rahmen der Fachtagung "Ackerbrachen – Flächennutzung mit Zukunft?" am 27. April 2001 in Wien.



## Modifiziertes Holz – Eigenschaften und Märkte

### *Modified Wood – Properties and Markets*

#### Projektteam

Institut für Chemie (ICH): Barbara Hinterstoisser, Barbara Stefke, Manfred Schwanninger; Institut für Holzforschung (ihf): Margareta Patzelt, Robert Stingl (Diplomand), Camillo Dalsasso (Diplomand); Institut für Meteorologie und Physik, Arbeitsbereich Physik: Alexander Reiterer (ausgeschieden im März 2001), Milojka Gindl, Gerhard Sinn; Institut für Forstentomologie, Forstpathologie und Forstschutz: Erhard Halmschlager, Christof Ladner (Diplomand); Institut für Sozioökonomik der Forst- und Holzwirtschaft: Peter Schwarzbauer, Karl Hogl, Martin Bruderhofer (Diplomand), Helmut Jettmar (Diplomand), Herold Weilharter (Diplomand)

#### Zusammenfassung

Thermische und chemische Modifikation von Holz kann für den Anwender unerwünschte Holzeigenschaften, wie die begrenzte Dauerhaftigkeit und das Quell-/Schwindverhalten, entscheidend verändern. Das Ziel des Projektes war es, die Holzzellwand so zu modifizieren, dass gerade diese Eigenschaften verändert bzw. verbessert werden und weiters auch der Befall durch Pilze erschwert bzw. verhindert wird. Diese erzielte Schutzwirkung kann bis zu einem gewissen Ausmaß und unter bestimmten Voraussetzungen eine Behandlung des Holzes mittels biozider Stoffe unnötig machen.

Innerhalb des Projektes wurden verschiedene Modifikationsverfahren an Fichtenholz getestet und die Eigenschaften des so erhaltenen Materials analysiert, um die Einsatzmöglichkeiten von modifiziertem Holz definieren zu können. Eine entscheidende Aufgabe hatte in diesem Zusammenhang die Untersuchung der Marktakzeptanz des neuen Werkstoffes "modifiziertes Holz".

#### Abstract

*Both thermal and chemical modification of wood helps to improve certain wood properties which are seen to be not acceptable for potential users (for instance swelling and shrinking, reduced natural resistance against fungi and insects).*

*The main goal of the project was to find out which parameters of different modification methods have either a positive effect on dimensional stability and improve natural resistance of wood or even influence certain properties like strength negatively. These findings offered the opportunity for different to define optimised modification methods for different applications. Furthermore, strong emphasis was put on the question of customers' acceptance for the new product "modified wood".*

## I Einleitung

Holz hat aufgrund seines Artenreichtums ästhetische, technologische, ökonomische und ökologische Vorzüge gegenüber anderen Werkstoffen. Holz ist nachhaltig regional verfügbar, in seiner Erzeugung und Weiterverarbeitung weniger kostenintensiv als andere Werkstoffe (z.B. Stahl) und es weist in der gesamten Produktionskette eine sehr positive Ökobilanz auf. Trotz allem hat Holz als Werkstoff starke Konkurrenz, vor allem aus dem Bereich der Kunststoffe, bekommen, was auf die nachteiligen Eigenschaften von Holz bei bestimmten Anwendungen zurückzuführen ist. Die geringe natürliche Dauerhaftigkeit der meisten Europäischen Holzarten gegenüber Insekten- und Pilzbefall sowie das oftmals ausgeprägte anisotrope Quell- und Schwindverhalten, aber auch die geringe Widerstandsfähigkeit von Holzoberflächen gegenüber UV-Licht (Vergrauung) machen das Holz für die meisten Anwendungen im Freien unattraktiv. Die im Vergleich zu anderen Werkstoffen leichte Entzündbarkeit von Holz ist seit langem ein diskriminierender Faktor in dessen konstruktivem Einsatz. Alle genannten Eigenschaften beruhen überwiegend auf der Besonderheit der chemischen Zusammensetzung der Zellwandpolymere, die beiden erstgenannten werden in den folgenden Beiträgen ausführlich behandelt.

Unter den einheimischen Hölzern erreicht – laut ÖNORM EN 350-2 "Dauerhaftigkeit von Holz- und Holzprodukten" – nur die Robinie die Klasse "sehr dauerhaft", alle anderen Holzarten ran-

gieren von dauerhaft (z.B. Eiche), über mäßig/wenig dauerhaft (z.B. Lärche oder Fichte) bis nicht dauerhaft (z.B. Ahorn). Daher müssen Produkte aus nicht ausreichend dauerhaften Holzarten mit Fungiziden und Insektiziden vorbehandelt werden, um deren Lebens- und Nutzungsdauer zu verlängern. Ein Ziel der Holzmodifikation muss es deshalb sein, die Schutzwirkung nicht durch Einbringung biozider Stoffe zu erreichen, sondern die Zellwand so weit zu verändern, dass sie für Schadorganismen unattraktiv werden.

Die Hemizellulose ist ein stark hygroskopischer Bestandteil der Zellwand und besitzt die Eigenschaft, an deren OH-Gruppen Wasser über Wasserstoffbrücken anzulagern. Die Folge ist, dass mit Feuchteänderungen der umgebenden Luft die hygroskopischen Zellwände des Holzes Wasser aufnehmen oder abgeben, was immer mit anisotropen Dimensionsveränderungen verbunden ist. Davon sind insbesondere Holzkonstruktionen betroffen, bei welchen Formbeständigkeit und Passgenauigkeit eine wichtige Rolle spielen (z.B. Dichtheit von Fenstern). Die Modifikation des Holzes bewirkt einen Umbau der Zellwandstrukturen, welche zu einer Verringerung der Adsorptionsfähigkeit führen und trägt somit dazu bei, die Dimensionsstabilität von Holz zu verbessern. Auch wenn schon einige Verfahren und Prozesse zur Holzmodifikation patentiert wurden und es bereits Produkte am Markt gibt, ist noch immer ein hoher Forschungsbedarf gegeben, insbesondere im Bereich der Prozessoptimierung, Qualitätssicherung, Ökobilanzierung und Marktforschung. Dafür ist es notwendig, immer

wieder auf eine vernetzte und interdisziplinäre Grundlagenforschung zurückzugreifen, deren Ergebnisse das Basiswissen und Verständnis für die Vorgänge während der Modifikation und deren Einflüsse auf das gewonnene Material darstellen. Die Universität für Bodenkultur Wien bietet aufgrund ihrer wissenschaftlichen Ausrichtung die ideale Voraussetzung, ein Netzwerk aus Forschern aus den Bereichen Holzforschung, Chemie, Entomologie, Physik und Sozioökonomik für ein interdisziplinäres Projekt zum Thema Holzmodifikation zu bilden.

Die wissenschaftliche Grundlage dieser Publikation stellen die Ergebnisse aus dem Projekt: "**Produkte aus modifiziertem Holz: Eigenschaften und Märkte**" dar. Während einer zweijährigen Projektdauer haben folgende Institute der Universität für Bodenkultur Wien zusammengearbeitet:

- Institut für Chemie
- Institut für Holzforschung
- Institut für Meteorologie und Physik
- Institut für Forstentomologie, Forstpathologie und Forstschutz
- Institut für Sozioökonomik der Forst- und Holzwirtschaft

Die Forschungsarbeit in diesem Projekt konzentrierte sich hauptsächlich auf die Modifikation der Holzart Fichte, da diese die meistverwendete Holzart in Österreich und in Mitteleuropa ist. Zur Modifikation von Fichte gibt es sehr wenig vorangegangene Studien, da sich die meisten Forschungsarbeiten mit Kiefer und Buche auseinandergesetzt haben. Die Fichte weist nur eine geringe natürliche Dauerhaftigkeit auf und ist darüber hinaus für eine Imprägnierung ungeeignet, da ein Eindringen von Schutzmitteln in die Zellwand aufgrund der sich verschließenden Hoftüpfel nur in geringem Ausmaß bewerkstelligt werden kann. Somit ist sie beinahe ideal, um als Ausgangsmaterial für eine Modifikation zu dienen, da man ihre Eigenschaften in Hinsicht z.B. auf eine Außenanwendung im Prinzip nur verbessern kann.

## II Durchgeführte Arbeiten

### 1 Modifikation

Die Modifikation der Fichtenholzstücke wurde mittels thermischer und chemischer Verfahren durchgeführt. Ziel ist es, die Dimensionsstabilität des Holzes und/oder seine biologische Widerstandsfähigkeit zu verbessern.

#### 1.1 Chemische Modifikation

(durchgeführt am Institut für Chemie – ICh)

Grundlage für eine möglichst dauerhafte Veränderung der Holzeigenschaften ist die chemische Veränderung potentiell reaktiver Gruppen – überwiegend OH-Gruppen – der unterschiedlichen Holzkomponenten.

Von der Vielzahl der Acetylierungsmethoden wurden die folgend genannten näher untersucht: Zur **Flüssigphasenacetylierung** wurden die Holzklötzchen nach der Imprägnierung mit dem Acetylierungsreagens submers in Essigsäureanhydrid modifiziert (Umgebungsdruck). Für die **Flüssigphasenacetylierung unter Druck** wurde das Probenmaterial unter die Reagensoberfläche gedrückt und bei einem

Druck von  $0,8 \pm 1$  MPa und einer Temperatur von  $120$  °C zur Reaktion gebracht.

Bei der **Acetylierung nach Druckimprägnierung** wurden die Klötzchen nach einer Druckimprägnierung (submers in Essigsäureanhydrid bei einem Druck von  $0,8$  Mpa/1h) in einem Reaktor auf die gewünschte Reaktionstemperatur gebracht.

Als Testmaterial wurden Fichtenklötzchen (*Picea abies* (L.) Karst) mit Abmessungen von  $50 \times 50 \times 10$  mm eingesetzt. Als Acetylierungsreagenzien wurde überwiegend reines Essigsäureanhydrid eingesetzt, für die Flüssigphasenacetylierung aber auch Xylol und Pyridin als Lösungsmittel bzw. Katalysator.

#### 1.2 Thermische Modifikation (durchgeführt am Institut für Holzforschung (ihf))

Im Rahmen der thermischen Behandlung wurden anhand von 17 verschiedenen Methoden der Einfluss der Parameter Reaktionstemperatur, Reaktionszeit, Autoklavdruck, Holzfeuchte und umgebendes Medium auf folgende Holzeigenschaften untersucht: Masseabbau, Quell- und Schwindverhalten, Sorptionseigenschaften, Farbveränderung, pH-Wert, Klebefestigkeit, Bruchschlagarbeit, Verwitterungsbeständigkeit (tw. in Erdkontakt)

Der **behandlungsbedingte Masseabbau** wurde anhand der Differenz der Darrmassen vor und nach der Modifikation der Proben bestimmt.

Ebenso wurde die **Farbveränderung** der Proben mittels einer spektralphotometrischen Analyse (CODEC 400, Fa. Phyma) ermittelt und nach dem  $L^*a^*b^*$  Farbsystem (auch CIELAB System genannt) ausgewertet (Normenserie ÖNORN DIN 5033: Farbmessung Teil 1–Teil 9).

Zur Ermittlung des veränderten Quell- und Schwindverhaltens sowie der Sorptionseigenschaften wurden die Proben neun definierten Klimabedingungen (ÖN EN 1910: Parkett und andere Holzfußböden und Wand- und Deckenverkleidungen aus Holz – Bestimmung der Dimensionsstabilität) ausgesetzt und nach einem vorgegebenen Plan (ÖN ISO 554: Normklimare für die Konditionierung und/oder Prüfung – Zahlenangaben) vermessen und gewogen.

Der Einfluß der Modifikation auf den **pH-Wert** wurde mittels pH-Meter (CG 840, Fa. SCHOTT) nach DIN 53124 (Bestimmung des pH-Wertes in wäßrigen Extrakten) bestimmt.

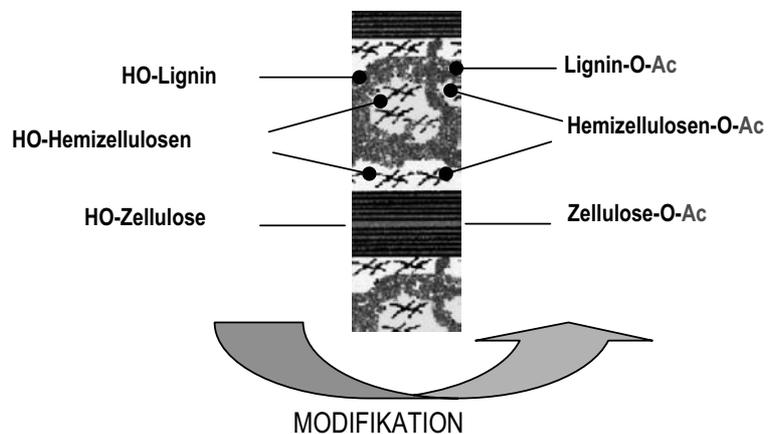


Abb. 1: Schematische Darstellung der chemischen Modifikation

In Anlehnung an ÖNORM EN 204 (Beurteilung von Klebstoffen für nichttragende Bauteile zur Verbindung von Holz und Holzwerkstoffen) und ÖNORM EN 205 (Prüfverfahren für Holzklebstoffe für nichttragende Bauteile – Bestimmung der **Klebfestigkeit** von Längsklebung im Zugversuch) wurde die Verleimungsqualität von modifizierten Proben geprüft. Der verwendete Leim (DYNOSOL S-204 (D4)) wurde freundlicherweise von der Fa. SYNTHESA zur Verfügung gestellt.

Noch laufende Langzeitversuche werden zum Thema **Verwitterungsbeständigkeit** auf dem Gelände des Versuchsgartens von BOKU-Instituten in Essling durchgeführt. Einerseits werden modifizierte Proben in Anlehnung an ÖNORM ENV 12037 (Holzschutzmittel – Freilandversuche zur Bestimmung der relativen Wirksamkeit eines Holzschutzmittels ohne Erdkontakt – Verfahren mit horizontaler Überplattung (Lap-Joint-Verfahren)) der Witterung ausgesetzt und bezüglich ihrer Farbveränderung, Risentwicklung und Besiedelung von holzerstörenden Pilzen untersucht. Andererseits werden Proben nach ÖNORM EN 252 (Freilandprüfverfahren zur Bestimmung der relativen Schutzwirkung eines Holzschutzmittels im Erdkontakt) geprüft.

Im Zuge dessen wurden unbehandelte und behandelte Proben einem **Schlagbiegeversuch** unterzogen (DIN 52189: Schlagbiegeversuch – Bestimmung der Bruchschlagarbeit). Die Erdkontaktproben werden nach Beendigung des Freilandversuches der gleichen Prüfung unterzogen, um einen Einfluss der im Bodenkontakt angreifenden Moderfäulepilze feststellen zu können.

## 2 Mechanische, bruchmechanische Untersuchungen und Benetzbarkeit

(durchgeführt im Arbeitsbereich Physik (Institut für Meteorologie und Physik))

Zur physikalische Charakterisierung wurden thermisch- und chemisch modifizierte als auch unbehandelte Proben herangezogen. Getestet wurden die **Brucheigenschaften mittels Keilspaltvorrichtung (QTS 10)**. Alle Proben waren bis unmittelbar vor dem Versuch in einem Klimaraum bei Standardbedingungen gelagert (20 °C, 66% relative Luftfeuchtigkeit).

Mechanische Eigenschaften wie **Elastizitätsmodul** und **Zugfestigkeit** wurden ebenfalls für das thermisch modifizierte und das acetylierte Holz bestimmt.

Um mögliche Veränderungen der Materialeigenschaften bezüglich Verleimung und Oberflächenbehandlung zu testen wurde die **Benetzbarkeit** mittels Kontaktwinkelmessung untersucht. Der zeitliche Verlauf des Kontaktwinkels von Wasser auf modifizierten Holzoberflächen liefert einen schnellen Vergleich, ob sich es um eine hydrophobe oder eine hydrophile Oberfläche handelt. Für den Fall, dass die modifizierten Oberflächen noch beschichtet (oder verleimt) werden sollen, wurde eine Messung des dynamischen Kontaktwinkels mit mindestens 3 Testflüssigkeiten und die Berechnung der Oberflächenenergie des Holzes nach der Säure/Base Theorie und die Charakterisierung der Beschichtung (bzw. Leim) durchgeführt, um die Adhäsionsarbeit (als Maß für die Güte der Verbindung) zwischen den zwei Phasen zu ermitteln.

## 3 Prüfung der Dauerhaftigkeit von modifiziertem Holz gegenüber holzerstörenden Pilzen

(durchgeführt am Institut für Forstentomologie, Forstpathologie und Forstschutz)

Die Durchführung der Laboruntersuchungen erfolgte in etwas abgewandelter Form nach ÖNORM EN 113 ("Holzschutzmittel –

Prüfverfahren zur Bestimmung der vorbeugenden Wirksamkeit gegen holzerstörende Basidiomyceten – Bestimmung der Grenze der Wirksamkeit"), daneben wurden jedoch auch die ÖNORM EN 350-1 sowie EN 152 ("Laboratoriumsverfahren zur Bestimmung der vorbeugenden Wirksamkeit einer Schutzbehandlung von verarbeitetem Holz gegen Bläuepilze" Teil 1 & 2) bei der Versuchsplanung berücksichtigt.

Bei den Laboruntersuchungen wurden sogenannte **Abbauversuche** durchgeführt, bei denen modifizierte und nicht modifizierte Prüfkörper aus Fichte (bzw. bei einem Teilversuch auch aus Kiefer) dem Angriff von vier holzerstörenden Pilzen und einer Bläuepilzart ausgesetzt wurden.

Die **Auswahl** der Prüfpilze erfolgte nach zwei Gesichtspunkten: Zum einen sollten möglichst solche Prüfpilze zum Einsatz kommen, von denen in der Praxis eine konkrete Gefährdung zu erwarten ist. Zum anderen sollten zu Vergleichszwecken auch andere in der ÖNORM EN 113 aufgelistete Basidiomyceten einbezogen werden, die als aggressive Holzzerstörer bekannt sind. Von den sechs, in der ÖNORM EN 113 zur Auswahl stehenden holzerstörenden Pilzarten, wurden die nachfolgenden vier Arten sowie die "Bläuepilzart" *Aureobasidium pullulans* für die geplanten Untersuchungen an modifiziertem Holz herangezogen:

<i>Coniophora puteana</i>	
(Syn.: <i>Coniophora cerebella</i> )	Brauner Kellerschwamm
<i>Gloeophyllum trabeum</i>	
(Syn.: <i>Lenzites trabea</i> )	Balkenblätling
<i>Trametes versicolor</i>	
(Syn.: <i>Polystictus</i> , <i>Coriolus</i> )	Schmetterlings-Tramete
<i>Poria placenta</i>	
(Syn.: <i>Tyromyces placenta</i> )	Weißer Porenschwamm
<i>Aureobasidium pullulans</i>	
(Syn.: <i>Pullularia pullulans</i> )	"Bläuepilz"

Die **Vorbereitung** und der **Zuschnitt** der Prüfkörper (50x25x15 mm, gehobelt) erfolgte am Institut für Holzforschung in Anlehnung an ÖNORM EN 113. Für das gesamte Versuchsprogramm "Fichte" inklusive dem Teilversuch "Kiefer" ergab sich ein Gesamtstichprobenumfang modifizierter und nicht modifizierter Prüfkörper von 800 Proben. Anschließend erfolgte die **Konditionierung** und Modifizierung der Prüfkörper am Institut für Holzforschung und am Institut für Chemie, wobei jeweils zwei Modifizierungsgrade durchgeführt wurden, wodurch sich in Summe vier Behandlungsvarianten ergaben. Vor dem Abbauversuch wurden die Prüfkörper gewogen, sterilisiert und anschließend in die Versuchschalen mit den Prüfpilzen eingebaut. Für den Abbauversuch wurden jeweils zwei **fasergleiche Nachbarn** (ein modifizierter, ein unbehandelter Prüfkörper) dem Angriff des jeweiligen Prüfpilzes ausgesetzt. Die Prüfkörper wurden in den Versuchsgläsern 16 Wochen in Klimaschränken bei 22±2 °C und 70±5% rLf inkubiert. Nach Ablauf der Versuchsdauer wurden die Prüfkörper schonend vom Mycel befreit. Bei Versuchsende wurde bei den Prüfkörpern, die den "Holzerstörenden Pilzen" ausgesetzt waren, Feuchtegehalt sowie der Masseverlust (mittels achtzehnstündigem Darren bei 103±2 °C) ermittelt. Weiters wurde bei den Prüfkörpern, die den "Bläuepilzen" ausgesetzt waren, der "Verblauungsgrad" festgestellt.

#### 4 Spektroskopische Untersuchungen

(durchgeführt am Institut für Chemie – ICh)

An den thermisch behandelten Proben der Versuchsreihe 11 wurden im nahen **Infrarot (NIR)** sowohl am Vollholz als auch im Holzmehl Messungen mit einer Faseroptik durchgeführt.

Im **mittleren Infrarot (MIR)** wurden die gemahlten Proben in Transmission in KBr – Technik gemessen: Die Proben wurden vorzerkleinert und dann mit einer Ultrazentrifugalmühle (Retsch ZM 1000) mit einem Sieb mit 80 µm Maschenweite gemahlen. Für die Messungen im MIR wurden ca. 1,2 mg Probe mit 200 mg KBr vermischt, kurz vermahlen und anschließend mit 10 t 10 min gepresst. Von jedem Pressling wurden mit einer Auflösung von 4 cm<sup>-1</sup> 32 Spektren gegen den leeren Probenraum als Hintergrund aufgenommen und gemittelt.

#### 5 Marktforschung

(durchgeführt am Institut für Sozioökonomik der Forst- und Holzwirtschaft)

Um die Marktakzeptanz von modifiziertem Holz zu ermitteln, wurden drei Diplomarbeiten durchgeführt. Alle drei Marktstudien hatten zum Ziel, einerseits das bestehende Marktvolumen von **Fassaden, Fenstern und Schallschutzwänden aus Holz** (und – soweit möglich – auch aus Konkurrenzmaterialien) zu erfassen, und andererseits bei den entsprechenden Entscheidungsträgern in Form von Primärerhebungen abzufragen, ob für modifiziertes Holz mit verbesserten technischen Eigenschaften Marktchancen bestehen.

### III Ergebnisse

#### 6 Chemische Modifikation

Der Einfluss verschiedener Reaktionstemperaturen und unterschiedlicher Reaktionszeiten, sowie die Temperatur der vorausgehenden Trocknung wurden untersucht.

##### 6.1 Acetylierungsgrad

Das Ausmaß des **Acetylierungsgrades** wurde mit Hilfe des Massezuwachses der Proben erfaßt, der sich durch die Substitution von OH-Gruppen durch schwerere Acetylgruppen ergibt.

Eine **hohe Gewichtszunahme** von ca. 26% (bezogen auf die Masse des ofentrockenen Holzes vor der Acetylierung) – und da-

mit ein hoher Acetylierungsgrad – kann erreicht werden, wenn die Proben nach Trocknung bei 80 °C – 105 °C und anschließender Vakuumbehandlung, mit Acetanhydrid druck-imprägniert und schließlich auf eine Temperatur von ca. 140 °C erhitzt werden. Vergleichbare Massezuwächse können mittels Flüssigphasenacetylierung erzielt werden, wenn Pyridin als Lösungsmittel und abermals Acetanhydrid als Acetylierungsreagenz eingesetzt werden. Der Einfluss der Trocknungstemperatur und der Reaktionszeit auf den Massezuwachs wurde ermittelt (Abbildung 2).

##### 6.2 Schlussfolgerung

Die Acetylierung von Holz mit reinem Essigsäureanhydrid unter Anwendung der Flüssigphasenacetylierung sowie der Acetylierung nach Druckimprägnierung zeigte sich als gut handhabbar.

#### 7 Thermische Modifikation

##### 7.1 Einfluss von Versuchsparametern auf Masseabbau, Farbveränderung und Sorptionseigenschaften

Der Einfluss von steigender Reaktortemperatur und Ausgangsholzfeuchte auf den vermehrten **Masseabbau** weist eine hohe Signifikanz auf. Eine sehr starke und signifikante Korrelation ( $r=0,963^{**}$ ) ist beim Einfluss der Reaktionszeit auf den Masseabbau zu bemerken. Entgegen der aufgestellten These konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Rohdichte der Fichtenproben und dem Masseabbau festgestellt werden.

Anhand von 384 Proben konnten signifikante Korrelationen zwischen dem Masseabbau und 2 Farbparametern gefunden werden. Bei zunehmendem Masseabbau vermindert sich der **Farbparameter Helligkeit L\*** ( $r=-0,921^{**}$ ). Auch der Farbtanwinkel  $h$  verändert sich signifikant mit steigendem Masseabbau ( $r=-0,858^{**}$ ). Der Farbtanwinkel kann allgemein als die eigentliche Farbe bezeichnet werden, die Farbe verändert sich von einem üblichen Gelbton (Fichte) zu einem starken Rotton.

Der Masseabbau korreliert signifikant mit der Holzausgleichsfeuchte der modifizierten Proben sowohl bei Normklima (20°C/65% rLF) als auch bei Extremklima (23°C/92% rLF). Im Vergleich zu unmodifiziertem Fichtenholz, bei welchem im Normklima eine Holzausgleichsfeuchte von ca. 12% zu erwarten ist, können bei stark modifiziertem Holz Ausgleichsfeuchten von nur ca. 6% gemessen werden. Aufgrund der verringerten Wasseraufnahme ist auch eine verminderte **Quell- und Schwindfähigkeit** zu beobachten.

##### 7.2 Einfluss der thermischen Modifikation auf den pH-Wert und auf die Klebfestigkeit

Es lässt sich ein deutlich signifikanter Einfluss ( $r=-0,906^{**}$ ) des steigenden Masseabbaus bzw. der Reaktionsdauer auf die **Verminderung** des pH-Wertes der Proben feststellen.

Es ist ein signifikanter Zusammenhang ( $r=-0,486^{**}$ ) zwischen der steigenden Modifikationsdauer und der **sinkenden** Klebfestigkeit (laut Norm) festzustellen.

##### 7.3 Verwitterungsbeständigkeit von modifiziertem Holz

Da diese Eigenschaft in einem **Langzeitversuch** getestet wird, können noch keine endgültigen Aussagen getroffen werden. Es ist jedoch möglich, nach einer Bewitterungszeit von einem Jahr eine ausgeprägte Farbveränderung an den modifizierten Proben festzustellen. Diese zeigen einen rapiden und ausgeprägten Farbver-

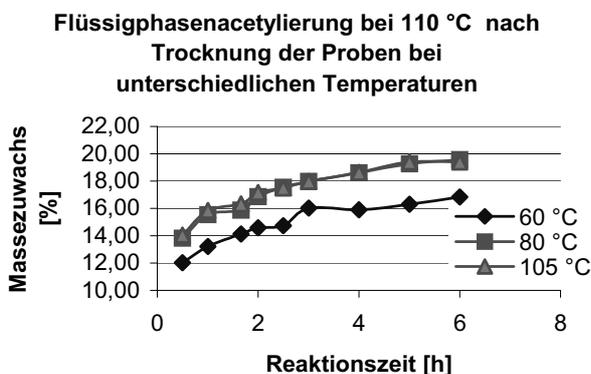


Abb. 2: Einfluss dreier Trocknungstemperaturen und der Reaktionszeit auf den Massezuwachs

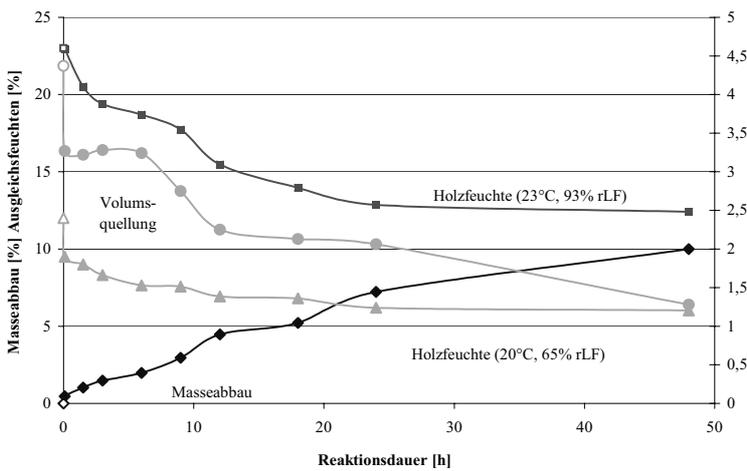


Abb. 3: Einfluss von Reaktionsdauer auf Masseabbau, Ausgleichsfeuchte und Volums- quellung

lust ("Ausbleichen"). Im Gegensatz zu den unmodifizierten Referenzproben ist die Rissbildung aufgrund der starken Holzfeuchte- schwankungen bei den modifizierten Proben wesentlich geringer als bei den unmodifizierten Proben.

#### 7.4 Schlussfolgerung

Die starken und **signifikanten Zusammenhänge** zwischen Versuchsparametern wie Reaktionszeit, Ausgangsholzfeuchte oder Versuchstemperatur und Masseabbau sowie der deutliche Zusammenhang des Masseabbaus und der Farbveränderung sind wichtige Grundlagen für die Herstellung von thermisch modifiziertem Holz. So können von bestimmten Parametern eindeutige Vorhersagen über den zu erwartenden Masseabbau bei verschiedenen Behandlungsmethoden getroffen werden, ohne den Einfluss der Dichte berücksichtigen zu müssen.

Eine besondere Rolle kommt der **starken Korrelation** zwischen Masseabbau und Farbveränderung zu, in diesem Falle wäre es möglich, alleine aufgrund der messbaren Farbveränderung Rückschlüsse auf den Masseabbau und alle weiteren davon abhängigen Materialeigenschaften zu schließen. Im Optimalfall wäre es möglich, den Modifikationsprozess nach Farbparametern zu steuern und/oder die Festigkeit, das Quell- und Schwindverhalten, die Ausgleichsfeuchte, den pH-Wert und möglicherweise auch die Dauerhaftigkeit nur aufgrund der Farbestimmung, welche zerstörungsfrei ist, zu ermitteln.

Dadurch wäre ein neuer, **multifunktionaler Sortierparameter** vorhanden, welcher einen zuverlässigen und anwendungsorientierten Einsatz des modifizierten Holzes garantieren könnte. In diesem Zusammenhang ist es folglich notwendig, Modelle zu entwickeln, um diese Theorie zu untermauern.

Die durchgeführten Tests zeigen auch einige **Grenzen des Materials** auf, wie zum Beispiel eine Verschlechterung der Klebfestigkeit. In diesem Fall wäre es verfrüht, eine Verleimung von modifiziertem Holz an sich in Frage zu stellen, da die Werte der Tests mit Normwerten verglichen wurden, welche von einem unbehandeltem Material höherer Festigkeit (Buche) ausgingen. In den Versuchen hat sich gezeigt, dass das modifizierte Holz aufgrund des Masseabbaus geringere Festigkeitswerte aufwies, die Klebfugen an sich die Versuche jedoch unbeschadet überstanden, was an

sich für die Verleimfähigkeit des modifizierten Holzes spricht.

Die uneingeschränkte Eignung für die Außenanwendung von modifiziertem Holz muß kritisch betrachtet werden. Positiv hervorzuheben ist die verringerte Rissbildung infolge **starker Feuchte- schwankungen**, die Farbveränderung muß differenziert betrachtet werden. Im Vergleich zu unbehandeltem Holz, welches im Zeitraum von einigen Jahren (abhängig von Klima und Exponierung) langsam und unregelmäßig "vergraut", verliert das thermisch modifizierte Holz bereits innerhalb eines halben Jahres seine dunkle Färbung und bleicht aus. Ob dies als negativ zu werten ist, liegt rein an ästhetischen Betrachtungsweisen. Ob die Resistenz gegen holzerstörende Pilze, insbesondere im Bodenkontakt, den Erwartungen (Steigerung von Resistenzklasse 3 (mäßig) in die Klasse 2 (gut)) entspricht, kann erst nach einem Langzeitversuch bestätigt werden.

## 8 Mechanische Eigenschaften und Benutzungsverhalten

### 8.1 Bruchmechanische Untersuchungen

Die Brucheigenschaften **unter Modus I** Belastung von modifiziertem Holz werden im Vergleich zum unbehandeltem Holz reduziert. Thermische Modifikation in einer Luftumgebung führt zu inferioren Brucheigenschaften während thermische Modifikation unter Stickstoffumgebung die Brucheigenschaften etwa auf 50% reduziert. Acetylierung führt zu deutlich geringerer Reduktion der Brucheigenschaften, die im Vergleich zum unmodifiziertem Rohmaterial nur auf etwa 80% abfallen.

### 8.2 Mechanische Untersuchungen

Die untersuchten thermisch modifizierten Proben führten auch im Falle der mechanischen und der Festigkeitseigenschaften zu deutlich **reduzierten** Werten gegenüber den Referenzproben (Abbildung 4). Bei den acetylierten Proben ist so gut wie keine Verschlechterung beim Elastizitätsmodul festzustellen. Bei den Festigkeiten finden sich dieselben Tendenzen.

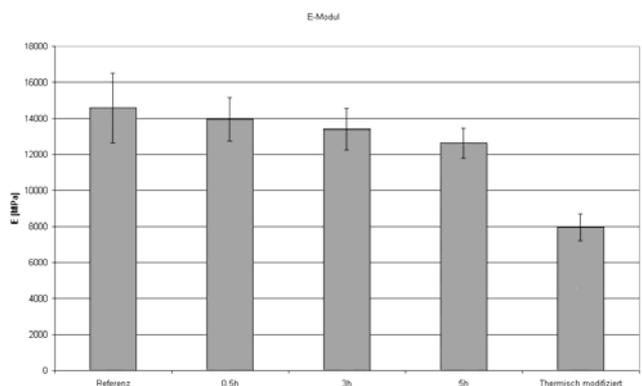


Abb. 4: Daten für den Zug-Elastizitätsmodul (in der Mitte die 0,5 h, 3 h und 5 h acetylierten Proben)

Die REM-Bilder (Abbildung 5) der thermisch modifizierten Bruchflächen zeigen, dass durch die thermische Modifikation das Holz **versprödet**.

### 8.3 Benetzbarkeit

Die Benetzungseigenschaften werden ebenfalls durch beide Modifikationsarten verschlechtert. Thermische Modifikation führt zur schlechtesten Benetzung, während die Verringerung der Benetzbarkeit bei Acetylierung weniger deutlich ausfällt. Eine Zunahme der Acetylierungszeit wirkt sich positiv auf die Benetzungseigenschaften aus; während bei thermisch behandeltem Holz gerade der umgekehrte Trend beobachtet werden konnte: mit der Dauer der Behandlung verschlechtern sich die Benetzungseigenschaften (Abbildung 5).

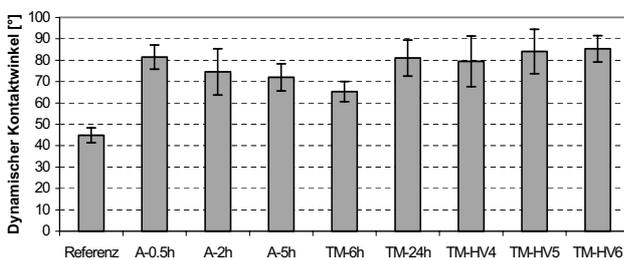


Abb. 5: Einfluss der Modifizierung auf den dynamischen Kontaktwinkel von Wasser; A=Acetyliert; TM=Thermisch modifiziert

Die aus dem dynamischen Kontaktwinkel von 3 Testflüssigkeiten (Formamid, Diiodomethan und Wasser) berechnete Oberflächenenergie und ihre Komponenten zeigen, dass alle Arten der Modifizierung eine Erhöhung von dispersen und größtenteils auch eine Erhöhung von Säureanteilen der Oberflächenenergie hervorrufen (Abbildung 6).

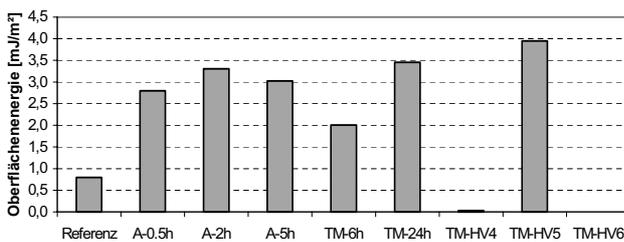


Abb. 6: Säureanteile an der Oberflächenenergie von modifiziertem Holz

### 8.4 Schlussfolgerung

Bei thermisch modifiziertem Holz (HV4-HV6) werden die **bruchmechanischen Eigenschaften** noch stärker beeinflusst als bei der chemischen Modifikation (-50%). Besonders herauszuheben ist die Tatsache, dass eine thermische Behandlung in Luftumgebung die bruchmechanischen Eigenschaften gegenüber unbehandeltem Holz durch die Versprödung um fast 90% verschlechtert. Die Acetylierung senkt die bruchmechanischen Eigenschaften, ein Trend in Bezug auf Dauer der Behandlung ist nicht zu er-

kennen, wohingegen sich die Zugfestigkeit eindeutig **mit der Dauer** der Acetylierung verringern. Die **Benetzungsuntersuchungen** mit Wasser haben einen klaren Trend gezeigt. Durch die Modifizierung (sei es thermisch oder actyliert) wird die Oberfläche hydrophober und der Säureanteil zeigt einen großen Anstieg. Im flüssigen Zustand zeigte der PR-Leim ein pH von ca. 8, und im festen Zustand ist der Baseanteil der Oberflächenenergie sehr hoch, d.h. dieser Leim reagiert wie eine Base und braucht für eine gute Wechselwirkung eine saure Holzoberfläche, dadurch ergibt sich, dass modifiziertes Holz **höhere Adhäsionsarbeit** hat. Im Falle der Bewertung des getesteten Leimes hat die Modifikation eine positive Auswirkung auf die Verleimungsqualität.

## 9 Prüfung der Dauerhaftigkeit von modifiziertem Holz gegenüber holzerstörenden Pilzen

Die Ergebnisse der statistischen Auswertungen zeigen, dass hinsichtlich des Holzabbaus zwischen den behandelten (FWD-Verfahren / Acetylierung) und den unbehandelten Prüfkörpern signifikante Unterschiede bestehen, d.h. dass durch die Modifizierung eine signifikant höhere Dauerhaftigkeit gegenüber holzerstörenden Pilzen erzielt werden konnte.

Wie in Tabelle 1 dargestellt, erzielte das FWD-Verfahren bei Pilzen, die eine sogenannte Braunfäule erzeugen (*Coniophora puteana*, *Gloeophyllum trabeum*, *Poria placenta*), eine deutlich bessere Schutzwirkung, wogegen die Acetylierung bei Weißfäuleerregern (*Trametes versicolor*) zu besseren Ergebnissen führte.

In der praktischen Umsetzung bietet sich somit die Möglichkeit, bereits erste Anhaltspunkte für mögliche Einsatzbereiche von modifiziertem Holz zu definieren, wobei aufbauend auf diesen Erkenntnissen weitergehende Untersuchungen zur Optimierung anzustellen wären.

Zwischen behandelten und unbehandelten Prüfkörpern zeigten sich zudem beträchtliche Unterschiede in der relativen Holz-

<i>Coniophora puteana</i>	behandelte Prüfkörper (e 1)	
	FWD-Verfahren	Acetylierung
Dauerhaftigkeitsklasse:	1	2

<i>Gloeophyllum trabeum</i>	behandelte Prüfkörper (e 1)	
	FWD-Verfahren	Acetylierung
Dauerhaftigkeitsklasse:	1	1

<i>Oligoporus placenta f. placenta</i>	behandelte Prüfkörper (e 1)	
	FWD-Verfahren	Acetylierung
Dauerhaftigkeitsklasse:	2	3

<i>Trametes versicolor</i>	behandelte Prüfkörper (e 1)	
	FWD-Verfahren	Acetylierung
Dauerhaftigkeitsklasse:	1	1

1 = sehr dauerhaft	Die <u>natürliche</u> Dauerhaftigkeit von <i>Picea abies</i> (L.) Karst. (Fichte) ist nach ÖNORM EN 350-2:1994 als wenig dauerhaft (4) einzustufen.
2 = dauerhaft	
3 = mäßig dauerhaft	
4 = wenig dauerhaft	
5 = nicht dauerhaft	

Tab. 1: Verbesserung der Dauerhaftigkeit durch die Holz-Modifizierung berechnet nach EN 350-1 auf der Basis von EN 113

feuchte. Diese Unterschiede könnten auf die Hydrophobierung der Holzoberfläche (FWD-Verfahren / Acetylierung) bzw. auf eine Veränderung des Holzaufbaus (Abbau der Hemicellulosen beim FWD-Verfahren) zurückzuführen sein. Weiters muss die Möglichkeit in Betracht gezogen werden, dass die Prüfkörper über das Pilzmyzel mit Feuchtigkeit versorgt wurden, auch wenn den verwendeten Prüfpilzen die Fähigkeit zur Bildung von Rhizomorphen fehlt.

## 10 Spektroskopische Untersuchungen

### 10.1 Nahes Infrarot (NIR)

Abbildung 7A zeigt ein Spektrum von unbehandeltem Fichtenholz im Wellenzahlenbereich von 10000–5100  $\text{cm}^{-1}$ .

Da Unterschiede zwischen unbehandeltem und thermisch behandeltem Holz im NIR in den Spektren kaum zu sehen sind werden zu deren Auswertung **Derivativspektren** (Abbildung 7B) verwendet.

### 10.2 Mittleres Infrarot (MIR)

Eine Auswahl an Spektren der Versuchsreihe 11 über den gesamten Spektralbereich des MIR ist in Abbildung 8A dargestellt. Der sogenannte "Fingerprintbereich", jener Bereich des Spektrums, welchem der größte Informationsgehalt entnommen werden kann, ist in Abbildung 8B vergrößert dargestellt. Die Spektren sind in ansteigender Versuchsdauer von 0 Stunden bis 48 Stunden angeordnet. Die Zunahme der Bande bei 1110  $\text{cm}^{-1}$  ist wahrscheinlich auf eine zunehmende Extraktion des Holzes mit steigender Versuchsdauer zurückzuführen, wobei primär die wasserlöslichen Extraktstoffe entfernt wurden. Spektrale Änderungen im Bereich von 1208  $\text{cm}^{-1}$  (O-H Deformationsschwingungen in Zellulose), um 1600  $\text{cm}^{-1}$  (aromatische Gerüstschwingungen und C=O-Gruppen) und 1735  $\text{cm}^{-1}$  sind gut zu erkennen. Letztere sind ein Hinweis für Änderungen im Acetylgruppengehalt und/oder, begleitet von einer Verschiebung zu niedrigeren Wellenzahlen, ein Anzeichen für Oxidationen.

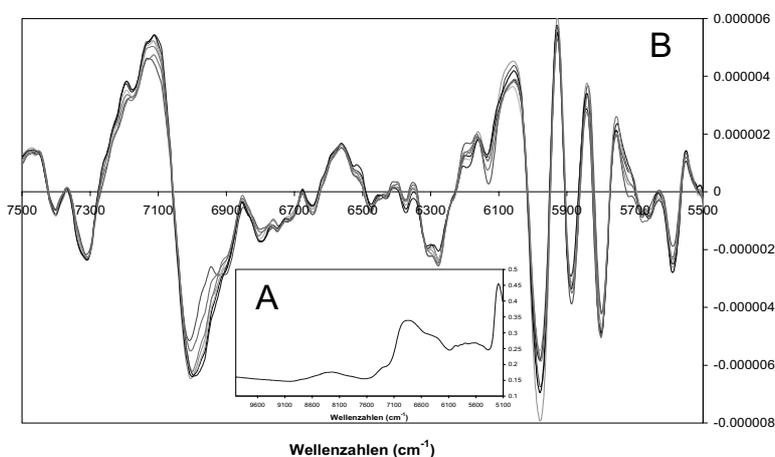


Abb. 7: NIR-Spektrum von unbehandeltem Fichtenholzmehl (A) welches mit einer Faseroptik ausgenommen wurde. (B) zeigt Derivativspektren von thermisch behandeltem Fichtenholzmehl einer Versuchsreihe (0–48 Stunden) im Bereich von 7500–5500  $\text{cm}^{-1}$

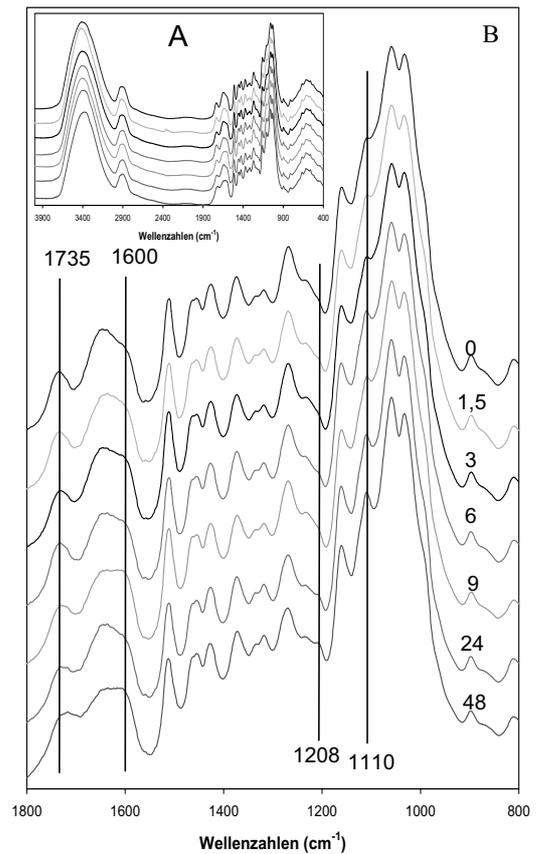


Abb. 8: A zeigt Spektren von thermisch behandeltem Fichtenholz einer Versuchsreihe (0–48 Stunden) im Bereich von 4000–400  $\text{cm}^{-1}$ . Ein Ausschnitt des Bereiches von 1800 bis 800  $\text{cm}^{-1}$  ist in B dargestellt

### 10.3 Schlussfolgerung

Die Verwendung der **Infrarotspektroskopie** im mittleren IR-Bereich liefert einen Beitrag zum besseren Verständnis der Änderungen in chemischer und, in eingeschränktem Maße, struktureller Hinsicht.

Im Weiteren wird geprüft werden, inwieweit die Verwendung des nahen IR-Bereiches für eine **Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung** geeignet ist. Betrachtet man die in Abbildung 7B dargestellten Derivativspektren so, sind durchaus prozessabhängige Veränderungen in einem Ausmaß zu erkennen, die die Verwendung des NIR in Kombination mit multivariaten, statistischen Methoden als sinnvoll erscheinen lassen.

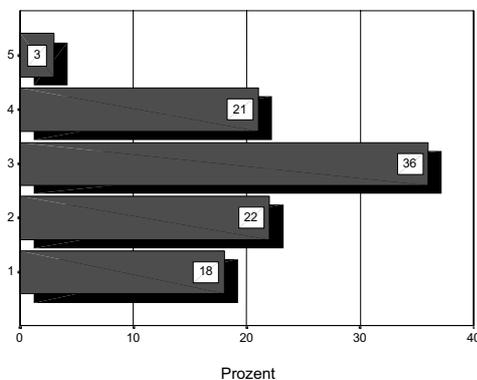
## 11 Marktforschung

### 11.1 Fassaden

Die wichtigsten genannten Kriterien für die Wahl des Fassadenmaterials sind "Erscheinungsbild", "Lebensdauer" und "Wartungsintervalle". Gerade bezüglich "Lebensdauer" und "Wartungsintervallen" ist die **Zufriedenheit** mit Holzfassaden am geringsten. Fast zwei Drittel würden sich allerdings

**Wartungsintervalle** von über 8 Jahren wünschen. Ein deutlicher Anteil der befragten Personen sprach sich dafür aus, dass die Natürlichkeit von Holz wichtiger ist als die Verbesserung der technischen Eigenschaften (36%). Von 22% wird die Meinung vertreten, dass verbesserte technische Eigenschaften wichtiger sind, als der Verlust der Natürlichkeit. Etwa ebenso viele Befragte sind der Meinung, dass es nur wichtig ist, dass man Holz als Material optisch noch erkennen kann (21%). Keinen Einfluss auf die Kaufentscheidung durch Modifikation des Holzes sehen ca. 16% (Abbildung 9).

Mehr als der Hälfte (60%) der befragten Personen die **Natürlichkeit** bedeutet relativ wenig. Wenn es gelingt, technische Holzeigenschaften im Hinblick auf den Einsatz bei Fassaden zu verbessern, sind mehr als die Hälfte der Befragten (54%) bereit, einen bis zu 10% höheren Preis zu bezahlen, 12% würden sogar bis zu 20% mehr bezahlen. Knapp ein Viertel lehnt eine Preiserhöhung strikt ab.



- Legende:
- 1 = hat keinen Einfluss
  - 2 = verbesserte technische Eigenschaften sind wichtiger als Verlust der Natürlichkeit
  - 3 = Natürlichkeit ist wichtiger als verbesserte technische Eigenschaften
  - 4 = wichtig ist nur, dass man Holz als Material optisch noch erkennen kann
  - 5 = weiß nicht

Abb. 9: Technische Modifikation von Holz-Einfluss auf die Entscheidung zur Materialverwendung bei Holzfassaden

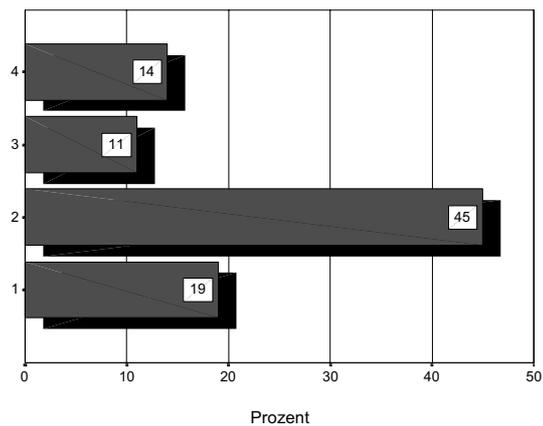
### 11.2 Fenster

Die wichtigsten, von Bauträgern und gemeinnützigen Bauvereinigungen genannten Kriterien für die Wahl des Fensterrahmenmaterials sind "**Wartungsaufwand**" und "**Anschaffungskosten**". Gerade bezüglich des "Wartungsaufwandes" werden Holzfenster schlecht beurteilt. Mit Ausnahme der "Wärmedämmung" punkten Holzfenster bei Kriterien, die insgesamt als eher weniger wichtig eingeschätzt werden, nämlich bei Umweltaspekten. Mehr als 70% würden sich Wartungsintervalle von über 8 Jahren wünschen.

Im Gegensatz zu Fassaden sprach sich der größte Anteil der befragten Personen dafür aus, dass bei Holzfenstern die Verbesserung der technischen Eigenschaften wichtiger ist als die Natürlichkeit von Holz (45%). Nur 11% vertraten die Meinung, dass Natürlichkeit wichtiger ist als verbesserte technische Eigenschaften,

14% sind der Meinung, dass es nur wichtig ist, dass man Holz als Material optisch noch erkennen kann. Keinen Einfluss auf die Kaufentscheidung durch Modifikation des Holzes sehen 19% (Abbildung 10).

Wenn es gelingt, technische Holzeigenschaften bei Fensterrahmen zu verbessern, sind 42% bereit, eine **Preiserhöhung** von zumindest 5% zu akzeptieren, 24% würden sogar bis zu 10% und mehr bezahlen. 42% allerdings lehnen eine Preiserhöhung strikt ab. Damit wird deutlich, dass im Vergleich zu Fassaden der Kostenfaktor bei Fenstern erheblich wichtiger ist.

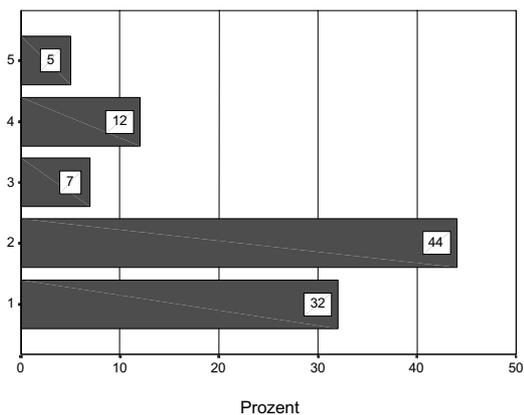


- Legende:
- 1 = hat keinen Einfluss
  - 2 = verbesserte technische Eigenschaften sind wichtiger als Verlust der Natürlichkeit
  - 3 = Natürlichkeit ist wichtiger als verbesserte technische Eigenschaften
  - 4 = wichtig ist nur, dass man Holz als Material optisch noch erkennen kann
  - 5 = weiß nicht

Abb. 10: Technische Modifikation von Holz Einfluss auf die Entscheidung zur Materialverwendung bei Holzfenstern

### 11.3 Schallschutzwände

Die wichtigsten, von (öffentlichen) Entscheidungsträgern genannten Kriterien für die Wahl des Materials für Lärmschutzwände sind "**Lärmabsorption**", "**Lebensdauer**" und "**Wartungsintervalle**". "Errichtungskosten" finden sich im Mittelfeld der Bewertung, Umweltaspekte wurden als vergleichsweise wenig wichtig eingeschätzt. Die Bewertung von Lärmschutzkassetten aus Holz fällt hinsichtlich der "Lebensdauer" und "Wartungsintervallen" schlecht aus. Könnte Holz technisch verbessert werden, nähmen insgesamt 85% der Befragten einen teilweisen Verlust der "Natürlichkeit" generell in Kauf (44% ist die Verbesserung der technischen Eigenschaften wichtiger als ein Verlust an Natürlichkeit, für 32% hat ein Verlust von Natürlichkeit keinen Einfluss auf die Materialwahl, 12% ist nur wichtig, dass man Holz optisch noch erkennen kann; Abbildung 11). Bei Schallschutzwänden spielt von allen drei untersuchten Produktgruppen die "Natürlichkeit" insgesamt die geringste Rolle. Nur 7% wäre der Erhalt der "Natürlichkeit" wichtiger als die Verbesserung technischer Eigenschaften.



- Legende:
- 1 = hat keinen Einfluss
  - 2 = verbesserte technische Eigenschaften sind wichtiger als Verlust der Natürlichkeit
  - 3 = Natürlichkeit ist wichtiger als verbesserte technische Eigenschaften
  - 4 = wichtig ist nur, dass man Holz als Material optisch noch erkennen kann
  - 5 = weiß nicht

Abb. 11: Technische Modifikation von Holz  
Einfluss auf die Entscheidung zur Materialverwendung bei Schallschutzwänden

Eine durch verbesserte technische Eigenschaften gerechtfertigte **Preissteigerung** würde ungefähr von jeweils einer Hälfte der Befragten im Ausmaß von 5 bis 10% akzeptiert bzw. abgelehnt werden.

#### 11.4 Schlussfolgerung

Bei allen drei untersuchten Produktgruppen (Fassaden, Fenster, Schallschutzwände) sind **Marktchancen** für modifiziertes Holz gegeben. In allen Fällen würden durch Modifizierung gerade jene Holzeigenschaften verbessert, die von den Entscheidungsträgern als besonders wichtig für die Materialwahl gesehen werden, bei denen Holz aber derzeit gegenüber Konkurrenzmaterialien schlechter abschneidet. Für den Großteil der Entscheidungsträger spielt ein gewisser Verlust von Natürlichkeit durch Modifikation keine Rolle, wenn dabei die technischen Eigenschaften verbessert werden. Eine Mehrzahlungsbereitschaft für modifiziertes Holz ist am ehesten bei Fassaden gegeben, bei Fenstern und Schallschutzwänden lehnt etwa die Hälfte der Entscheidungsträger einen höheren Preis ab. Die Marktchancen für modifiziertes Holz sind also erwartungsgemäß dann größer, wenn es nicht mehr kostet als konventionelles Holz.

### III Anhang

- Publikationen und Beiträge in Journalen und Zeitschriften: 18
- Kongressbeiträge: 7
- Präsentationen: 13
- Diplomarbeiten: 6
- Kongress- und Seminarteilnahmen: 5

#### Folgeprojekte

WOOD Kplus (Kompetenz-Zentrum für Holzverbundwerkstoffe und Holzchemie) – Projekt

- Modifizierung von Massivholz – Area 4 und FWF-Projekt:  
Ursachen für die natürliche Dauerhaftigkeit von Lärche (in Begutachtung)  
Wood biology and Tree Ring Analysis Group, Institute of Botany, BOKU (Mag. Burgi Gierlinger)
- Extrudierbare Holz/Melamin-Harz – Verbundwerkstoffe – Area 3:  
Kompetenzzentrum Holz GmbH (Dipl.-Ing. Irmgard Gsöls)
- Holzmodifikation zum Einsatz für höherwertige Holzwerkstoffe – Area 1:  
Institut für Chemie, BOKU



## Flavonoidextrakte aus heimischen Färberpflanzen

### *Flavonoid-rich extracts from traditional dye plants*

#### Projektteam

Institut für Chemie: Friedrich Altmann, Dipl.-Ing. Günter Bindeus (Doktorand, vom Projekt unterstützt), Ursula Ludescher (Diplomandin); Institut für Lebensmitteltechnologie: Emmerich Berghofer, Dipl.-Ing. Dr. Susanne Siebenhandl

#### Zusammenfassung

Im Rahmen dieses Projekts wurde zum einen die Technologie zur Herstellung handelsfähigen Flavonoid-reichen Extrakts aus der Färberkamille entwickelt. Zum anderen wurden die Einsatzmöglichkeiten der Flavonoidextrakte in der Lebensmittelindustrie und für die Textilfärbung vor allem im Hinblick auf deren antioxidative und färbende Wirkung untersucht. Voraussetzung dafür war zunächst die Erarbeitung einer Analytik für Flavonoide, wobei die Hochleistungs-Chromatographie in Verbindung mit Spektralphotometrie zum Einsatz kamen. Im Pilot-Maßstab wurden Extrakte aus der Färberkamille mit unterschiedlichen Mischungen von Wasser und Alkohol hergestellt und durch Sprühtrocknung in lager- und handelsfähige Form gebracht. Die antioxidative und farbgebende Wirkung dieser Präparate wurde für verschiedene Lebensmittel wie Teigwaren, Mayonnaise und Fleischwaren untersucht. Insbesondere für Hamburger konnte eine positive Beeinflussung von Haltbarkeit und Geschmack durch Verwendung von Färberkamillen-Extrakt bewiesen werden.

#### Schlagwörter

Färberpflanzen, Flavonoide, Antioxidantien, Pflanzenextrakte, natürliche Lebensmittelzusatzstoffe

#### Abstract

*The project dealt with the technology of preparing confectionized flavonoid-rich extracts from dyer's camomile (*Anthemis tinctoria*). In a parallel attempt the possible use of the flavonoid extracts in food manufacturing and as a natural textile dye was investigated. At first, the analysis of the flavonoids by high-performance chromatography hyphenated to spectral photometry had to be established. To find optimal conditions, series of extractions of camomile flowers were performed on a pilot scale using varying mixtures of water and alcohol. The extracts were transferred into a storable and transportable form by spray drying in the presence of cyclodextrin. The antioxidative and dyeing effects for various types of food such as pasta, mayonnaise, and meat products were studied. A positive influence of camomile extract on the shelf-life and taste was demonstrated especially for hamburgers.*

#### Key words

*Dye plants, flavonoids, antioxidants, plant extracts, natural food additives*

#### Einleitung

Das wachsende Bewusstsein für die "Wellness"-Qualität von Lebensmitteln und Gütern des täglichen Bedarfs wie Kosmetika oder Textilien, führte in den letzten Jahren zu einer Renaissance vergessener geglaubter Kulturtechniken wie eben zum Beispiel der Verwendung von natürlichen Farbstoffen aus Färberpflanzen. Speziell unter ökologisch bewussten Konsumenten erfreuen sich Naturfarbstoffe wie Indigo-Blau, Krapp-Rot und diverse durch Flavonoide bedingte Gelb- bis Brauntöne einer steigenden Nachfrage. Die geringe Reproduzierbarkeit und der große Aufwand, den die Anwendung traditioneller Färbetechniken mit sich bringen, führte uns zum Gedanken, konfektionierte Extrakte aus solchen Pflanzen herzustellen. In Zusammenarbeit mit dem Institut für Ökologischen Landbau wurde für diese Methodenentwicklung die Färberkamille (*Anthemis tinctoria*) ausgewählt, da sie gemäß Studien der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft in Jena aufgrund ihrer geringen Nährstoffansprüche und hohen Toleranz gegenüber der Bodenbeschaffenheit eine für ansonsten ertragsschwache Böden Mitteleuropas interessante Alternativpflanze darstellt. Die Blüten dieser Pflanze enthalten etwa 2% (in der Trockensubstanz) an Flavonoiden, welche diesen die strahlend gelbe Farbe verleihen und auch für die Gelb- bis Braunfärbung von Wolle verantwortlich zeichnen.

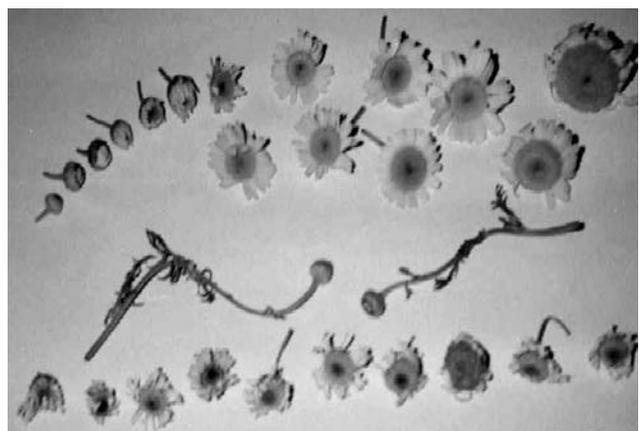


Fig. 1: Blüten der Färberkamille

Sehr bald gesellte sich zum Gedanken an die Anwendung der Kamillenextrakte zur Wollfärbung der Wunsch zur Erschließung weiterer Applikationen. Viele Flavonoide besitzen antioxidative und radikalfangende Eigenschaften, was sie zu ernährungsphysiologisch und medizinisch höchst wertvollen Nahrungsmittelbe-

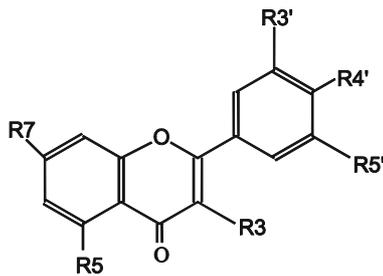


Fig. 2: Grundformel der Flavonoide

standteilen macht. Erwiesen scheint die günstige bzw. präventive Wirkung bei kardiovaskulären Erkrankungen und vermutlich sogar Krebs. Nichts liegt daher näher, als natürliche flavonoidreiche Extrakte als Ersatz für chemische Nahrungsmittelzusatzstoffe, namentlich Antioxidantien und Farbstoffe, einzusetzen. Obschon dieses Thema zurzeit sehr aktuell ist und zahlreiche Publikationen dazu existieren, zeigte sich auch, dass wissenschaftlich fundierte Daten oftmals fehlen.

Der Begriff Flavonoide umfasst an die 10.000 verschiedene Verbindungen, die man in die Gruppen Catechine, Flavonole, Flavone, Flavanone, Anthocyanidine und Isoflavonoide einteilen kann. Die Vielfalt rührt zum Teil von den an das aromatische Gerüst gekoppelten Mono- oder Disacchariden her. Es ist wichtig zu er-

wähnen, dass diese Zucker durch Behandlung mit Säure abgespalten werden, wodurch die sogenannten Aglykone entstehen und das Bild ein klein wenig vereinfacht wird. Zur Frage, welche Flavonoide die Färberkamille enthält, gab es zu Beginn dieses Projekts – wie sich herausstellte – nur haltlose Spekulationen. Die Eigenschaften der Flavonoide schwanken stark, sowohl was ihre Färbung betrifft und noch mehr was ihre antioxidativen Eigenschaften betrifft. Diesbezüglich existierten über *A. tinctoria* noch keine Daten.

## Analytik von Flavonoiden

Hier musste ausgehend von oft widersprüchlicher und ungenauer Literatur von Grund auf begonnen werden, Methoden zu erarbeiten. Grundsätzlich gibt es zwei Wege:

### 1. Summenbestimmung

Hierbei werden nach dem Kochen des Probengutes mit methanolischer Salzsäure die carotinoiden Farbstoffe wie Lutein durch Adsorption entfernt und anschließend die Farbintensität der Flavonoide durch Zusatz von  $Al^{3+}$ -Ionen erhöht, was dann die photometrische Bestimmung erlaubt. Diese Methode hat sich erwartungsgemäß als etwas rascher erwiesen, sagt aber in Proben unbekannter qualitativer Zusammensetzung wenig aus, da Flavonoide sehr unterschiedliche Farbintensitäten geben können.

### 2. Einzelbestimmung

Hier ermöglicht die chromatographische Trennung (HPLC) auf C18-Säulen die Identifizierung anhand der Retentionszeit und – in unserem Falle auch – des UV/VIS Spektrums.

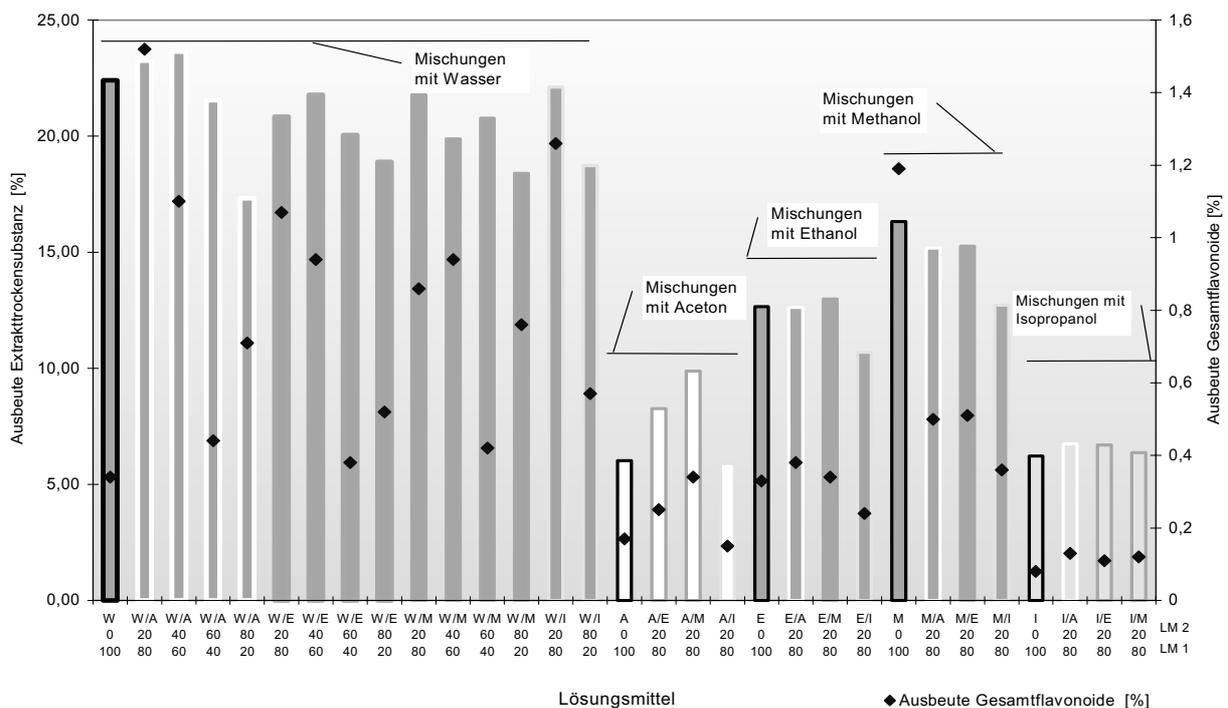


Fig. 3: Extraktionsversuche mit unterschiedlichen Lösungsmittel-Zusammensetzungen

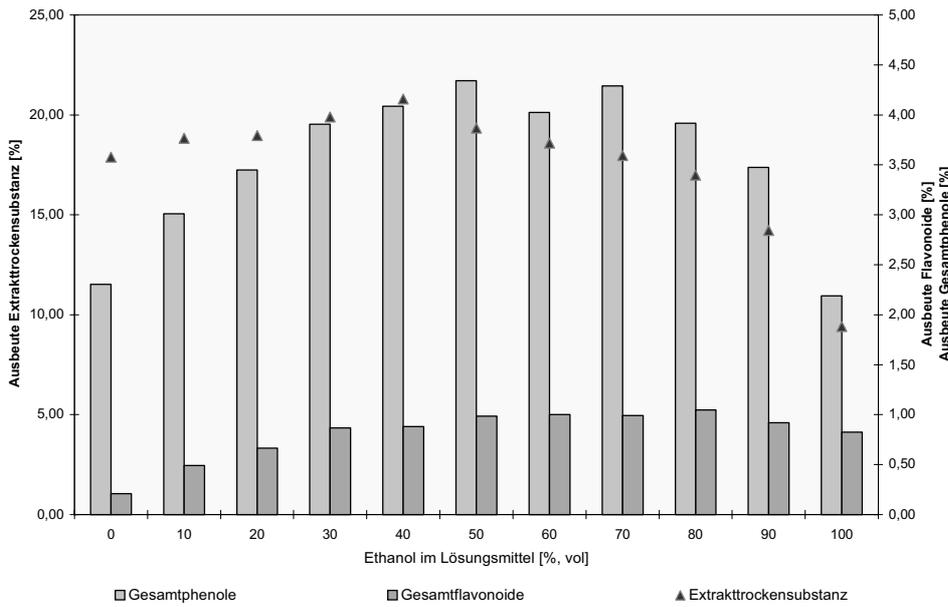


Fig. 4: Extraktion von *A. tinctoria* mit unterschiedlichen Wasser – Äthanol Gemischen bei 50°C

### Herstellung von Flavonoidextrakten

Hier soll nicht von den zahlreichen Vorversuchen und Extraktion mit methanolischer Salzsäure, welche für die Analytik wichtig waren die Rede sein, sondern nur von jenen Extraktionen, die bereits mit voller Expertise durchgeführt wurden.

Eine Experimentgruppe diente zur Beantwortung der Frage, welche Lösungsmittel grundsätzlich geeignet seien, um die Flavonoide der Kamille zu erhalten. Unterschiedliche Gemische von Wasser mit Methanol (M), Äthanol (E), Aceton (A) und Isopropylalkohol (I) und der organischen Lösungsmittel miteinander wurden bei einer Temperatur von 50°C auf ihre Extraktionswirkung untersucht. In den Extrakten wurden Gesamttrockensubstanz und Flavonidgehalt ermittelt (Fig. 3).

Anschließend wurden genauere Versuche mit Wasser-Äthanol Gemischen durchgeführt, die ein sehr breites Optimum beginnend bei knapp unter 50% Äthanol anzeigten (Fig. 4). In weiterer Folge wurden alle halbtechnischen und technischen Versuche mit 50% Äthanol durchgeführt wurden.

Mit einem 3<sup>3</sup> Versuchsplan mit den Einflussgrößen Temperatur, Zeit und Menge an Antioxidans (TBHQ) wurde kunstvollst gezeigt, dass obige Bedingungen tatsächlich optimal sind.

Die Bestimmung der antioxidativen Aktivität erfolgte teils mit dem b-Carotin-Test, zum größeren Teil aber in einem Test mit dem stabilen Radikal DPPH'. Die Ergebnisse der Extraktionsversuche zeigten einen Anstieg in der Wirkung, sobald dem Äthanol Wasser beigemischt wurde und waren bei 60% Äthanol am höchsten. In Bezug auf Extraktrockensubstanz und Gesamtflavonidgehalt konnte jedoch keine Korrelation festgestellt werden, was darauf schließen lässt, dass neben den Flavonoiden auch andere Stoffe extrahiert wurden, die zu der antioxidativen Wirkung beitragen. Lutein, Quercetin und Rutin, die als Flavonoid-Hauptkomponenten in den Extrakten ermittelt wurden, verfügten in den durchgeführten Methoden zur Überprüfung des antioxidativen Potentials über sehr gute Aktivitäten, während Apigenin, welches ebenfalls in *A. tinctoria* Extrakten nachgewiesen werden konnte, über geringe antioxidative Aktivität verfügte.

### Ausbeute Quercetin

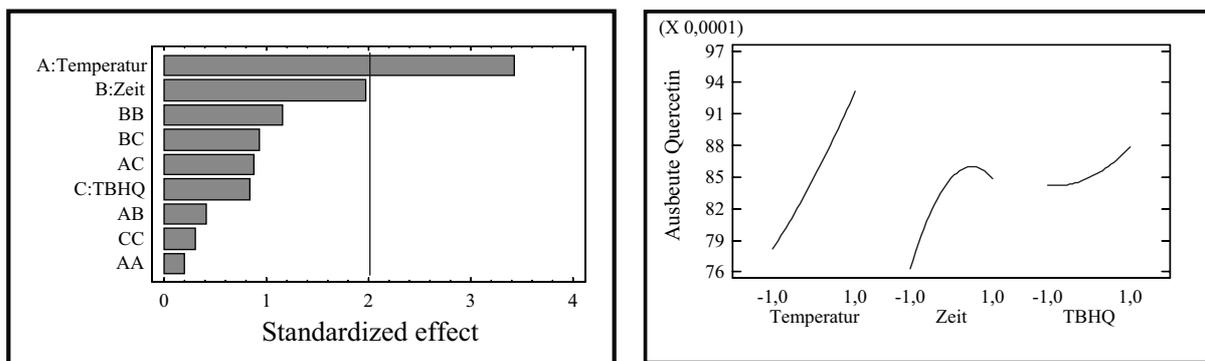


Fig. 5: 3<sup>3</sup> Versuchsplan für die Extraktion der Flavonoide (Gehalt ausgedrückt in Quercetin)

Der gewonnene Extrakt wurde nach einem Konzentrierungsschritt im Vakuum mit Cyclodextrin vermischt und durch Sprühtrocknung in ein rieselfähiges Pulver überführt. Dieses Flavonoid-Pulver wurde für eine Reihe von Anwendungsversuchen z.B. für Textilfärbungen in der HTL Spengergasse Wien eingesetzt. Hauptsächlich wurde es aber im Hinblick auf seine antioxidativen Eigenschaften in Lebensmitteln charakterisiert.

### **Färberkamillen-Extrakt als Lebensmittelzusatzstoff**

Hier wurden zunächst eine Reihe von Methoden für die Beurteilung der antioxidativen und stabilisierenden Wirkung auf Lebensmittel erarbeitet. Es seien hier nur der Antioxidations-Test mit DPPH', der TBA-Test und der Ranzimat-Test zur Bestimmung oxidierter Fettsäuren, und die intensiven Versuche zur die Farbmessung (mit dem L\*-, a\*-, b\*-Farbraum –System) und Farbstabilität genannt.

Im Modellsystem eifreier Mayonnaise wurde die Anwendbarkeit von natürlichen Farbstoffen mit dem Auftreten von Oxidationserscheinungen kombiniert betrachtet. Als Basisrezeptur wurde dabei eine Mayonnaise verwendet, die keinen Farbstoff enthielt. Der Zusatz von Karottenextrakt (Carotin-Fraktion) und Tagetesextrakt (Lutein) führte zu einer Verschlechterung der oxidativen Stabilität, während die Zugabe von Kamillenextrakt keinen Einfluss auf die Oxidationsstabilität zeigte.

Das sprühgetrocknete Kamillenpulver wurde weiters als antioxidativer Zusatz bei der Herstellung von Hamburgern verwendet, die bei +4 °C 11 Tage lang gelagert wurden. Es wurden regelmäßig Proben genommen, um die Oxidationsprozesse in der Fettfraktion durch die Ermittlung der Peroxidzahl und des TBA-Indexes zu ermitteln. Zudem erfolgte eine mikrobiologische Beurteilung sowie eine Beschreibung der auftretenden Farbänderungen im L\*-, a\*-, b\*-Farbraum. Die Hamburger mit Kamillenpulver erwiesen sich als oxidations- und farbstabil, während die mikrobiologische Stabilität durch den Zusatz nicht negativ beeinflusst wurde.

Diese hier aufgezeigte Möglichkeit der Erhöhung der Haltbarkeit und auch der geschmacklichen Stabilität (Verringerung des Auftretens von Aufwärm-Geschmack) stellt somit einen technologischen Vorteil dar, der durch das Zufügen von ernährungsphysiologisch günstig beurteilten Substanzen erreicht wird. Im Hinblick auf die Konsumentenakzeptanz erscheint insbesondere auch der Aspekt, dass diese Haltbarkeitserhöhung durch einen "natürlichen" Stoff erzielt wird, von Bedeutung. Weitere Forschung in dieser Richtung wäre wünschenswert und ist geplant.

### **Darstellung des Outputs, Verwertung der Ergebnisse, Wissenstransfer und Beurteilung der Hebelwirkung**

Die aus dem Projekt entstandenen Publikationen, Doktorarbeit(en), sind, soweit schon fertiggestellt, in der beigefügten Publikationsliste ersichtlich.

Die durch das Projekt geschaffene Infrastruktur, namentlich die Extraktionsanlage, findet in zahlreichen Folgearbeiten und anderen Projekten intensive Nutzung.

Es sei aber auch erwähnt, dass sich die ganz am Anfang der Planung des Projektes vorrangige Idee der Textilfärbung als wirt-

schaftlich nicht gangbarer Weg herausgestellt hat. Umso interessanter gestalten sich die Möglichkeiten der Anwendung von Extrakten der Färberkamille und natürlich auch anderer Pflanzen in der Lebensmittel- und Tierfutterherstellung.

Nicht zuletzt sind es die im Laufe des Projektes am ILMT in Zusammenarbeit mit dem Institut für Chemie erarbeiteten Methoden zur Isolierung von sekundären Pflanzeninhaltsstoffen und zur Bestimmung ihrer funktionellen und antioxidativen Eigenschaften, welche mittlerweile erfolgreich bei anderen Projekten und Forschungsvorhaben des ILMT eingesetzt werden.

Eines dieser Projekte betrifft die Gewinnung und Charakterisierung von Gewürzextrakten aus thailändischen Gewürzen. Diese Extrakte sollen in weiterer Folge in der Tierfütterung eingesetzt werden. Die Arbeit erfolgt in Kooperation mit der Veterinärmedizinischen Universität Wien (Prof. Bauer).

Ein weiteres Forschungsvorhaben in Kooperation mit einer Firma untersucht die Eigenschaften einer speziellen Weizensorte mit einem erhöhten Gehalt an sekundären Pflanzeninhaltsstoffen und die Möglichkeiten zur Herstellung von funktionellen Lebensmitteln daraus. In einem dritten Projekt können die erarbeiteten Methoden erfolgreich zur Bestimmung der Isoflavone bei der Herstellung diverser Sojabohnenprodukte eingesetzt werden.

Erwähnt soll auch werden, dass für Dipl.-Ing. Günter Bindeus die Arbeit an diesem Projekt das Sprungbrett für seine jetzige berufliche Tätigkeit bei der Firma vis-vitalis Vital Food GmbH darstellte, wo er mit der Herstellung und Verarbeitung von Extrakten aus Weizen gras befasst ist.

### **Publikationen**

- SIEBENHANDL S., L. N. LESTARIO, D. TRIMMEL & BERGHOFER E. (2001) Studies on Tape Ketan – an Indonesian Fermented Rice Food. *International J. Food Sciences and Nutrition* **52**, 347–357
- SIEBENHANDL S., WAGNER M. & BERGHOFER E. (2002) Improving the Stability of Mayonnaise by Addition of Fermented Peas (*Rhizopus oligosporus*). *Ernährung/Nutrition* **26**, 306–311
- SIEBENHANDL S., BINDEUS G., BERGHOFER E. & ALTMANN F. (200x) A Comparative Study to Measure the Antiradical Efficiency of Flavonoids. *J Sci Food & Agric.*, *submitted*

### **Proceedings**

- BINDEUS, G., SIEBENHANDL. S., ALTMANN F. and BERGHOFER E. (2001) Enrichment and stabilisation of flavonoid extracts of *Anthemis tinctoria* L. **Proceedings of EURO-FOODCHEM XI** "Biologically-active Phytochemicals in Food: Analysis, Metabolism, Bioavailability and Function." Norwich Research Park, Norwich, UK, 26–28 September 2001 Royal Society of Chemistry, p. 330–331 (ISBN 0-85404-806-5)

### **Posterpräsentationen**

- SIEBENHANDL S., BERGHOFER E. UND TRENKWALDER J.: Der Einfluss von pflanzlichen Extrakten auf die Lagerstabilität von Hamburgern. Lebensmittelchemikertage 2002. St. Pölten, A, 05–07 Juni 2002.
- BINDEUS, G., S. SIEBENHANDL, F. ALTMANN and E. BERGHOFER: Enrichment and stabilisation of flavonoid

extracts of *Anthemis tinctoria* L. EUROFOODCHEM XI "Biologically-active Phytochemicals in Food.: Analysis, Metabolism, Bioavailability and Function. Norwich Research Park, Norwich, UK, 26–28 September 2001

SIEBENHANDL, S., M. WAGNER and E. BERGHOFER: Potent antioxidative compounds in peas fermented with *Rhizopus oligosporus*. EUROFOODCHEM XI "Biologically-active Phytochemicals in Food.: Analysis, Metabolism, Bioavailability and Function. Norwich Research Park, Norwich, UK, 26–28 September 2001

BINDEUS, G., S. SIEBENHANDL, F. ALTMANN and E. BERGHOFER: Preliminary screening of antioxidant activity of different ethanol extracts of *Anthemis tinctoria* L. European Conference "Bioactive Compounds in Plant Foods". Final COST 916 Conference. Tenerife, Canary islands, Spain, 26–28 April, 2001

### **Diplomarbeit**

Ursula LUDESCHER (2002) Analysemethoden für natürliche Farbstoffe aus *Polygonum tinctorium* L. (Färberknöterich) und *Anthemis tinctoria* L. (Färberkamille). Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Chemie, September 2002

### **Dissertationen**

Dipl.-Ing. Dr. Susanne SIEBENHANDL (2002) Systematik natürlicher Antioxidantien und deren Einsatz in der Lebensmitteltechnologie. Herstellung, Charakterisierung und Anwendungsmöglichkeiten von Extrakten aus der Färberkamille (*Anthemis tinctoria*). Dissertation an der Universität für Bodenkultur Wien, Juni 2002

Dipl. Ing. Günter BINDEUS, Arbeitstitel: Pilottechnische Extraktion und Konfektionierung von Flavonoiden aus der Färberkamille

### **Folgeprojekte**

Dr. Siebenhandl hat um ein Forschungsstipendium am Institute of Food Research (IFR) in Norwich, GB, angesucht. Die Entscheidung ist noch ausständig.

Dipl.-Ing. Bindeus ist seit Herbst 2001 bei der Firma vis-vitalis Vital Food GmbH mit der Produktion und Weiterverarbeitung von Extrakten aus Weizengras (Alpha Pan) befasst.



## **RAALSA: Ein regionalisiertes Agrarsektormodell zur Abschätzung des landwirtschaftlichen Strukturwandels im österreichischen Alpenraum**

### ***RAALSA: A regionalized sector model to estimate structural change in the Austrian alpine agriculture***

#### **Projektteam**

Institut für Wirtschaft, Politik und Recht: Markus Hofreither, Franz Weiß, Erwin Schmid, Stefan Vogel; Institut für Agrarökonomik: Walter Schneeberger, Michael Eder, Josef Hambrusch

#### **Zusammenfassung**

Im Forschungsprojekt RAALSA wurde versucht, ein Modellkonzept zu entwickeln, das auf der Modellierung von Betriebsentscheidungen aufbaut, Simulationen auf regionaler Ebene zulässt, und Strukturänderungen im landwirtschaftlichen Sektor endogen abschätzt. Dieses Konzept wurde auf den österreichischen Alpenraum angewendet. Das Modell basiert auf typischen Betrieben und Hochrechnungsvektoren, mit denen eine virtuelle Betriebsstruktur geschaffen wird. Damit wird versucht die gegenwärtige Betriebsstruktur näherungsweise abzubilden. Über lineare Optimierungsprogramme werden die Einkommen für die typischen Betriebe ermittelt, und über diese Einkommen werden auf Basis einer Befragung von 384 Betrieben Veränderungen der Hochrechnungsvektoren abgeleitet. Aufgrund der geänderten Hochrechnungsvektoren können vorsichtige Aussagen über strukturelle Änderungen gemacht werden.

#### **Schlagwörter**

Agrarstruktur, Alpine Landwirtschaft, Agrarsektormodell

#### **Abstract**

*In the course of the research project RAALSA we tried to develop a concept for a sector model, which would be based on the individual decision process of single farm households, allow for simulation runs at regional level, and estimate structural change endogenously. The concept was then applied for the territory of the Austrian Alps. The model is based on typical farms and weight-vectors which create a virtual farm structure. It should give a good representation of the actual farm structure in the territory. By linear programs we calculated the incomes of the typical farms, and from this we derived changes in the weight-vectors by implementing the results of an inquiry of 384 farmers. Changed weight-vectors finally allow us to make some statements on structural changes.*

#### **Key words**

*Agricultural structure, alpine agriculture, agricultural sector model*

## **1 Einleitung**

Im Zusammenhang mit Fragen der GAP, der kommenden Runde der WTO-Verhandlungen oder der Osterweiterung wird häufig der Wunsch nach einem empirischen Politikinformationssystem geäußert, das nicht nur die gesamte nationale Agrarproduktion modelliert, sondern auch die betriebliche und regionale Ebene berücksichtigt, und Rückschlüsse auf langfristige strukturelle Entwicklungen, insbesondere in benachteiligten Gebieten, zuläßt. Unser Ziel war es, ein Modellkonzept zu entwickeln, das diese Forderungen erfüllt. Im Projekt "Regionalisiertes Agrarsektormodell zur Abschätzung des landwirtschaftlichen Strukturwandels im österreichischen Alpenraum" (RAALSA) wird dieses Konzept systematisch auf den österreichischen Alpenraum angewendet. Als Datengrundlage dienen die einzelbetrieblichen Daten der Agrarstrukturerhebung (ÖSTAT, 1999), die Buchführungsdaten der Landwirtschaftlichen Buchführungsgesellschaft (LBG, 1999), sowie die Kalkulationsdaten der aktuellen Standarddeckungsbeitrags-Kataloge. Der folgende Beitrag soll eine kurze methodische Beschreibung des Modells geben. Für die Präsentation von Simulationsergebnissen wird auf die Publikationen verwiesen, die im Zusammenhang mit dem Forschungsprojekt entstanden sind (Weiß, F., Schmid, E., Eder, M. (2001, 2002)).

## **2 Modellkonzept**

Das Prinzip des Modells ist einfach: Es besteht aus drei Modulen, einem Betriebsmodul (Modul 1), einem Strukturanpassungsmodul (Modul 2) und einem Hochrechnungsmodul (Modul 3). Anhand von typischen Betrieben und Hochrechnungsvektoren (regionale Gewichte der Betriebstypen) wird versucht die Betriebsstruktur von elf alpinen Regionen näherungsweise abzubilden. Für die typischen Betriebe (Betriebstypen) werden im ersten Modul lineare mathematische Programme erstellt, mit denen deren Gesamtdeckungsbeitrag in Abhängigkeit von Faktorausstattung, Preisen und Einkommensbeihilfen maximiert wird. Über das Einkommen (Gesamtdeckungsbeitrag aus landwirtschaftlicher Tätigkeit, landwirtschaftlichem Nebenbetrieb und Einkommen aus außerlandwirtschaftlichem Nebenerwerb) wird Modul 1 mit Modul 2 verbunden. In Modul 2 wird aus dem Einkommen die Veränderung der Hochrechnungsvektoren der einzelnen Betriebstypen abgeleitet. Dies erfolgt aufgrund einer Befragung von 384 Betriebsinhabern über Einkommenserwartung und langfristige Betriebsplanung, die im Zusammenhang mit dem Projekt durchgeführt wurde. Das Ergebnis ist eine neue regionale Verteilung der Betriebstypen, also ein neuer Hochrechnungsvektor für jede Region. Anschließend werden in Modul 3 die einzelbetrieblichen

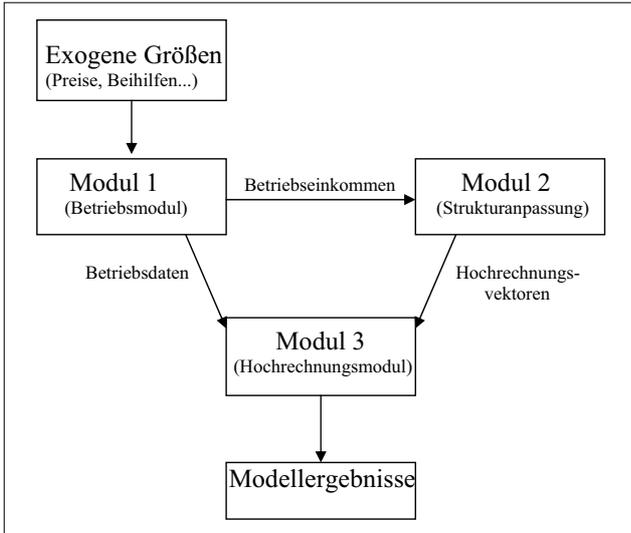


Abb. 2.1: Modellstruktur

Daten über die Hochrechnungsvektoren auf regionale und nationale Ebene aggregiert. So können Informationen über Produktion, Flächennutzungen und Faktoreinsatz von Modul 1, mit Informationen über die veränderte regionale Betriebsstruktur im Modul 2 verbunden, und damit regionale Verschiebungen in diesen Variablen errechnet werden. Darüber hinaus sind auch quali-

tative Abschätzungen über strukturelle Entwicklungen, wie die Veränderung der Betriebsgrößenstruktur, den Trend der Verfahrenswahl (Extensivierung oder Intensivierung) und zum Nebenerwerb möglich. In Abbildung 2.1 wird die grundlegende Struktur des Modells veranschaulicht.

### 3 Regionen und Betriebstypen

Als Untersuchungsregion wurden die drei alpinen Hauptproduktionsgebiete (Zentralalpen, Voralpen und Alpenostrand) gewählt. Diese wurden auf der Basis von Kleinproduktionsgebieten weiter in elf Teilregionen gegliedert. Die regionale Gliederung wird in Abbildung 3.1 dargestellt.

Grundlage des Modells sind alle Betriebe im Untersuchungsgebiet, die in der Agrarstrukturerhebung 1999 erfaßt wurden. Insgesamt handelt es sich dabei um 80.229 Betriebe, was einem Anteil von circa 37% aller landwirtschaftlichen Betriebe und 46% der landwirtschaftlichen Nutzfläche in Österreich entspricht. Zur Erstellung der virtuellen Betriebsstruktur wurden 2.566 Betriebstypen gebildet, die sich durch Region (11), Betriebsform (18) [Für die Betriebsform wurde nicht die in der Agrarstrukturerhebung übliche Einteilung verwendet, sondern eine eigene Klassifizierung, die den Anforderungen des Modells besser entsprechen soll.], Erschwernis (3), Erwerbsart (3), Wirtschaftsweise (2) und Kulturflächengröße (7) unterscheiden. Der regionalen Abgrenzung entsprechend liegt der Schwerpunkt bei den Futterbaubetrieben und Forstbetrieben.

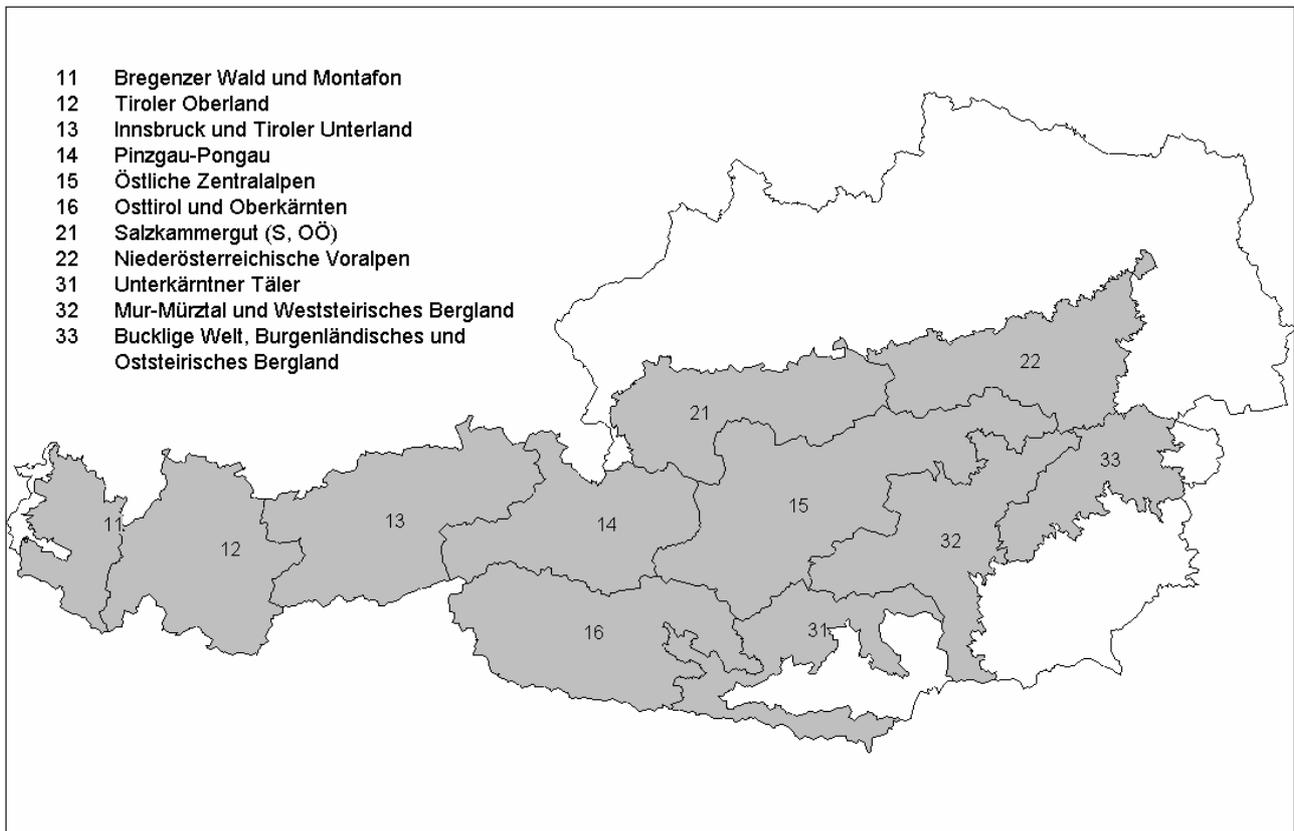


Abb. 3.1: Regionale Gliederung

Die Betriebstypen werden im Modell von typischen Betrieben repräsentiert. Diese wurden ermittelt indem vorerst für jeden Betriebstyp der Durchschnittsbetrieb bestimmt, und anschließend der diesem Durchschnittsbetrieb ähnlichste Betrieb als Repräsentant ausgewählt wurde. Als Kriterien diente die Betriebsausstattung (Flächen, Vieh, Milchquoten, Fremdenbetten etc.). Zur Hochrechnung (Gewichtung eines Betriebstyps innerhalb der Region) wurde in der Ausgangssituation die absolute Häufigkeit des Betriebstyps herangezogen.

#### 4 Modul 1: Die Modellierung der Betriebstypen

Das ökonomische Verhalten der 2.566 Betriebstypen wurden mit Hilfe mathematischer Programmierungstechniken in GAMS (General Algebraic Modeling System) modelliert. Dabei wird der Gesamtdeckungsbeitrag des Betriebes bei gegebener Faktorausstattung maximiert. Die Faktorausstattungen der Betriebe beinhalten Kulturarten, Stallplätze für die häufig vorzufindenden Vieharten, Nutzungsrechte, Milchquoten, Fremdenbetten, sowie Eigen- und Fremdarbeitskräfte. Die Produktionskosten und -erlöse einzelner Betriebszweige unterscheiden sich nach konventioneller und biologischer Bewirtschaftung, Bewirtschaftungsintensität sowie nach Erschwerniszonen und wurden überwiegend aus den Standarddeckungsbeiträgen ermittelt (BMLF, 1999a und 1999b). Die Betriebsmodelle berücksichtigen die innerbetrieblichen Leistungen einzelner Betriebszweige (z.B. die Lieferung von Futter oder Wirtschaftsdünger) sowie den Zukauf von Betriebsmitteln, die für die Erzeugung und den Verkauf von pflanzlichen und tierischen Produkten und sonstigen Dienstleistungen notwendig sind. Folglich reflektieren die Betriebsmodelle die getroffenen Entscheidungen der Betriebsführer, die zwischen verschiedenen Produktionsverfahren (z.B. Silage, Heu, usw.), Bewirtschaftungsintensitäten, Kulturarten und Fruchtfolgen, Futtermischungen und Förderungsoptionen wählen können. Je nach Ausstattung des Betriebstyps stehen dem Betriebsführer im Modell von wenigen hundert bis mehrere tausend Produktions- und Förderungsmöglichkeiten zur Auswahl um auf Änderungen in Preisen, Kosten, Förderungen sowie anderer agrarpolitischer Maßnahmen reagieren zu können.

Die Faktorausstattung, Erschwerniszone und Bewirtschaftungsform der Betriebstypen sind modellexogen definiert und wurden aus dem ÖSTAT-Datensatz (ÖSTAT, 1999) und dem INVEKOS-Datensatz (INVEKOS, 1999) ermittelt. Anhand dieser Daten werden verschiedene technische Koeffizienten modellendogen errechnet (z.B. Milchleistung). Darüber hinaus werden Koeffizienten aus den verschiedensten Daten- und Informationsquellen (BMLF, 1999a und 1999b; BMLFUW 2000) ermittelt, die für verschiedene Bilanzgleichungen im Modell notwendig sind (z.B.: Futter- und Düngungsbilanzen). Betriebe mit konventioneller Bewirtschaftung stehen zwei Extensivierungsstufen zur Verfügung, die mit den Maßnahmen *Reduktion und/oder Verzicht von ertragssteigernden Betriebsmitteln im Acker- und Grünland* aus dem ÖPUL-Programm gekoppelt sind.

Betriebe mit Ackerbau können zwischen 17 Feldfrüchten wählen, deren Produktion entweder für den Verkauf oder die Fütterung bestimmt sind. Der Waldbau ist mit der regional differenzierten Zusammensetzung von den drei dominierenden Baumarten Buche, Kiefer und Fichte im Modell abgebildet, ebenso der Obstbau mit Apfel, Zwetschke, Kirsche, und Hollunder.

Die Futtermischungen werden im Modell individuell an den Nährstoffbedarf einzelner Vieharten angepasst, wobei gewisse Proportionen (z.B.: zwischen Heu, Silage, Kraftfutter, usw.) nicht über- bzw. unterschritten werden dürfen. Die einzelnen Kraftfuttermischungen werden ebenfalls modellendogen bestimmt um auf mögliche Änderungen in Preisen oder Kosten reagieren zu können.

Ein weiterer Schwerpunkt liegt in der Modellierung von verschiedenen Förderungssystemen. Neben den Kulturartenausgleichszahlungen und den Sonderprämien werden das neue Ausgleichszulagensystem für benachteiligte Gebiete sowie eine Vielzahl von ÖPUL2000-Maßnahmen abgebildet. Das neue Ausgleichszulagensystem für benachteiligte Gebiete gewährt Flächenprämien und berücksichtigt das Ausmaß und die Art der ausgleichsfähigen Fläche, den Betriebstyp (rauhfuttermischende Großvieheinheit (RGVE) haltend bzw. RGVE los), und die Anzahl der Berghöfekatasterpunkte. Im Weiteren werden folgende ÖPUL-Maßnahmen modelliert: Grundförderung, Biologische Wirtschaftsweise, Reduktion von ertragssteigernden Betriebsmittel im Acker- und Grünland, Verzicht von ertragssteigernden Betriebsmittel im Acker- und Grünland, integrierter Wein- und Obstbau, Offenhaltung der Kulturlandschaft in Hanglagen, Alpung und Behirtung, Begrünung von Ackerflächen im Herbst und Winter sowie der Silageverzicht in bestimmten Gebieten. Dabei werden alle möglichen betriebsspezifischen Optionen von sowohl einzelnen Maßnahmen als auch Maßnahmenkombinationen sowie eine teil- bzw. ganzbetriebliche Teilnahme im Modell berücksichtigt.

Die Betriebsmodelle liefern nicht nur Ergebnisse über den Gesamtdeckungsbeitrag einzelner Betriebstypen, der unter anderem als ein Entscheidungskriterium für die Modellierung des Strukturwandels herangezogen wird, sondern es können auch Rückschlüsse auf innerbetriebliche Veränderungen/Anpassungen getroffen werden.

#### 5 Modul 2: Strukturanpassung

Änderungen der Betriebsstruktur werden im Modell historisch rekursiv ermittelt. Es wird also nicht eine langfristig optimale Betriebsgröße bestimmt, sondern die veränderte Struktur leitet sich über einen Markov-Prozess von der Struktur eines Basisjahres ab. Darüber hinaus wird Strukturanpassung ausschließlich über eine Änderung der Hochrechnungsvektoren modelliert. Ein Betriebstyp kann also nicht flexibel Flächen oder Quoten erwerben, sondern kann lediglich auf einen anderen Betriebstyp umsteigen. Ziel des Strukturanpassungsmodul ist es demnach, aus den Einkommensdaten der Betriebstypen, die in Modul 1 errechnet werden (zuzüglich des Einkommens aus Nebenerwerb), Veränderungen der Hochrechnungsvektoren für alle 11 Regionen und für drei verschiedene Zeiträume (5 Jahre, 10 Jahre, 20 Jahre) abzuleiten. Sei also

$$s_{t_0} \in \mathbb{R}^M$$

der Hochrechnungsvektor zum Ausgangszeitpunkt  $t_0$ , so wird eine Transformationsmatrix

$$D \in \mathbb{R}^M \times \mathbb{R}^M$$

gesucht, sodass

$$s_{t_1} = D' s_{t_0}$$

ist.

$M$ =Anzahl der Betriebstypen

$s_m$ =Gewichtungsfaktor für Betriebstyp  $m$

$d_{mn}$ =Umstiegswahrscheinlichkeit von Betriebstyp  $m$  auf Betriebstyp  $n$

Dabei sind grundsätzlich für jeden einzelnen der 2566 Betriebstypen zwei Fragen zu beantworten: Erstens, wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit, dass die landwirtschaftliche Tätigkeit im Untersuchungszeitraum eingestellt wird? Gefragt ist also nach den Diagonalelementen  $d_{mm}$  der Matrix  $D$ . Zweitens, in welche Richtung werden sich Betriebe eines Betriebstyps entwickeln, wenn die landwirtschaftliche Tätigkeit fortgeführt wird, das heißt auf welche Betriebstypen wird umgestellt? Diese Frage bezieht sich auf die Nicht-Diagonalelemente  $d_{mn}$ . Um Informationen zu diesen Fragen zu erhalten wurde eine Befragung von 384 landwirtschaftlichen Betrieben im Untersuchungsgebiet durchgeführt.

Die Frage nach der Ausstiegswahrscheinlichkeit wird im Modell über das jeweilige Einkommen des Betriebstyps beantwortet, d.h. über die Befragung wird ein Zusammenhang zwischen Einkommen und Ausstiegsquote hergestellt, und auf das Modell übertragen (Annahme:  $d_{mm} = p(y_m)$ ). Dieser Zusammenhang wurde über eine log-lineare Regression bestimmt.

Was die Bestimmung der Umstiegsquoten ( $d_{mn}$ ) betrifft, wird davon ausgegangen, dass betriebliche Umstellungen stochastisch erfolgen, also sich nicht alle Betriebe in dieselbe Richtung entwickeln. Dem wird entsprochen, indem ein positiver Zusammenhang zwischen Umstiegswahrscheinlichkeit und Einkommensveränderung ( $y_n - y_m - c_{mn}$  [ $c_{mn}$  = Umstellungskosten von Betriebstyp  $m$  auf Betriebstyp  $n$ ;  $y_m$  = Einkommen von Betriebstyp  $m$ ]) angenommen wird. Darüber hinaus gilt, dass die regionalen Ausstattungen mit Flächen, Quoten etc. eine obere Schranke für Umstellungen darstellen, es stehen also für eine Umstellung von kleinen auf größere Betriebstypen nur die Ausstattungen zur Verfügung, die durch die Stilllegung anderer Betriebe (Ausstiegsquoten) und durch die Umstellung von größeren auf kleinere Betriebe (z.B.: von Voll- zu Nebenerwerbsbetrieben) freiwerden. Diese Einschränkung gilt innerhalb jeder Region und für Flächen auch innerhalb jeder Erschwerniszone. Eine weitere Schranke bilden die Ergebnisse der Befragung. Die Umstiegswahrscheinlichkeit sollte demnach nicht höher sein als der Anteil der Betriebe innerhalb der Befragung, der angibt, langfristig eine größere Umstellung des Betriebes zu planen. Über ein lineares Programm wird schließlich für jede Region eine Matrix  $D$  gesucht, die unter den genannten Restriktionen zum maximalen regionalen Gesamteinkommen führt.

## 6 Ausblick

Im Forschungsprojekt RAALSA wurde ein Versuch unternommen, ein Agrarsektormodell für den österreichischen Alpenraum zu entwickeln, das Entscheidungen auf der betrieblichen Ebene abbildet, und so Ergebnisse auch auf regionaler Ebene liefern kann. Darüber hinaus können Änderungen in der landwirtschaftlichen Betriebsstruktur endogen abgeschätzt werden. Für die Simulation politischer Szenarien bei konstanter Betriebsstruktur (Modul 1) liefert das Modell aufgrund der hohen Anzahl von Betriebstypen wesentlich detailliertere Informationen als vergleichbare bisher verfügbare Modelle. Die Modellierung struktureller Änderungen (Modul 2) sollte hingegen nur als grobe Schätzung verstanden werden, da die Ergebnisse im wesentlichen auf einer Befragung von Betrieben basieren, die viele Unsicherheiten offenläßt. Eine Verbesserung des Modells wäre möglich, wenn in einigen Jahren die Daten einer zweiten Agrarstrukturerhebung auf betrieblicher Ebene zur Verfügung stehen werden, die mit den

Daten der Erhebung 99 verbunden werden könnten (der Vergleich 95 und 99 ist aufgrund des EU-Beitritts zu stark verzerrt). Damit könnten die Schätzungen für Modul 2 auf eine wesentlich festere Basis gestellt werden.

### Literatur

- BMLF, (1999a). Standarddeckungsbeiträge für den biologischen Landbau 1999/2000. BMLF, Abteilung IIA4 – Landwirtschaftliches Beratungswesen, A-1010 Wien, Stubenring 1
- BMLF, (1999b). Standarddeckungsbeiträge und Daten für die Betriebsberatung 1999/2000/2001. Ausgabe Westösterreich. BMLF, Abteilung IIA4 – Landwirtschaftliches Beratungswesen, A-1010 Wien, Stubenring 1
- BMLFUW, (2000). Bericht ueber die Lage der oesterreichischen Landwirtschaft 1999. Gruener Bericht. Abteilung II B 5, <http://www.bmlf.gv.at/download/dlGB1999/GB1999gesamt.pdf> am 17. August 2001
- OeSTAT (1999). Österreichische Agrarstrukturerhebung 1999
- LBG (1999). Die Buchführungsergebnisse der österreichischen Landwirtschaft im Jahr 1999

### Publikationen im Rahmen des Forschungsprojektes:

#### Diskussionspapiere:

- Weiß, F., Schmid, E. (2001): Ein Regionalisiertes Agrarsektormodell zur Abschätzung des landwirtschaftlichen Strukturwandels im Österreichischen Alpenraum, Diskussionspapier des Instituts für Wirtschaft, Politik und Recht, Nr.: 89 und 89a-W-2001, Wien

#### Zeitschriften:

- Weiß, F., Schmid, E., Eder, M. (2002): Ein Regionalisiertes Politikinformationssystem für den Bereich der alpenländischen Landwirtschaft in Österreich, Ländlicher Raum (Online-Zeitschrift des BMLFUW), 4/2002, Wien

#### Tagungsbände:

- Weiß, F., Schmid, E., Eder, M. (2002): RAALSA – Ein regionalisiertes Agrarsektormodell zur Abschätzung des landwirtschaftlichen Strukturwandels im Österreichischen Alpenraum. Tagungsband der 11. ÖGA-Jahrestagung 2001
- Darüber hinaus ist ein Beitrag in der Zeitschrift "Berichte über Landwirtschaft" bereits akzeptiert worden, und wird voraussichtlich in der nächsten Ausgabe erscheinen. Die Autoren sind Weiß, F., Schmid, E., Eder, M. Ein weiterer Artikel (Vogel, S., Weiß, F.) ist in Arbeit und wird im Herbst in der Zeitschrift "Die Bodenkultur" eingereicht.

#### Folgeprojekt:

- Ein Folgeprojekt befindet sich momentan im Stadium der Antragstellung. In diesem Projekt soll das Modell auf die restlichen Gebiete Österreichs ausgedehnt werden. Das Projekt wird noch im September beim Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasser (BMLFUW) beantragt.

#### Diplomarbeit:

- Im Rahmen des Projektes wurde eine Diplomarbeit am Institut für Agrarökonomik betreut. Die Diplomarbeit ist jedoch noch nicht fertiggestellt.

**Veranstaltung:**

Das Modell wurde im Rahmen der Jahrestagung der österreichischen Gesellschaft für Agrarwirtschaft (ÖGA) 2001 präsentiert.

**Verwertung der Ergebnisse:**

Das Modell steht für Simulationen politischer Szenarien zur Verfügung, wobei der Schwerpunkt in der Anwendung von Modul 1 liegt. Modul 2 wird aufgrund einer unzureichenden Datenbasis für die Evaluierung politischer Szenarien noch nicht verwendet. In den nächsten beiden Jahren soll das Modell auf die restlichen österreichischen Regionen ausgedehnt, und anschließend in einen Modellverbund eingegliedert werden. Dieser Modellverbund soll im Rahmen einer Kooperation mit anderen österreichischen Forschungsinstituten entwickelt und gewartet werden, und regelmäßig für die Evaluierung politischer Maßnahmen zur Anwendung kommen.



## Untersuchung über den Einfluss von Fusarientoxinen auf die Mast- und Schlachtleistung von Masthühnern (I) / Mastputen (II) und Bilanzen über die Metabolisierung bzw. Ausscheidung der Mykotoxine mit dem Kot

### *Investigation on the effect of fusariotoxins on growth and slaughter performance of broilers (I) / turkeys (II) and balances of metabolism vs. excretion of mycotoxins with faeces*

#### Projektteam

Institut für Nutztierwissenschaften, BOKU: R. Leitgeb, Ch. Raffaseder; Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, BOKU: P. Ruckebauer, M. Lemmens; IFA-Tulln, Abt. Analytikzentrum, BOKU: R. Krška; Institut für Chemie, AG Glykobiologie, BOKU: F. Altmann; Institut für Ernährung, Veterinärmedizinische Universität Wien: J. Böhm, E. Wagner

#### I Hühnermastversuche

##### Zusammenfassung

In einem Hühnermastversuch mit 190 Küken wurde der Einfluss von unterschiedlichen Gehalten an Moniliformin und Beauvericin in Hühnerfuttermischungen auf die Mast- und Schlachtleistung und metabolische Parameter untersucht. Die Futtermischungen wiesen gleiche Nährstoffgehalte auf und wurden ad libitum angeboten. Die Rohproteingehalte in den Alleinfuttermischungen lagen bei 20,5% und die Energiegehalte bei 13,3 MJ ME/kg. In den Futtergruppen 1, 2, 3 und 4 wurden 0, 5, 10 und 15% des unkontaminierten Maises durch kontaminierten Mais (18,3 mg Moniliformin und 84,4 mg Beauvericin/kg) ersetzt. Die steigenden Mykotoxingehalte in den Alleinfuttermischungen hatten keine signifikant negativen Auswirkungen auf die Mast- und Schlachtleistung, die organoleptischen Eigenschaften des Brustfleisches, die chemische Zusammensetzung des Schlachtkörpers und Blutparameter. Mykotoxinrückstände konnten weder im Schlachtkörper, noch in Organen nachgewiesen werden. Aus dem Versuchsergebnis kann der Schluss gezogen werden, dass die Masthühner gegenüber Moniliformin und Beauvericin wesentlich weniger empfindlich reagieren als angenommen wird und dass Fusarientoxine im vordersten Teil des Verdauungstraktes relativ rasch inaktiviert werden.

##### Schlagwörter

Broiler, Mykotoxine, Moniliformin, Beauvericin

##### Abstract

*In a trial with 190 broilers the influence of different contents of moniliformin and beauvericin in compound feed on growth and slaughter performance and metabolic parameters was investigated. The content of nutrients was equal in all feed mixtures and the diets were fed ad libitum. The content of protein was 20.5% and the content of energy 13.3 MJ ME/kg. In feeding group 1, 2, 3 and 4 0, 5, 10 and 15% of uncontaminated maize was replaced by contaminated maize (18.3 mg moniliformin and 84.4 mg beauvericin/kg). The response of higher mycotoxin level in diets on growth and slaughter performance and metabolic parameters of broilers was low. The analyses of eviscerated carcass for protein, crude fat and crude ash validates, that mycotoxins like moniliformin and beauvericin does not influence the metabolism of broilers in a significant form. Residues of mycotoxins were not at all detected in the digestive tract, liver, heart or eviscerated carcass. The conclusion of the trial results are, the influence of moniliformin and beauvericin in practice are often overestimated.*

##### Key words

*Broiler, mycotoxins, moniliformin, beauvericin*

## 1 Einleitung

Fusarien sind ubiquitär verbreitete Feldpilze und bilden unter ungünstigen Lebensbedingungen Mykotoxine als sekundäre Stoffwechselprodukte. Von allen Tieren in freier Natur werden Mykotoxine mit der Nahrung aufgenommen. In der Nutztierernährung werden Mykotoxine als Schadstoffe mit unterschiedlicher Wirkung angesehen. Um die Auswirkungen von mykotoxinkontaminiertem Futtermais auf die Mast- und Schlachtleistung, Stoffwechselparameter und Rückstände im Schlachtkörper zu ermitteln, wurden an Masthühnern Dosis-Wirkungsversuche im Geflügelversuchsstall, Äußere Wimitz 3, A-9311 Kraig, durchgeführt.

## 2 Versuchsdurchführung und Datenerhebung

190 Eintagsküken wurden auf 12 Boxen aufgeteilt. Jede Box war mit einer Wärmelampe, einem Futter- und Tränkeautomaten ausgestattet und mit 10 kg gehäckseltem Gerstenstroh eingestreut. Der Stall wurde anfänglich 23 h und ab der 3. Mastwoche 22 h beleuchtet. Der Versuchsplan ist in Tabelle 1 und die Zusammensetzung der Hühnerfuttermischungen in Tabelle 2 angeführt. Die Futtermischungen wurden am Versuchsort hergestellt und in mehrliger Form ad libitum angeboten.

### Mast- und Schlachtleistung

Als Mastleistungsmerkmale wurden die LM-Entwicklung und der Futteraufwand je kg LM-Zuwachs erfasst. Die Schlachtung er-

folgte am Versuchsort. Unmittelbar vor der Schlachtung wurde das Nüchterngewicht (LM nach 6 h Futterentzug) erhoben. Die Schlachtkörper wurden bei 57°C drei Minuten gebrüht, anschließend gerupft und entdarnt. Als Schlachtleistungsmerkmale wurden die "OD-Ware warm" (Ohne Darm Ware, Gewicht des geschlachteten Huhnes ohne Federn und Innereien) und das Abdominalfett am Schlachttag erfasst. Die OD-Ware warm wurde anschließend 24 h bei +3°C gelagert und dann als "OD-Ware kalt" und nach Abtrennen von Kopf, Hals und Ständer als "grillfertige Ware" gewogen. 48 OD-Ware kalt (6 männliche und 6 weibliche Tiere/Futtergruppe) wurden in die Teilstücke Brust, Schenkel, Flügel und Restkörper zerteilt.

### OD-Ware- und Mykotoxinanalysen

48 OD-Ware kalt (6 männliche und 6 weibliche Tiere/Futtergruppe) wurden homogenisiert. Die Homogenisate wurden auf Rohnährstoffe und Mykotoxinrückstände untersucht. Für die Untersuchung auf Mykotoxinrückstände im Magen- und Darmtrakt und in den Organen wurden Proben von 3 bis 7 Tieren pro Box gesammelt und homogenisiert. Die Mistproben wurden am Ende des Mastversuches aus den Boxen entnommen, getrocknet, vermahlen und analysiert.

### Organoleptische Beurteilung

Die subjektive Fleischqualität wurde an 48 Brustfleischproben erhoben. Vom Brustfleisch wurde ein etwa 3x3x1 cm großes Stück mit Haut ohne Zutaten beidseitig je 5 Minuten bei 180°C gegrillt, in 4 gleichgroße Teile geteilt, von 4 Testpersonen verkostet und mit Noten von 1 bis 6 bewertet.

### Blutanalysen

Die Blutproben wurden bei der Schlachtung den Einzeltieren entnommen, konserviert und an der Veterinärmedizinischen Universität Wien untersucht.

## 3 Versuchsergebnisse

### Futteranalysen

Im unkontaminierten Mais lagen die Mykotoxingehalte erwartungsgemäß unter der Nachweisgrenze. Der kontaminierte Mais wies 18,3 mg Moniliformin und 84,4 mg Beauvericin/kg auf. Zearalenon war im kontaminierten Mais nicht nachweisbar und Deoxynivalenol war nur in sehr geringer Menge enthalten. Die Hühnerfüttermischungen wiesen Rohproteingehalte um 20,5% und Energiegehalte um 13,3 MJ ME/kg auf.

### Mastleistungsergebnisse

Bei Versuchsbeginn lag die mittlere LM bei 39 g (Tabelle 3). In den ersten 3 Mastwochen war ein tendenzieller Einfluss der Mykotoxine auf die LM-Entwicklung zu beobachten. Die Wägung bei Mastende ergab einen linearen Abfall der durchschnittlichen LM von 1779, auf 1771, 1764 und 1743g von der unbelasteten FG1 zur hochbelasteten FG4. 2 Tiere verendeten in FG2 und 1 Tier in FG3.

In den ersten 3 Mastwochen stieg der Futteraufwand je kg LM-Zuwachs in Abhängigkeit von der Mykotoxindosis linear an (Tabelle 4). Diese Tendenz war im zweiten Mastabschnitt nicht mehr zu beobachten. Über die gesamte Versuchsperiode verwerteten die Tie-

re der FG4 das Futter am schlechtesten. Zwischen den übrigen 3 Futtergruppen wurden nur geringe Unterschiede ermittelt.

### Schlachtleistungsergebnisse

Höher mykotoxinkontaminierte Futtermischungen führten zu tendenziell schlechteren Schlachtleistungsergebnissen (Tabelle 5). Besonders auffällig sind die geringeren Schlachtgewichte in FG4. Der Abfall der Gewichte der OD-Ware warm und kalt in FG4 gegenüber den übrigen Futtergruppen deutet auf ein Überschreiten der Mykotoxintoleranz in der FG4 hin.

Bei der sensorischen Prüfung wies das Brustfleisch der FG2 und 3 die höchste subjektive Zartheit auf (Tabelle 6). Bei der Saftigkeit und beim Geschmack wurden zwischen den Futtergruppen keine wesentlichen Unterschiede festgestellt. Von einer negativen Beeinflussung der subjektiven Fleischeigenschaften durch übliche Mykotoxingehalte in Hühnerfüttermitteln ist daher nicht auszugehen.

Die Rohnährstoffgehalte der OD-Ware sind in Tabelle 7 angeführt. Der Rohfettgehalt war zwar in FG2 signifikant höher ( $P=0,05$ ) als in der FG3, aber in FG1 und FG4 wurden gleiche Rohfettgehalte in der OD-Ware kalt ermittelt. Die Trockenmasse-, Rohprotein- und Rohaschegehalte wiesen nur geringe Unterschiede zwischen den Futtergruppen auf. Ein Einfluss der Mykotoxine Moniliformin und Beauvericin auf den Metabolismus der Rohnährstoffe ist daher nicht anzunehmen.

Die in Tabelle 8 angeführten Ergebnisse der Blutanalysen weisen zum Teil große Schwankungen zwischen den Futtergruppen auf. Ein dosisabhängiger Einfluss der Mykotoxine Moniliformin und Beauvericin auf die Blutparameter kann daraus aber nicht abgelesen werden. Erhöhte Werte an Aspartat-Aminotransferase und Cholesterin würden auf Leberstörungen und erhöhte Werte an Laktatdehydrogenase auf Leber- und Blutintoxikationen hinweisen.

### Mykotoxin-Rückstandsuntersuchungen

Die Untersuchungen der OD-Ware kalt, Muskelmägen, Herzen, Lebern, des Darmtraktes und Mistes auf Rückstände an Moniliformin und Beauvericin verliefen alle negativ. Demnach ist davon auszugehen, dass bei Hühnern die Mykotoxine bereits im vordersten Abschnitt des Verdauungstraktes, also Kropf oder Drüsenmägen, abgebaut werden. Diese Fähigkeit ist evolutionär auf Grund der natürlichen Futtergrundlage in freier Natur auch sehr wahrscheinlich.

### Darstellung des Outputs des Hühnerversuches

Der Hühnermastversuch wurde als Diplomarbeit durchgeführt. Die Ergebnisse des Hühnerversuches wurden 2000 beim Mold Meeting und 2001 bei der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie in Göttingen im Rahmen eines Workshops über Mykotoxine vorgetragen.

Tab. 1: Versuchsplan

Merkmale	Futtergruppe (FG)			
	1	2	3	4
Hühnerküken, n	45	45	45	45
Boxen, n	3	3	3	3
Kontaminierter Mais <sup>1)</sup> , %	0	5	10	15
Fütterung	ad libitum			
Mastdauer, Tage	37			

1) 18,3 mg Moniliformin und 84,4 mg Beauvericin/kg

Tab. 2: Rezepturen der Hühnerfuttermischungen

Futtermittel		FG1	FG2	FG3	FG4
Unkontaminierter Mais	%	59,3	54,3	49,3	44,3
Kontaminierter Mais	%	0	5	10	15
Sojaextraktionsschrot-hp	%	20	20	20	20
Maiskleber	%	3	3	3	3
Grasgrünmehl	%	5	5	5	5
Fleischmehl-Regau	%	5	5	5	5
Sojaöl	%	4,74	4,74	4,74	4,74
Prämix	%	2,96	2,96	2,96	2,96

Tab. 3: Lebendmasse

Merkmale	FG1	FG2	FG3	FG4	s <sub>x</sub>	P
Boxen, n	3	3	3	3	-	-
LM bei Versuchsbeginn, g	39	39	39	39	0,5	1,00
LM am 21. Masttag, g	653	637	628	641	14	0,68
LM bei Mastende, g	1779	1771	1764	1743	35	0,90

Tab. 4: Futteraufwand je kg LM-Zuwachs

Merkmale	FG1	FG2	FG3	FG4	s <sub>x</sub>	P
Boxen, n	3	3	3	3	-	-
1. – 21. Masttag, kg	1,71	1,77	1,78	1,82	0,06	0,65
21. – 37. Masttag, kg	1,88	1,81	1,82	1,92	0,05	0,42
1. – 37. Masttag, kg	1,82	1,79	1,81	1,88	0,04	0,55

Tab. 5: Schlachtleistungsergebnisse

Merkmale	FG1	FG2	FG3	FG4	s <sub>x</sub>	P
Tiere, n	48	46	47	47	-	-
LM nüchtern, g	1740	1734	1726	1700	30	0,78
OD-Ware warm, g	1374	1371	1372	1343	25	0,78
OD-Ware kalt, g	1364	1361	1360	1335	24	0,82
Grillfertige Ware, g	1213	1210	1207	1186	23	0,83
Abdominalfett, g	29	29	29	26	1	0,32

Tab. 6: Ergebnisse des organoleptischen Tests

Merkmal	FG1	FG2	FG3	FG4	$\chi^2$
Tiere, n	12	12	12	12	-
Zartheit, Punkte	4,0	4,5	4,5	3,8	9,87
Saftigkeit, Punkte	3,4	3,9	3,8	3,5	6,20
Geschmack, Punkte	3,1	3,2	3,3	3,1	4,67

$\chi^2 > 7,8 = P < 0,05$

Tab. 7: Rohnährstoffgehalte der OD-Ware

Merkmale		FG1	FG2	FG3	FG4	$s_x$	P
Tiere	n	12	12	12	12	-	-
OD-Ware kalt	g	1409	1389	1377	1374	10	0,07
Trockenmasse	%	35,6	36,2	35,5	35,8	0,24	0,18
Rohprotein	%	19,4	19,1	19,5	19,2	0,15	0,36
Rohfett	%	13,3 <sup>ab</sup>	14,2 <sup>b</sup>	13,1 <sup>a</sup>	13,3 <sup>ab</sup>	0,28	0,05
Rohasche	%	3,3	3,3	3,2	3,2	0,09	0,89

<sup>a,b</sup>Werte mit unterschiedlichen Exponenten unterscheiden sich mit  $P \leq 0,05$  signifikant

Tab. 8: Ergebnisse der Blutanalysen

Blutparameter	FG1	FG2	FG3	FG4	s	P
Tiere, n	14	12	7	7	-	-
Triglyceride, mg/dl	73	90	72	75	11	0,60
Cholesterin, mg/dl	118	120	111	113	4	0,35
Aspartat-Aminotransferase, U/l	116	113	113	120	7	0,92
Laktatdehydrogenase, U/l	629	664	686	644	50	0,90
Kreatinkinase, U/l	2825	3204	3105	3285	500	0,90
Alanin-Aminotransferase, U/l	1,8	2,0	2,6	2,4	0,4	0,45
Hämatokrit, %	33	32	34	33	0,7	0,37

## II Putenmastversuche

### Zusammenfassung

Der Putenmastversuch mit unterschiedlichen Gehalten an Moniliformin und Beauvericin wurde mit 100 Tieren über einen Zeitraum von 12 Wochen durchgeführt. Im Gehalt an Nährstoffen und Wirkstoffen wurden alle 3 Phasenfuttermischungen gleich gehalten und ad libitum angeboten. Die Moniliformingehalte in den 3 Phasenfuttermischungen für die Futtergruppen 1, 2, 3 und 4 lagen bei 0, 1,0, 1,8 und 3,2 mg/kg und die Beauvericingehalte analog bei 0, 3,1, 6,7 und 10,8 mg/kg Alleinfutter. Die Tiere der FG1, 2, 3 und 4 waren bei Mastende 7,13, 7,40, 7,39 und 7,27 kg schwer und der Futteraufwand/kg LM-Zuwachs lag in derselben Reihenfolge bei 2,28, 2,24, 2,25 und 2,31 kg. Die Ergebnisse weisen auf keine negativen Einflüsse der Mykotoxine Moniliformin und Beauvericin auf die Zusammensetzung der Schlachtkörper hin. Das gleiche gilt auch für die Blutparameter. Im Schlachtkörper, in den Organen und im Mist wurden keine Rückstände an Moniliformin und Beauvericin nachgewiesen.

### Schlagwörter

Puten, Mykotoxine, Moniliformin, Beauvericin

### Abstract

*In a trial with 100 turkeys over 12 weeks the influence of different contents of moniliformin and beauvericin in starter, grower I and II diets was investigated. The nutrient contents of all diets were equal and diets were fed ad libitum. The content of moniliformin in feeding groups 1, 2, 3 and 4 was 0, 1.0, 1.8 and 3.2 mg/kg and of beauvericin 0, 3.1, 6.7 and 10.8 mg/kg diet. The weight of the animals at the end of the growing period of feeding groups 1, 2, 3 and 4 was 7.13, 7.40, 7.39 and 7.27 kg and the feed efficiency 2.28, 2.24, 2.25 and 2.31, respectively. The results do not show any influence of moniliformin and beauvericin on the composition of carcasses and blood parameters and causes no residues of mycotoxins in the digestive tract, viscera or eviscerated carcass.*

### Key words

*Turkeys, mycotoxins, moniliformin, beauvericin*

## 1 Einleitung

Von den Fusarien ist *Fusarium subglutinans* der in Österreich am weitesten verbreitete phytopathogene Feldpilz auf Mais und bildet die Mykotoxine Moniliformin und Beauvericin. Die Konzentrationen von Moniliformin und Beauvericin liegen in üblichen Maischargen zwischen 0,1 und 1 mg/kg. Bei Schädigung der Maispflanze durch Hagel oder Frühfrost, gekoppelt mit feuchter und warm-kalter Witterung, kann der Mykotoxingehalt im Maiskorn kräftig ansteigen. Um die Auswirkungen von mykotoxinkontaminiertem Futtermais auf die Mast- und Schlachtleitung, Stoffwechselparameter und Rückstände im Schlachtkörper zu ermitteln, wurden an Mastputen Dosis-Wirkungsversuche im Geflügelversuchsstall, Äußere Wimitz 3, A-9311 Kraig, durchgeführt.

## 2 Versuchsdurchführung und Datenerhebung

100 Eintagsküken wurden nach Geschlecht getrennt in 16 Boxen aufgestellt. Jede Box war mit einer Wärmelampe, einem Futter- und Tränkeautomaten ausgestattet. Der Boden wurde mit einer Kunststoffolie ausgelegt und mit 10 kg staubfreien Hobelspänen eingestreut. Im Versuchsverlauf wurde bei Bedarf gehäckseltes Gerstenstroh nachgestreut. Die Be- und Entlüftung und Temperaturregelung erfolgte über elektronisch gesteuerte Ventilatoren und Wärmelampen. Der Stallraum wurde während der ersten Mastwoche 24 h, in der zweiten Mastwoche 22 h und anschließend bis Mastende 20 h beleuchtet. Die Kennzeichnung der Tiere erfolgte mittels Flügelmarke in der zweiten Mastwoche. Der Versuchsplan geht aus Tabelle 1 hervor.

Die Rezeptur der Futtermischungen ist in Tabelle 2 angeführt. Die Futtermischungen wurden am Versuchsort in einem 300 kg Exaktmischer hergestellt und in mehliger Form ad libitum angeboten.

### Mastleistung

Als Parameter der Mastleistung wurden die LM-Entwicklung und der Futteraufwand je kg LM-Zuwachs herangezogen. Die Tiere wurden bei Versuchsbeginn boxenweise und anschließend in 4-wöchigen Abständen individuell gewogen. Ausfälle wurden mit Datum und Gewicht aufgezeichnet.

### Schlachtleistung

Nach Erhebung des Nüchterngewichtes (LM nach 6 h Futterentzug unmittelbar vor der Schlachtung) wurden die Tiere mittels Bolzenschussapparat betäubt und durch Öffnen der Halsarterie entblutet. Die Schlachtkörper wurden bei 57°C drei Minuten gebrüht, gerupft und anschließend entdarnt. Die "OD-Ware warm" (Gewicht des Schlachtkörpers ohne Blut, Federn und Innereien), die Organgewichte (Herz, Leber, Magen, Milz) und das Abdominalfett wurden am Schlachttag gewogen. Die OD-Ware warm wurde anschließend 24 h bei +3°C gelagert. Hernach wurden alle Schlachtkörper als "OD-Ware kalt" und nach Abtrennen von Kopf, Hals und Ständer als "grillfertige Ware" gewogen. 32 OD-Ware kalt wurden homogenisiert und 32 grillfertige Schlachtkörper in die Teilstücke Brust, Schenkel, Flügel und Restkörper zerlegt.

### Organoleptische Beurteilung

Die subjektive Fleischqualität wurde an 32 Brustfleischproben erhoben. Vom Brustfleisch wurde ein etwa 3x3x1cm großes Stück mit Haut ohne Zutaten beidseitig je 5 Minuten bei 180°C gegrillt, in 4 gleichgroße Teile geteilt, von 4 Testpersonen subjektiv verkostet und mit Noten von 1 bis 6 bewertet.

### Blutanalysen

Die Blutproben wurden bei der Schlachtung den Einzeltieren entnommen, konserviert und an der Veterinärmedizinischen Universität Wien untersucht.

### Rückstandsanalysen

Die Untersuchungen auf eventuelle Rückstände an Mykotoxinen im Fleisch wurden an 8 homogenisierten Tieren je Futtergruppe durchgeführt. Für die Untersuchungen auf Mykotoxine im Darmtrakt und in den Organen (Herz, Leber, Muskelmagen) wurden die Teile von 3 bis 4 Tieren pro Box gesammelt und homogenisiert. Die Einstreuprobe wurde zu Mastbeginn und die Mistprobe am Ende des Mastversuches aus den Boxen entnommen, getrocknet, vermahlen und analysiert.

## 3 Versuchsergebnisse

### Futteranalysen

Die prozentuellen Anteile an mykotoxinkontaminiertem Mais waren in den jeweiligen Phasenfuttermischungen der FG2, 3 und 4 gleich hoch. Die Gehalte an Moniliformin und Beauvericin in den Phasenfuttermischungen 1, 2 und 3 der FG2, 3 und 4 waren deshalb über die ganze Mastperiode konstant. Im Phasenfutter 1 lagen die Rohproteingehalte bei 27, im Phasenfutter 2 bei 24 und im Phasenfutter 3 bei 20%. Die Energie-, Mineralstoff- und Wirkstoffgehalte der Alleinfuttermischungen entsprachen den üblichen Bedarfswerten und lagen in allen Alleinfuttermischungen in der selben Höhe vor.

### Mastleistungsergebnisse

Die LM-Entwicklung der Tiere ist in Tabelle 3 angeführt. Zu Versuchsbeginn lag die mittlere LM bei 60 g. Am 28. Masttag waren die Tiere der FG1 mit 848 g am leichtesten und die der FG2 mit 894 g am schwersten. Am 56. Masttag wiesen die Tiere der FG4 mit 3430 g die geringste und die der FG3 mit 3608 g die höchste LM auf. Das Mastendgewicht am 84. Masttag lag bei den FG1, 2, 3 und 4 bei 7.125, 7.399, 7.391 und 7.269 g. Der Futteraufwand je kg LM-Zuwachs unterschied sich zwischen den Futtergruppen kaum (Tabelle 4). Es war auch keine Tendenz zu höherem Futteraufwand/kg LM-Zuwachs mit höherem Gehalt an Mykotoxinen in den Alleinfuttermischungen zu beobachten. Der höhere P-Wert mit längerer Mastdauer zeigt, dass mit höherem Alter die Empfindlichkeit der Puten gegenüber Mykotoxinen abnimmt.

### Schlachtleistungsergebnisse

Die Ergebnisse der Schlachtleistung sind in Tabelle 5 angeführt. Die Unterschiede bei der OD-Ware warm und kalt und bei der grillfertigen Ware sind zwischen den Futtergruppen nicht signifikant. FG2 und FG3 wiesen die günstigsten Ergebnisse auf. Die Daten zeigen keinen dosisabhängigen Einfluss der mykotoxin-kontaminierten Futtermischungen.

Die Gewichte von Herz, Leber, Milz und Abdominalfett lagen in den Futtergruppen 2, 3 und 4 mit kontaminiertem Futter geringfügig über jenen der FG1. Das Magengewicht war wiederum in der FG1 am höchsten (Tabelle 6).

### Teilstücke des grillfertigen Schlachtkörpers

Die Teilstückgewichte des grillfertigen Schlachtkörpers sind in Tabelle 7 angeführt. Die Gewichte von Brust, Schenkel und Restkörper waren in FG1 stets geringer als in FG2, 3 und 4, was in erster Linie durch die geringere LM bei Mastende verursacht wird. Die Flügelgewichte der Tiere von FG3 waren mit 726 g am schwersten und jene von FG2 mit 693 g am leichtesten. Bei den absoluten Teilstückgewichten konnten keine signifikanten Unter-

schiede zwischen den Futtergruppen ermittelt werden. Hinsichtlich der Ausbildung der Körperteile konnten keine negativen Einflüsse durch die Mykotoxine Moniliformin und Beauvericin festgestellt werden.

### Analyse der OD-Ware

Die Ergebnisse der Ganzkörperanalysen sind in Tabelle 8 angeführt. Der Rohfettgehalt war in FG2 am höchsten und in FG3 am geringsten. Die Rohprotein- und Rohaschegehalte der OD-Ware wiesen nur geringe Unterschiede zwischen den Futtergruppen auf. Ein Einfluss der Mykotoxine Moniliformin und Beauvericin auf den Protein- und Fettstoffwechsel von Puten ist daher nicht anzunehmen.

### Organoleptische Untersuchung

Die Ergebnisse der subjektiven Beurteilung des Brustfleisches sind in Tabelle 9 angeführt. Bei den Verkostungen wurde das Brustfleisch der FG3 als am zartesten empfunden. Bei den Merkmalen Saftigkeit und Geschmack wurden keine Unterschiede zwischen den Futtergruppen festgestellt.

### Blutanalysen

Die Ergebnisse der Blutanalysen weisen zum Teil große Schwankungen zwischen den Futtergruppen auf, weisen aber auf keine Abhängigkeit von der Mykotoxindosis hin (Tabelle 10). Die Werte an Aspartat-Aminotransferase, Cholesterin und Laktatdehydrogenase in den mykotoxinbelasteten Futtergruppen weichen von der unbelasteten FG1 kaum ab.

### Rückstandsanalysen

Die Untersuchungen auf Rückstände an Moniliformin und Beauvericin in der OD-Ware, in den Muskelmägen, Herzen, Lebern, Darmtrakten und im Mist verliefen alle negativ. Demnach ist davon auszugehen, dass bei Puten die Mykotoxine Moniliformin und Beauvericin bereits im vordersten Abschnitt des Verdauungstraktes, also Kropf oder Drüsenmagen, abgebaut werden. Diese Fähigkeit dürften die Puten erst im Laufe der Mastperiode erwerben. Diese Schlussfolgerung ist aus dem Verlauf der Mastleistung abzuleiten.

## Darstellung des Outputs des Putenversuches

Der Putenversuch wird als Dissertation bearbeitet.

Die Ergebnisse des Putenversuches wurden 2000 beim Mold Meeting und 2002 bei der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie in Göttingen vorgetragen.

Bericht des ORF in Kärnten heute.

Diese Versuche haben uns hinsichtlich der Mykotoxinanalytik und der praktischen Auswirkungen auf die Tiere und Lebensmittelqualität als Mykotoxinexperten eine große Anerkennung gebracht. Früher wurden alle Probleme in Tierbeständen den Mykotoxinen zugesprochen. Die Wirkung der Mykotoxine auf Tiere und die tierischen Produkte wurde extrem übertrieben, beinahe hysterisch, dargestellt. Die Mischfutterhersteller wollten von den Maisbauern keinen Mais mehr übernehmen und die Tierhalter wollten von den Mischfutterherstellern kein Mischfutter mehr kaufen. Die überaus angespannte Lage zwischen Maisbauern, Mischfutterherstellern und Tierhaltern hat sich seither

deutlich entspannt. Seither werden bzw. müssen wieder genauere Diagnosen über Erkrankungen der Tiere erstellt werden.

Tab. 1: Versuchsplan

Merkmal	Futtergruppe (FG)			
	1	2	3	4
Putenküken, n	25	25	25	25
Boxen, n	4	4	4	4
Kontaminierter Mais <sup>1)</sup> , %	0	3	6	9
Fütterung	ad libitum			
Mastdauer	84 Tage			

1) 26,2 mg Moniliformin und 27,6 mg Beauvericin/kg

Tab. 2: Futterrezeptur der Phasenfuttermischungen

Phasenfutter		1	2	3
Mastwoche		1.-4	5.-8	9.-12
Mais	%	38,15	49,74	56,74
Sojaextraktionsschrot-hp	%	43,64	33,08	25,45
Rapsextraktionsschrot	%	5,00	5,00	5,00
Grasgrünmehl	%	5,00	5,00	5,00
Sojaöl	%	4,10	3,60	4,60
Prämix	%	4,11	3,58	3,21

Tab. 3: Lebendmasse, g

Merkmal	FG1	FG2	FG3	FG4	s <sub>x</sub>	P
Tiere, n	25	24	25	25		
1. Masttag	60	60	61	60	0,7	0,67
28. Masttag	848	894	883	855	23	0,45
56. Masttag	3444	3554	3608	3430	76	0,28
84. Masttag	7125	7399	7391	7269	144	0,50

Tab. 4: Futteraufwand je kg LM-Zuwachs, kg

Merkmal	FG1	FG2	FG3	FG4	s <sub>x</sub>	P
Boxen, n	4	4	4	4	-	-
1. – 28. Masttag, kg	1,54	1,52	1,56	1,51	0,02	0,35
1. – 56. Masttag, kg	1,87	1,84	1,83	1,86	0,03	0,73
1. – 84. Masttag, kg	2,28	2,24	2,25	2,31	0,06	0,83

Tab. 5: Schlachtleistung

Merkmal	FG1	FG2	FG3	FG4	s <sub>x</sub>	P
Tiere, n	25	24	25	25		
LM nüchtern, g	7125	7399	7391	7269	144	0,50
OD-Ware, g	5828	6002	6079	5957	121	0,52
OD-Ware kalt, g	5745	5943	5984	5865	119	0,51
Grillfertige Ware, g	5227	5430	5456	5348	112	0,47
Abdominalfett, g	37,4	47,9	41,8	39,4	4,4	0,37
Kopf und Hals, g	308	303	310	304	6,3	0,81
Ständer, g	204	205	211	207	4,5	0,68
Ausschlachtung, %	80,6	80,3	80,8	80,7	0,4	0,86

Tab. 6: Organgewichte

Merkmal	FG1	FG2	FG3	FG4	s <sub>x</sub>	P
Tiere, n	25	24	25	25	-	-
Herz, g	26,3	27,6	27,6	27,1	0,8	0,67
Leber, g	103	109	105	106	2,7	0,43
Magen, g	151 <sup>a</sup>	132 <sup>bc</sup>	143 <sup>ab</sup>	121 <sup>c</sup>	4,9	0,03
Milz, g	5,9	6,3	6,2	6,5	0,3	0,50

<sup>abc</sup>Werte ohne gemeinsamen Exponenten unterscheiden sich signifikant (P≤0,05)

Tab. 7: Teilstücke des grillfertigen Schlachtkörpers

Merkmale	FG1	FG2	FG3	FG4	s <sub>x</sub>	P
Tiere, n	8	8	8	8	-	-
Grillfertige Ware, g	5248	5308	5425	5349	120	0,75
Brust, g	1341	1363	1364	1361	42	0,97
Schenkel, g	1653	1680	1662	1675	40	0,96
Flügel, g	702	693	726	702	14	0,37
Restkörper, g	1485	1509	1619	1543	46	0,20

Tab. 8: OD-Ware Analysen

Merkmale		FG1	FG2	FG3	FG4	s <sub>x</sub>	P
Tiere	n	8	8	8	8	-	-
OD-Ware	g	5855	6028	6071	5985	281	0,95
Trockenmasse	%	31,4	31,9	31,0	31,0	0,33	0,22
Rohprotein	%	20,3	20,4	20,4	20,2	0,15	0,68
Rohfett	%	7,1	7,7	6,8	6,9	0,43	0,42
Rohasche	%	3,7	3,6	3,5	3,7	0,12	0,58

Tab. 9: Ergebnisse des organoleptischen Tests des Brustfleisches

Merkmal	FG1	FG2	FG3	FG4	χ <sup>2</sup>
Tiere, n	8	8	8	8	-
Zartheit, Punkte	4,3a	4,5ab	4,7b	4,5ab	8,8
Saftigkeit, Punkte	4,2	4,1	4,2	4,2	1,3
Geschmack, Punkte	4,2	4,4	4,2	4,2	3,9

χ<sup>2</sup> > 7,8 = P < 0,05

Tab. 10: Ergebnisse der Blutanalysen

Blutparameter	FG1	FG2	FG3	FG4	s	P
Tiere, n	15	14	14	15	-	-
Triglyceride, mg/dl	76	127	81	105	11	0,01
Cholesterin, mg/dl	112	126	120	118	4	0,11
Aspartat-Aminotransferase, U/l	145,5	155,5	138,6	148,9	5,7	0,23
Laktatdehydrogenase, U/l	434	578	504	538	23	<0,01
Kreatinkinase, U/l	1783	2663	1798	2514	249	0,02
Alanin-Aminotransferase, U/l	2,6	1,4	1,7	0,65	0,3	<0,01
Hämatokrit, %	36	36	35	36	0,5	0,24

## Nachhaltigkeit in der Lebensmittelproduktion: Kumulierter Energieaufwand für Trennprozesse

### *Sustainability in the food industry: cumulative energy demand of separation processes*

#### Projektteam

Institut für Lebensmitteltechnologie: M. Greiter, S. Novalin, K.-D. Kulbe

Institut für Land-, Energie- und Umwelttechnik: M. Wendland, J. Fischer

#### Zusammenfassung

Das Entsalzen oder Abtrennen von Ionen aus Flüssigkeiten ist ein wichtiger Prozess in der Lebensmitteltechnologie. Dafür geeignete Verfahren sind die Elektrodialyse (ED) und der Ionentausch (IE). Im noch laufenden Projekt wird die Nachhaltigkeit beider Prozesse untersucht, wozu zunächst der kumulierte Energieaufwand und die anfallenden Abwassermengen bestimmt wurden. Der kumulierte Energieaufwand umfasst die für den Prozess selbst, die für die Herstellung der Regenerationsmittel beim IE und die für die Abwasserbehandlung benötigte Energie. Untersucht wurde die Entsalzung von Molke, von der in Österreich jährlich etwa 100.000 t anfallen und die ein wertvoller Ausgangsstoff z.B. für Babynahrung ist, und die Trennung von Xylitol und Gluconat. Als Ergebnis wurde z.B. für die Entsalzung von nanofiltrierter, dreifach konzentrierter Molke gefunden, dass bei einem Tagesdurchsatz von 45 m<sup>3</sup> der Energiebedarf der ED 573 kWh, der Energiebedarf des IE aber 1586 kWh beträgt. Die Abwasservolumina betragen 56 m<sup>3</sup> bei der ED und 167 m<sup>3</sup> beim IE. Geplant sind noch Berechnungen mit dem Global Emission Model of Integrated Systems (GEMIS-Österreich) und thermodynamisch-exergetische Untersuchungen.

#### Schlagwörter

Entsalzung, Nachhaltigkeit, kumulierter Energieaufwand, Molke, Gluconat

#### Abstract

*Desalination or separation of ions from solution is an important process in food technology and can be done either by electrodialysis (ED) or by ion exchange resins (IE). The subject of investigations in the still running project is the sustainability of both processes. Thus, to compare these competing technologies with regard to their cumulative energy demand, the required energy has to be calculated not only for the processes themselves but also for the production of regenerants in the case of IE and of the waste-water treatment of both processes. The solutions being assessed are whey and an aqueous solution of xylitol and gluconate. In Austria, approximately 100,000 tonnes of whey are produced each year. The desalted whey is a valuable raw material e.g. for the baby food production. As a result, the cumulative energy demand and the amounts of waste water of an ED and IE plant, which have the capacity to desalinate 45 m<sup>3</sup> nanofiltered, three times concentrated whey per day, were determined. The energy demand of ED amounts to 573 kWh and ED yields 56 m<sup>3</sup> of waste water. The energy demand of IE amounts to 1586 kWh and IE yields 167 m<sup>3</sup> of waste water. Furthermore, calculations will be done with the Global Emission Model of Integrated Systems (GEMIS-Austria) and thermodynamic exergetic investigations will be made.*

#### Key words

*Desalination, sustainability, cumulative energy demand, whey, gluconate*

## Einführung

Bis vor ein paar Jahrzehnten wurde der Wohlstand und Fortschritt einer Gesellschaft an der Höhe des Energieverbrauchs gemessen. Dieser nahm proportional mit dem Anstieg des Bruttoinlandsprodukts zu. Die Ölkrisen der 70-er und 80-er Jahre jedoch ließen die westlichen Industrieländern erkennen, dass Energie kein billiges und immer verfügbares Gut darstellt. In der Lebensmittelindustrie mußten vor allem die energieintensiven Zweige wie Zuckerindustrie, Brauereien und Molkereien ihre Prozesse in puncto Energieeffizienz verbessern, um weiterhin bestehen zu können. (Der spezifische Energiebedarf für die Herstellung eines Kilogramms Zucker konnte in 7 Jahren fast um die Hälfte gesenkt werden. [1]) Die wachsenden Müllberge, der Treibhauseffekt und die zunehmende Verschmutzung unserer Flüsse und Seen zeigen uns heute,

wohin uns unsere Wegwerfgesellschaft geführt hat. Das Recycling von Abfallstoffen hatte auch nicht den gewünschten Effekt.

Internationale Abkommen und (supra)nationale Gesetzgebung geben nun neue Richtlinien vor, die in Form von Grenzwerten und Umweltauflagen die Industrie und das Gewerbe dazu anhalten, von vornherein den Energieverbrauch und die Entstehung von festen, flüssigen oder gasförmigen Emissionen zu minimieren. Gefragt ist nun der planende Ingenieur, der mit Hilfe sogenannter Lebenszyklusanalysen die Prozesse daraufhin untersucht, ob und wie möglichst geschlossene Kreisläufe erzielt und der Energieaufwand verringert werden kann. Je mehr das erreicht wird, um so nachhaltiger hat man gehandelt.

Die Nahrungs- und Genussmittelindustrie Österreichs benötigte 1995 22 PJ (ein Peta Joule ist ein 1 Joule mit 15 Nullen) an Energie, das entspricht etwa 2,5 % des Gesamtenergiebedarfs. Davon entfallen auf die Molkereien ca. 10%. Somit gehören die Molke-

reien neben der Zuckerindustrie (17%) und den Brauereien (12%) zu den Lebensmittelindustriestufen, die am meisten Energie verwenden. Ein interessantes Maß ist der spezifische Energiebedarf, der besagt, wieviel Energie für die Herstellung eines Kilogramms eines Lebensmittels nötig ist. Die Tabelle 1 gibt die Werte für einige Lebensmittel wieder [1].

Tab. 1: Spezifischer Energiebedarf einiger Lebensmittel

1 Liter Milch	1 MJ
1 Liter Bier	2 MJ
1 Kilogramm Zucker	4 MJ
Zum Vergleich: man kann mit 4 MJ einen herkömmlichen 2000W Heizstrahler eine halbe Stunde lang betreiben.	

### Einleitung

In technischen Prozessen müssen oft Salze oder andere Ionen aus Lösungen entfernt werden. Als Beispiele sollten die Entsalzung von Meerwasser, Kesselspeisewasser und wässrigen Lösungen der Lebensmittel- und chemischen Industrie erwähnt werden. Die dafür verwendeten Prozesse sind die Verdampfung, die Umkehrosmose (RO), die Nanofiltration (NF), der Ionentausch (IE) und die Elektrodialyse (ED). Diese Prozesse unterscheiden sich jedoch in der Art und den Möglichkeiten ihrer Anwendung.

Wenn nun vergleichbare technische Prozesse zur Verfügung und miteinander in Konkurrenz stehen, wird sich die Industrie in den meisten Fällen für den kostengünstigeren entscheiden. Um Klarheit zu schaffen, welcher Prozess im Sinne der Nachhaltigkeit der bessere ist, müssen solche Prozesse unter diesem Gesichtspunkt untersucht werden, denn für die Zukunft wird erwartet, dass die Forderung nach nachhaltigeren Prozessen und deren Auswirkung auf die Produktionskosten steigen wird.

In dieser Arbeit werden die zwei Entsalzungstechnologien Ionentausch und Elektrodialyse untersucht und miteinander verglichen. Bei den verwendeten Lösungen handelt es sich um Molke, die mittels Nanofiltration aufkonzentriert und teilentzalt wurde, und

um eine wässrige Lösung mit verschiedenen Zuckern (Glucose und Fructose) und Zuckerderivaten (Xylitol und Gluconat).

Im Falle der Molke wird die Entsalzung bis zu einem Grad von 90% und darüber durchgeführt, da dies die weitere und hauptsächlich Verwendung in Babynahrung erst ermöglicht. (Die Nieren der Babys können einen hohen Salzgehalt nicht regulieren). Diese Prozesse der Molke-Entsalzung wurden schon vor mehr als 20 Jahren vor allem auf ihre Wirtschaftlichkeit hin untersucht [2–6]. Aus dem Blickwinkel der Nachhaltigkeit, damals noch kein Thema, haben beide Prozesse einen hohen kumulierten Energiebedarf und produzieren große Mengen an belastetem Abwasser, was beides noch nicht ausreichend und umfangreich genug untersucht wurde.

Im Falle der Lösung mit Xylitol und Gluconat, die ein Endprodukt eines enzymtechnologischen Prozesses [7] ist, werden die beiden Technologien zum Abtrennen des einzigen Ions in der Lösung, dem Gluconat-Ion, verwendet. Hier gibt es bisher nur wenige Ansätze [8,9], die dieses Thema behandeln. Da das Gluconat-Ion deutlich größer als die Ionen der Molke ist, werden die Ergebnisse auch Auskunft darüber liefern, ob und wie sich die Ionengröße auf die Trennleistung beider Technologien auswirkt.

Um den kumulierten Energiebedarf zu ermitteln, muss die ganze Prozesskette betrachtet werden. Es reicht nicht, wenn der Energiebedarf nur für die Prozesse selbst berechnet wird, was in den früheren Arbeiten über die Molke-Entsalzung der Fall war. In dieser Arbeit bezieht man die Herstellung der Regenerationsmittel für den Ionentausch-Prozess und die Abwasserbehandlung für beide Prozesse mit in die Betrachtung ein. Folglich ist es notwendig, verlässliche Daten von den Prozessparametern, von dem Energieverbrauch der Prozesse und deren Wirkungsgrad, sowie von der Menge an verwendeten Regenerationsmittel und anfallendem Abwasser (und dessen Zusammensetzung) zu haben. Solche Daten wurden zum Teil aus der Literatur gewonnen oder konnten über Firmen, die großtechnische Anlagen betreiben, in Erfahrung gebracht werden. Sie erwiesen sich aber als nicht ausreichend, so dass vor allem in Bezug auf das anfallende Abwasser und dessen Zusammensetzung umfangreiche eigene Experimente erforderlich waren.

Abb. 1: Vereinfachtes Stoffstromdiagramm: Herstellung von Molkenpulver mit dem Ionentausch als Entsalzungsschritt

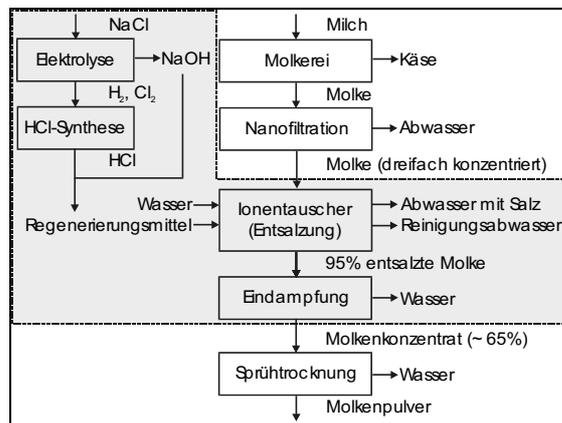
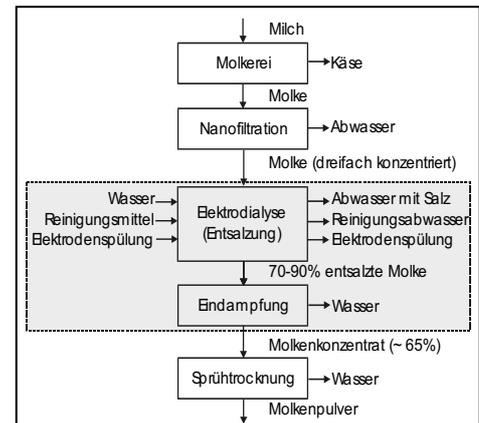


Abb. 2: Vereinfachtes Stoffstromdiagramm: Herstellung von Molkenpulver mit der Elektrodialyse als Entsalzungsschritt



## Aufgabenstellung

Das Ziel dieser Arbeit ist die Bestimmung des kumulierten Energieaufwands für die Herstellung eines Kilogramms Molkenpulver aus Molke und für die Abtrennung von Gluconat aus einer wässrigen Lösung von Zuckern und Zuckerderivaten, wobei die ED und der IE bei der Molke zur Entsalzung und bei der "Zuckerlösung" zur Abtrennung eines organischen Ions eingesetzt werden. Dazu wurden Experimente mit einer ED- und einer IE-Laboranlage durchgeführt und Daten erhoben, mit denen bestehende Daten validiert und bereits vorhandene Datensätze erweitert wurden. Bei diesen Daten handelt es sich um den Entsalzungs- bzw. Abtrennungsgrad, die Mengen an benötigten Regenerationsmitteln, die erforderliche Energie und die Mengen des anfallenden Abwassers und dessen Zusammensetzung von beiden Trennprozessen.

Diese Daten können zur Erstellung von Masse- und Energiebilanzen herangezogen und für die Modellierung der beiden Prozesse verwendet werden. Abschließend werden im Falle der Molke-Entsalzung die beiden Prozessketten, die als Stoffstromdiagramme in den Abbildungen 1 und 2 dargestellt sind, in dem Programm GEMIS (Globales Emissionsmodell integrierter Systeme) analysiert und liefern mit den gewonnenen Daten und der GEMIS-Datenbank für Österreich die bei der ganzen Prozesskette anfallenden Emissionen und den kumulierten Energieaufwand.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden eine ED- und eine IE-Laboranlage verwendet. Für die Analyse der organischen Belastung des Abwassers wurden ein CSB-Analysegerät (Spektroquant Nova 60, Merck, Deutschland), ein Thermoreaktor (TR 200, Merck, Deutschland) und die Test-Kits (COD cell test 14540, 14541, 14691, Merck, Deutschland) eingesetzt. Die IE-Säulen der Fa. Kronlab (Sinsheim, Deutschland) und die oben angeführten Geräte und Materialien wurden aus den Mitteln des Projekts finanziert. Die Analyse des Salzgehaltes wurde mit vorhandenen HPLC-Geräten durchgeführt. Die für die Experimente notwendige nanofiltrierte Molke wurde von einem Molke verarbeitendem Betrieb zur Verfügung gestellt. Die wässrige Lösung mit Zuckern und Zuckerderivaten wurde in Form einer Modelllösung selbst hergestellt.

## Material und Methoden

### Molke

Die Molke ist ein Neben- und Abfallprodukt der Käseherstellung. Je nach Käsesorte kann das 80–90% des eingesetzten Milchvolumens ausmachen. In Zahlen gesprochen sind das in Österreich ca. 100.000 Tonnen/Jahr und in der gesamten EU mehrere Millionen Tonnen. Nachdem die Molke reich an Milchzucker ist

Trockensubstanz	6,3
Wasser	93,7
Fett	0,5
Eiweiß	0,8
Laktose	4,8
Mineralstoffe (Salze)	0,5

Tab. 2:  
Zusammensetzung von Molke, % (approx.)

und einen hohen Salzgehalt hat (die Zusammensetzung der Molke gibt die Tabelle 2 wieder), kann sie heute nicht mehr einfach in den Vorfluter (z.B. Flüsse) entsorgt werden, wie es früher noch die Praxis war. Für eine weitere Verwendung als Nahrungsmittel muß die Molke entsalzt werden, wie oben schon erwähnt wurde. Bei dem Ausgangsprodukt für die ED und IE Experimente handelt es sich um eine mittels Nanofiltration dreifach konzentrierte und teilentsalzte Molke. Dies hat für die Elektrodialyse gesprochen den Vorteil, dass eine höhere Ionendichte den Prozess effizienter macht und die Teilentsalzung die Verfahrensdauer verkürzt. Im Falle des Ionentauschs ist diese Vorbehandlung vorteilhaft, da weniger Volumen transportiert und gepumpt werden muss und Regenerationsmittel eingespart werden können.

### Die Modelllösung (Xylitol/Gluconat)

Die Zusammensetzung der Modelllösung gibt die Tabelle 3 wieder. Sie entspricht dem Endprodukt einer enzymatischen Synthese, deren Ausgangsprodukte Glucose und Xylose und deren Endprodukte Xylitol und Gluconsäure sind. Dabei handelt es sich um ein gekoppeltes Enzymsystem bestehend aus Aldose-Reduktase und Glucose-Dehydrogenase [7]. Xylitol findet als Zuckeraustauschstoff mit antikariogener Wirkung und besonderem Geschmack und als lebensmitteltechnologischer Hilfsstoff, z.B. für Überzüge, weltweit Verwendung. Gluconsäure gilt als Grundchemikalie und hat eine große Bedeutung in der Produktaufbereitung. In der Lebensmittelindustrie wird Gluconsäure unter anderem als Säuerungsmittel bei der Salami-Herstellung eingesetzt.

Gluconsäure	90
Xylitol	90
Glucose	10
Xylose	10
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1.36
K <sub>2</sub> HPO	2.28
NaOH zum Einstellen von pH 6.5	

Tab. 3:  
Zusammensetzung der Modelllösung [g/l]

### Elektrodialyse

Die Elektrodialyse ist ein elektrochemischer Prozess. Unter Anlegung einer Spannung werden Ionen, das sind elektrisch geladene Moleküle oder Atome (Salze bestehen immer aus positiv und negativ geladenen Ionen), durch Ionentauschermembranen bewegt. Die positiv geladenen Kationen wandern durch die Kationenaustauschermembran in Richtung der Kathode; die negativ geladenen Anionen durch die Anionenaustauschermembran in Richtung der Anode. Die Abbildung 3 gibt das Schema der Entsalzung wieder. Jede Zelle, durch die Molke fließt, ist von zwei unterschiedlichen Ionentauschermembranen und zwei Konzentratzellen umgeben, die die Ionen aus der Molke (Na<sup>+</sup> und Cl<sup>-</sup> dienen hier als Beispiel) aufnehmen. Diese Ionen verbleiben dann in der Konzentratzelle, da die nächste Ionentauschermembran für sie nicht durchlässig ist. Beim Entsalzungsvorgang wird dann die Molke und das Konzentrat solange im Kreis geführt, bis der gewünschte Entsalzungsgrad erreicht wird. Bei einem Entsalzungsgrad von 90% kann das bis zu 6 Stunden dauern.

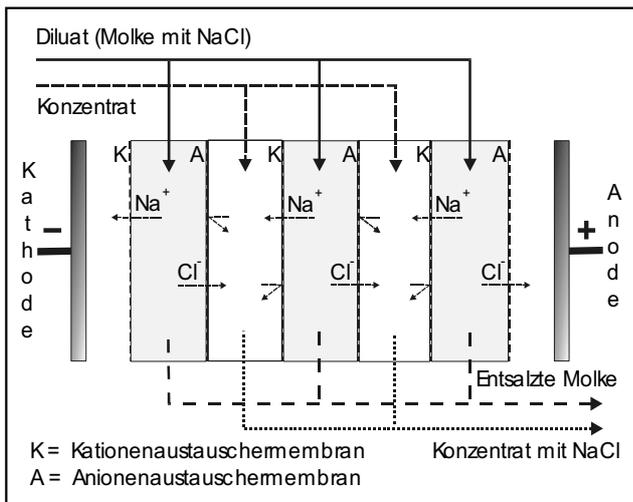


Abb. 3: Vereinfachte Darstellung der ED

**Ionentausch**

Der Ionentausch ist eine Festbett-Technologie. Die dazu eingesetzten Ionentauscherharze sind kugelförmige Partikel (typischer Durchmesser 0,4–0,8 mm), die austauschbare Ionen auf ihrer Oberfläche tragen. Diese Harze werden in Säulen gepackt, wobei eine Säule zum Austausch von Kationen und eine zum Austausch von Anionen eingesetzt wird. Die Abbildung 4 stellt vereinfacht den Ionenaustausch-Mechanismus dar. Da die Anzahl der austauschfähigen Ionen auf den Harzen begrenzt ist, ist die Menge an Molke, die entsalzt werden kann, limitiert. Diese Menge kann durch Experimente bestimmt werden. Nachdem nun die Molke zuerst über die Kationen- und dann über die Anionenaustauschersäule gepumpt wurde, wurden alle austauschfähigen Ionen der Harze durch Salzionen der Molke ersetzt, und die Kapazität der

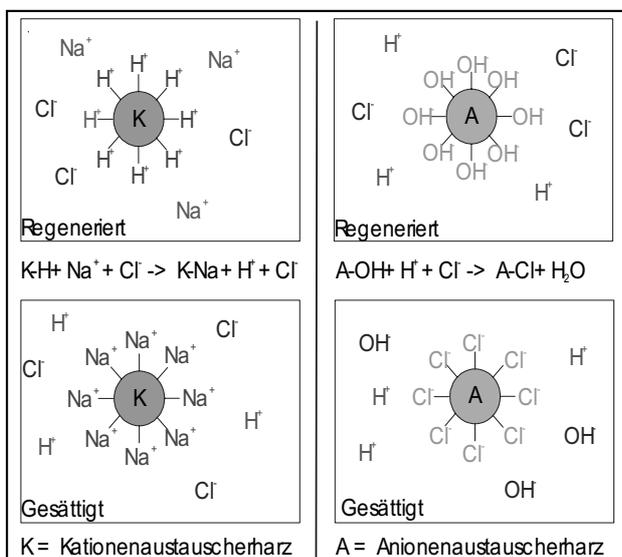


Abb. 4: Vereinfachte Darstellung des IE

Säulen ist erschöpft. Um sie wieder einsatzfähig zu machen, müssen die Harze im Falle des Kationentauschers mit Säure (HCl) und im Falle des Anionentauschers mit Lauge (NaOH) regeneriert werden. Dadurch werden die Salzionen von den Harzen gewaschen und durch H<sup>+</sup> – und OH<sup>-</sup>-Ionen ersetzt, womit wieder der Ausgangszustand der Harze hergestellt ist. Das Entsalzen dauert etwa 2 und das Regenerieren 4 Stunden.

**Ergebnisse**

**Entsalzung der Molke**

Die experimentellen Untersuchungen, die Berechnungen und die Ergebnisse sind in der aus diesem Projekt entstandenen Veröffentlichung [10] dargestellt. Eine Übersicht über die Ergebnisse wird in Tabelle 4 gezeigt.

Wenn man nur den Trennprozess betrachtet, benötigt die ED als elektrochemischer Prozess viel mehr Energie als der IE. Will man aber Aussagen über die Nachhaltigkeit beider Prozesse machen, muss der kumulierte Energieaufwand berechnet werden. Deshalb wurde die Analyse erweitert und der Energieverbrauch für die Herstellung der Regenerationsmittel (Salzsäure und Natronlauge) und die Behandlung des Abwassers in die Berechnung mit einbezogen. Die Herstellung der Regenerationsmittel erfolgt mit der Elektrolyse, in der 2000 kWh [11] an Energie für die Produktion von einer Tonne Natronlauge (darin ist auch die Produktion der Koppelprodukte Wasserstoff- und Chlorgas beinhaltet) verbraucht werden. Ein Problem ist nun, wie man diese Koppelprodukte im Sinne der Nachhaltigkeit beurteilt. Da Chlor den wichtigsten Rohstoff in der Kunststoffindustrie darstellt und die Elektrodialyse vor allem für dessen Produktion betrieben wird, fällt die Natronlauge als billiges Nebenprodukt an. Die Salzsäure kann mit Chlor hergestellt werden und der verbleibende Wasserstoff besitzt einen hohen Energieinhalt.

In unserer Arbeit wird diese Wertung dadurch umgangen, dass man die Reaktionsenthalpie, die bei der Synthese von Salzsäure aus Chlor und Wasserstoff frei wird, in die Berechnung aufnimmt. Auf diese Art wurde der Energieaufwand direkt aus den Produkten der Elektrolyse berechnet, was theoretisch betrachtet die obere Grenze des Energieaufwands darstellt, wenn Regenerationsmittel in Betracht gezogen werden.

Ein weiterer Schwerpunkt der Untersuchungen stellt das Abwasser und dessen Zusammensetzung [12] dar. Der IE produziert nicht nur dreimal soviel und dreimal so belastetes (ausgedrückt in CSB) Abwasser als die ED, sondern hat auch die 4–4.5 -fache Salzfracht (ausgedrückt in Masse). Das wird in Zukunft von enormer Bedeutung sein, da die EU bis 2010 die Einführung von Gesetzen plant, die die Besteuerung von Abwasser, bezogen auf die wirklichen Kosten der Behandlung, beinhaltet. Dabei stellt der Energieaufwand für die Reduktion des CSB-Gehaltes nur einen Teil des gesamten Energieaufwands dar.

Unter Bezugnahme von [2–6] kommt man zu folgendem Schluss: Die Nanofiltration sollte als Vorbehandlung der Molke genützt werden, da es zu einer Aufkonzentrierung und Teilentsalzung der Molke kommt. Als weiterer Entsalzungsschritt sollte die ED bevorzugt werden. Erstens, da die ED einen deutlich niedrigeren kumulierten Energieaufwand hat und zweitens die Abwassermenge und -belastung sowie der Salzaustrag ein vielfaches weniger ausmacht.

Prozess	Parameter	Fläche/Masse/Volumen	Energieaufwand
Elektrodialyse	Membran Fläche	212 m <sup>2</sup>	
	Abtrennung der Ionen		242 kWh
	Pumpen		189 kWh
	Reduktion des CSB		142 kWh
Ionenaustausch	Abwasser	56 m <sup>3</sup>	
	Salzgehalt	365 kg	
	Kationtauscher Harz	4 m <sup>3</sup>	
	Anionentauscher Harz	3.6 m <sup>3</sup>	
	HCl (pur)	780 kg	} 1140 kWh
	NaOH (pur)	840 kg	
	Pumpen		6.6 kWh
	Reduktion des CSB		43 kWh
	Abwasser	167 m <sup>3</sup>	
	Salzgehalt	1634 kg	

Tab. 4: Überblick von Daten einer ED und IE Anlage, die 45 m<sup>3</sup> nanofiltrierte Molke pro Tag entsalzen kann

Auf der anderen Seite ist der Ammonium Bicarbonat oder SMR Prozess [13], bei dem versucht wird, die Regenerationsmittel im Kreis zu führen, ein gutes Beispiel dafür, dass der IE verbessert werden könnte. Dieser Frage sind wir hier aber nicht näher nachgegangen, sie stellt aber Forschungspotential dar.

### Die Abtrennung des Gluconats

Die Abtrennung des Gluconats konnte mit der ED bis zu 95 % realisiert werden. In 4 Stunden kann 1 Mol Gluconat aus 2.2 l Modelllösung entfernt werden. Der Energieaufwand der Elektrodialyse ergibt einen Wert von 27 Wh für die Abtrennung von einem Mol Gluconat. Die für die Pumpen aufzuwendende Energie beträgt 142 Wh. Der Wirkungsgrad der Abtrennung beträgt 80 % ( $\eta=0,8$ ).

Im Gegensatz zum Ionentausch kann man mit der ED das Xylitol nicht in einem Schritt von dem Gluconat trennen. Mit dem Gluconat gelangt auch Xylitol diffusiv ins Konzentrat, was bis zu 30 % des Ausgangswertes ausmachen kann. Dieser Umstand zieht die Schlussfolgerung mit sich, dass sich die ED für diese Trennaufgabe nicht eignet. Bei der Elektrodialyse tritt auch Wasser vom Diluat ins Konzentrat. Damit ist eine Aufkonzentrierung des Diluats und eine Verdünnung des Konzentrats verbunden. Im Schnitt wanderten 40 Mol Wasser pro Mol Gluconat ins Konzentrat.

Beim IE findet man in der gewonnenen Gluconatlösung ~90 % der eingesetzten Menge Gluconat wieder, während kein Xylitol enthalten ist. Die aufgefangene Modelllösung enthält die unveränderte Menge an Xylitol, jedoch bis zu 10 % Gluconat. Dieses Resultat weist den IE als den zu bevorzugenden Trennprozess aus. Das Volumen beider Lösungen hat im Vergleich zur Ausgangslösung um das 3–4fache zugenommen.

### Präsentation der Ergebnisse, Wissenstransfer und Hebelwirkung

Anzumerken ist, dass die Arbeiten am Projekt wegen der Suche nach einem geeigneten Mitarbeiter erst mit einiger Verspätung aufgenommen wurden und noch nicht abgeschlossen sind.

### Veröffentlichungen

Die erste Veröffentlichung aus dem Projekt befindet sich in der internationalen, peer-reviewten Fachzeitschrift Journal of Membrane Science im Druck:

Michael Greiter, Senad Novalin, Martin Wendland, Klaus-Dieter Kulbe und Johann Fischer, 2002,

"Desalination of whey by electrodialysis and ion exchange resins: analysis of both processes with regard to sustainability by calculating their cumulative energy demand".

Anzumerken ist, dass in den uns mitgeteilten Auszügen aus den Gutachten die Arbeit sehr positiv bewertet wurde. So schrieb z.B. ein Gutachter:

"In particular, I find this sort of detailed comparison of competing processes very useful in framing my opinions about where membrane-based commercial processing is headed in near future."

Ein anderer Gutachter schrieb:

"This paper is ... in an area often neglected in scientific circles."

### Veröffentlichungen in Vorbereitung

Geplant sind noch zwei weitere Veröffentlichungen:

Die eine Veröffentlichung soll ähnlich wie die Arbeit über Molke (whey) die experimentellen Ergebnisse und ihre rechnerische Aufarbeitung für den kumulierten Energieaufwand zur Trennung des Gemisches von Xylitol und Gluconat enthalten.

Eine weitere Veröffentlichung wird sich mit der thermodynamisch-energetischen Betrachtung von praktisch relevanten Entsalzungsprozessen in der Lebensmitteltechnologie beschäftigen.

**Präsentationen auf Tagungen**

Greiter, M., Novalin, S., Wendland, M., Fischer, J., Kulbe, K.D., 2001, "Nachhaltigkeit in der Lebensmittelproduktion: Kumulierter Energieaufwand für Trennprozesse" in: Universität für Bodenkultur Wien, Tschechische Agraruniversität Prag, Univ. Westungarn (Hrsg.): Tagungsband, BOKU-Kongress "Leben und Überleben – Konzepte für die Zukunft", Abstracts, 212. 19–21 November 2001, Hofburg, Wien  
 Weitere Präsentationen auf Tagungen sind vorgesehen (z.B. Jahrestagung 2003 der Verfahrenstechniker, DECHEMA + GVC)

**Ausbildungswirksamkeit**

Im Rahmen des Projekts wurde von C. Gstöttenbauer die Diplomarbeit "Kreislaufführung von Ionentauscher-Regenerationsmitteln mit Hilfe der Elektrodialyse mit bipolaren Membranen" unter der Betreuung von S. Novalin am Institut für Lebensmitteltechnologie durchgeführt.

Die Ergebnisse des Projekts werden in der von den Projektantragstellern S. Novalin und M. Wendland gehaltenen Pflichtvorlesung "Thermische und mechanische Verfahrenstechnik" für die Studierenden der Lebensmittel- und Biotechnologie Eingang finden.

Weiterhin sind die durch das Projekt gewonnenen Erfahrungen in der Kooperation der Institute wichtig für das von beiden Instituten für den künftigen Bachelor-Studiengang aufzubauende verfahrenstechnische Praktikum.

**Hebelwirkung**

Im akademischen Bereich haben sich durch das Projekt Nachhaltigkeit enge Kontakte zum Institute for Integrated Food Technology der Wageningen Agricultural University ergeben. Es hatten schon intensive Vorarbeiten zu einem EU-Projekt "Consumer based technology development for sustainable food production" stattgefunden, die dann aber leider nicht zielführend waren. Der Austausch im Bereich "Sustainability" wird aber fortgesetzt.

Eine weitere Option für eine akademische Zusammenarbeit besteht mit der Chemical Engineering Gruppe der Danish Technical University Lyngby, von der großes Interesse an einer Fortsetzung des Molke-Projekts im EU-Rahmen bekundet wird.

Schließlich sei noch darauf verwiesen, dass wir im Rahmen von seit mehreren Jahren bestehenden informellen Kontakten zu einem internationalen Lebensmittelkonzern auf unsere Arbeiten verwiesen und erste Ergebnisse mitgeteilt haben.

**Literatur**

- [1] U. Wagner, J. Schilhauer, Energie- und volkswirtschaftliches Porträt der Lebensmittelindustrie, in: VDI (Ed.), Berichte Nr. 979, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf, 1992
- [2] D.W. Houldsworth, Demineralization of whey by means of ion exchange and electro dialysis, *J. Soc. Dairy Technol.*, 33 (1980) 45
- [3] R.A.M. Delaney, Demineralization of whey, *Aust. J. Dairy Technology*, 31 (1976) 12
- [4] M. Evans, Electrodialysis and ion exchange as demineralisation methods in dairy processing, in R. Hansen, (Ed.), *Evaporation, Membrane Filtration and Spray Drying in milk powder and cheese production*, North european dairy journal, Copenhagen, Denmark, 1985, pp. 55–80
- [5] W. Ulrich, Exemple d'utilisation du lactosérum dans l'industrie alimentaire, *Schweiz. Milchwirtsch. Forschung*, 5 (1976) 99

- [6] B.M. Ennis, J.J. Higgins, Demineralization of deproteinated sweet whey – an economic study, *New Zealand J. Dairy Sci. Technol.*, 16 (1982) 27
- [7] B. Nidetzky, K.-D. Kulbe, Continuous coenzyme-dependent enzymatic production of xylitol from D-xylose, in: *Recent Res. Devel. In Biotech. & Bioeng.*, 1, 1998, pp. 129–144
- [8] S. Novalic, T. Kongbangkerd, K.-D. Kulbe, Separation of gluconate with conventional and bipolar electro dialysis, in: *Desalination*, 114, 1997, pp. 45–50
- [9] S. Novalic, T. Kongbangkerd, K.-D. Kulbe, Recovery of organic acids with high molecular weight using a combined electro dialytic process, in: *J. Membrane. Sci.*, 2000, pp. 99–104
- [10] M. Greiter, et al., Desalination of whey by electro dialysis and ion exchange resins: analysis of both processes with regard to sustainability by calculating their cumulative energy demand, in: *J. Membrane. Sci.*, 2002, in press
- [11] H.J. Hartz, C.F. Hoppe, Krupp Uhde's progress in chlorine business, 10<sup>th</sup> Krupp Uhde Chlorine Symposium, Dortmund, Germany, 6–8 May 1998
- [12] ATV-Handbuch: Biologische und weitergehende Abwasserreinigung, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, Germany. 1997
- [13] H.B. Jönsson, L.-E. Olsson, The SMR process – a new ion exchange process to demineralize cheese whey, *Milchwissenschaft*, 36 (1981) 8

## Entwicklung von fernerkundungsgestützten Methoden zur Erfassung und Bewertung von wildökologischen Korridoren als Grundlage landschaftspflegerisch-naturschutzfachlicher Planungen

### *Remote sensing based methods for the assessment and evaluation of wildlife migration corridors for landscape planning and nature protection*

#### Projektteam

Institut für Freiraumgestaltung und Landschaftspflege: Hermann Schacht; Institut für Vermessung, Fernerkundung und Landinformation: Roland Grillmayer; Institut für Wildbiologie und Jagdwirtschaft: Mark Wöss

#### Zusammenfassung

Die Ausbreitung und Migrationsbewegungen von wildlebenden Tierarten und damit der genetische Austausch zwischen unterschiedlichen Metapopulationen ist heutzutage auf sogenannte "Wildökologische Korridore" beschränkt. Speziell die Verwirklichung großer Straßenprojekte und anderer Infrastruktureinrichtungen sowie die vermehrte "Zersiedelung" haben zu einer verstärkten Fragmentierung und somit zum Verlust an natürlichem Lebensraum und dessen Vernetzung geführt. Vor allem bei der Projektierung von Straßenprojekten und anderen barrierewirksamen Bauaktivitäten (harte Verbauungen von Gewässern, Errichtung von Zäunen zur z.B. Wildtierhaltung, Errichtung von Lärmschutzmauern usw.) wäre es notwendig, die heute noch bestehenden wildökologischen Korridore in ihrer räumlichen Lage und Ausdehnung zu erfassen und somit in die Planung einfließen zu lassen. Ein Ziel dieser Studie war es zu untersuchen, welche Möglichkeiten und Methoden die Fernerkundung zur Erkennung wichtiger Vernetzungsstrukturen bereitstellt, um die terrestrischen Feldarbeiten auf ein Minimum zu reduzieren. Durch die Entwicklung eines Widerstandsmodells konnten bestehende Migrationsachsen ausgewiesen und der von den Experten vorgeschlagene Standort für die Errichtung einer Grünbrücke untermauert werden. Nach der Ausweisung der noch bestehenden Korridore war einerseits die Entwicklung von Planungsstrategien zur Sicherung und Integration von wildbiologisch relevanten Strukturen in verbindliche Raumordnungskonzepte (großräumige Sicherstellung) sowie andererseits die Entwicklung von "landschaftsökologischen Spielregeln" zur pfleglichen Erhaltung, Nutzung und Entwicklung von lebensraumvernetzenden Strukturen vorrangige Zielsetzungen der vorliegenden Studie.

#### Schlagwörter

Wildökologische Korridore, Vernetzung, Lebensraumvernetzung, Grünbrücken, Modellierung

#### Abstract

*Motorways and other roads act as barriers for some wildlife species. Fragmentation and loss of landscapes and habitats are the consequences. The possibilities of migration and genetic interchange for wildlife species are nowadays in most industrial countries confined to so called "wildlife corridors". But the importance of special regions as potential migration corridors for game species was not always appreciated enough or even not known at all. Especially in road and motorway planning processes it would be helpful to have information about the network of mobility for wildlife. Wildlife corridors could be considered in time, passageways and green-bridges for wildlife could be placed at the right locations when new infrastructures are built. In this study, sciences examined the applicability of remote sensing methods and terrestrial surveys to identify corridor structures at different landscape scales. With the collected data and information from aerial/satellite images and terrestrial surveys a resistance model for the investigation area with the indicator species red deer and wild boar was developed. Resistance models of this kind can be used to check the future effects of planned transportation infrastructures on the permeability of landscapes for wildlife. They can also be used to visualize the consequences of regional planning strategies within a wildlife corridor area.*

#### Key words

*Wildlife, corridor, green-bridges, connectivity, modelling*

## 1 Einleitung

Waldgebundene Tierarten finden in intensiv genutzten ("ausgeräumten") Agrarlandschaften nur mehr wenig Vegetationsstrukturen, die eine Korridorfunktion zwischen ihren Hauptlebensräumen erfüllen. Dadurch kann die Erhaltung arttypischer saisonaler Wanderungen und der Genfluss zwischen Teilpopulationen anthropogen bedingt erheblich eingeschränkt werden. Dies wird vor allem bei starker Verinselung des Waldes in Verbindung mit starker Fragmentierung der verbliebenen Restlebensräume durch Siedlungswachstum, Ausbau des höherrangigen Verkehrsnetzes

und "harte" Regulierung von Gewässern auch zu einem großräumigen Naturschutzproblem, insbesondere in Mitteleuropa. In einzelnen europäischen Ländern (z.B. Holland, Tschechien) existieren planerische Ansätze, die vom reinen Flächenschutz zur Errichtung "Ökologischer Netzwerke" führen sollen und auch wildökologische Belange berücksichtigen (vgl. KUBES 1996; JONGMANN et al. 2000)

Der großräumigen Vernetzung von Wildlebensräumen wird erst in letzter Zeit wachsende öffentliche Aufmerksamkeit zuteil – dementsprechend "unterentwickelt" sind auch die Instrumentarien und Möglichkeiten (planerische wie normative), diesen wild-

ökologischen Anforderungen Rechnung zu tragen. Weder in die Raum- und Landschaftsplanung noch in naturschutzfachliche Fachplanungen bzw. landschaftspflegerische Begleitplanungen sind wildökologische Aspekte in zufriedenstellender Form eingeflossen.

Neben dem bisher eher geringen Interesse der "Planung" an wildökologischen Fragestellungen und dem entsprechenden Informationsmangel ist es vor allem auch der hohe Erhebungsaufwand, der zu diesem eher zurückhaltenden Interesse geführt hat: In Agrarlandschaften hat die Existenz von Gehölz-Korridoren und deren Qualität (z.B. Lage, Richtung, Größe, Struktur etc.) sowie die wildökologische Durchlässigkeit von Barrieren quer zu solchen Korridoren eine hohe Bedeutung für die Fauna. Ausreichende Informationen über die genannten Korridore und Barrieren lassen sich aus dem handelsüblichen Kartenmaterial (z.B. ÖK 50.000) nur unzureichend entnehmen.

## 2 Grundlagen

Für das Begriffsfeld Wildtierkorridor gibt es nicht nur unterschiedliche Definitionen sondern auch eine große Anzahl verschiedener Bezeichnungen (Mobilitätsachse, Ausbreitungskorridor, Korridorbiotope, Wanderbiotope, Tierstraße, Bewegungsachsen, Landschaftsverbindung u.v.m). In den meisten Fällen wird in der vorhandenen Literatur ein Korridor beschrieben als eine lineare (nicht unterbrochene) Struktur, die sich wesentlich vom Umfeld (Matrix) unterscheidet und außerdem zwei oder mehr gleichgeartete Habitate (Habitat patches) miteinander verbindet (vgl. FORMAN 1995, FORMAN et al. 1985): Es gibt eine Reihe von Parametern, die die Funktionalität von wildökologisch bedeutsamen Korridoren beeinflussen: Breite, Länge, Attraktivität, Ausgangs- und Endpunkt, Verlauf, Lage, Umfeld u.v.m. Der Einfluss der einzelnen Parameter auf die Effektivität eines Korridors ist tierartenspezifisch genauso unterschiedlich, wie die Wirksamkeit von Korridoren überhaupt. Gerade die erforderlichen Dimensio-

nen von Landschaftsverbindungen und überwindbaren Distanzen variieren von Tierart zu Tierart. Korridore können den genetischen Austausch, den Metapopulationszusammenhang und die Überlebenswahrscheinlichkeit von Einzelpopulationen erhöhen, sie ermöglichen manchen Arten ihre natürlichen Bedürfnisse (Wandertraditionen) zu befriedigen und/oder ehemalige und potentielle Lebensräume (wieder) zu besiedeln. Die Vernetzung der Landschaft durch Korridore erhöht aber gleichzeitig auch die Gefahr der Ausbreitung von Seuchen, Krankheiten und Fremdarten. Sie können die Diffusion mancher Arten in Landschaftsbereiche verursachen, in denen dadurch ungewünschte Nebeneffekte entstehen, können ansonsten völlig isolierte Populationen verbinden und damit zur genetischen Vermischung und Auslöschung von speziellen Anpassungen einer Teilpopulation führen oder auch als Barrieren für andere Arten wirken (vgl. SOULE and GILPIN 1991; NOSS 1993).

Der ursprüngliche Zustand der Landschaft war jedenfalls ein vernetzter und erst durch zunehmenden menschlichen Einfluss kam es zur Fragmentierung und Trennung von Lebensräumen (siehe Abbildung 1 und 2). Die Wiederherstellung bzw. Erhaltung der Landschaftsvernetzung ist wichtig, wo Vernetzungen und Verbindungen von Lebensräumen durch menschlichen Einfluss reversibel verloren gingen oder gefährdet sind. Die Verbindung zwischen den Groß-Lebensräumen Alpen und Karpaten ist für größere Säugetierarten durch Autobahnen und Intensivlandwirtschaftsgebiete stellenweise unterbrochen aber wiederherstellbar (vgl. VÖLK et al. 2001 und VÖLK et al. 2000). In diesem Forschungsprojekt wurde ein Teilausschnitt der zwischen den Großlebensräumen liegenden Landschaften betrachtet und hinsichtlich seiner Korridorfunktion mit Methoden der Fernerkundung analysiert.

## 3 Datenerfassung

Ein deklariertes Ziel dieser Arbeit ist es, einen effizienten und kostengünstigen Ansatz zur Erfassung der verschiedenen wildö-

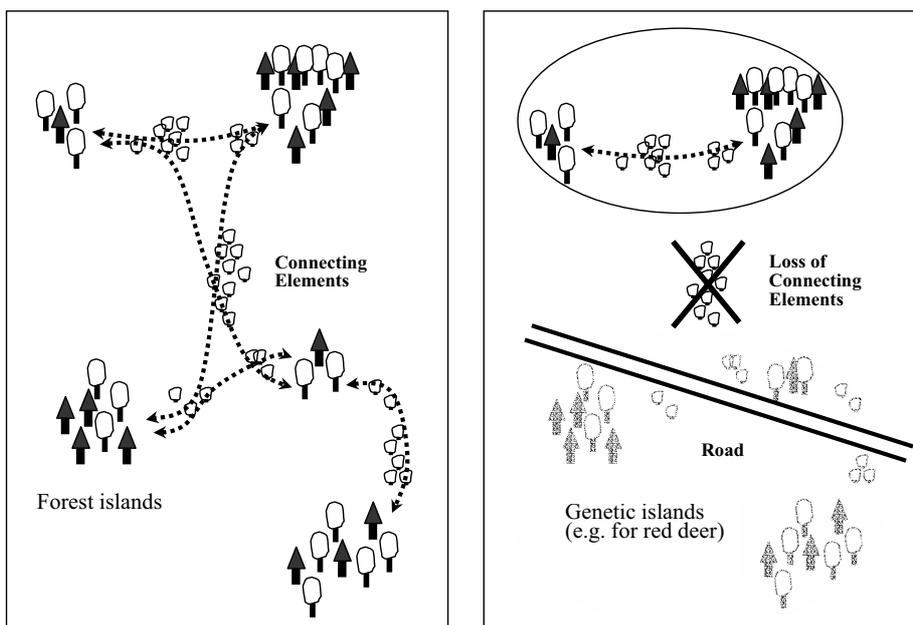


Abb. 1:  
Skizzierung einer fragmentierten Landschaft mit der Möglichkeit des genetischen Austausches zwischen (Teil-) Populationen waldbevorzugender Arten, wie z.B. Rotwild (Eigene Darstellung)

Abb. 2:  
Der Verlust von Gehölzstrukturen (u.a. verbindenden Elementen) und die Errichtung anthropogener Barrieren (z.B. Strassen) können zur genetischen Verinselung führen (Eigene Darstellung)

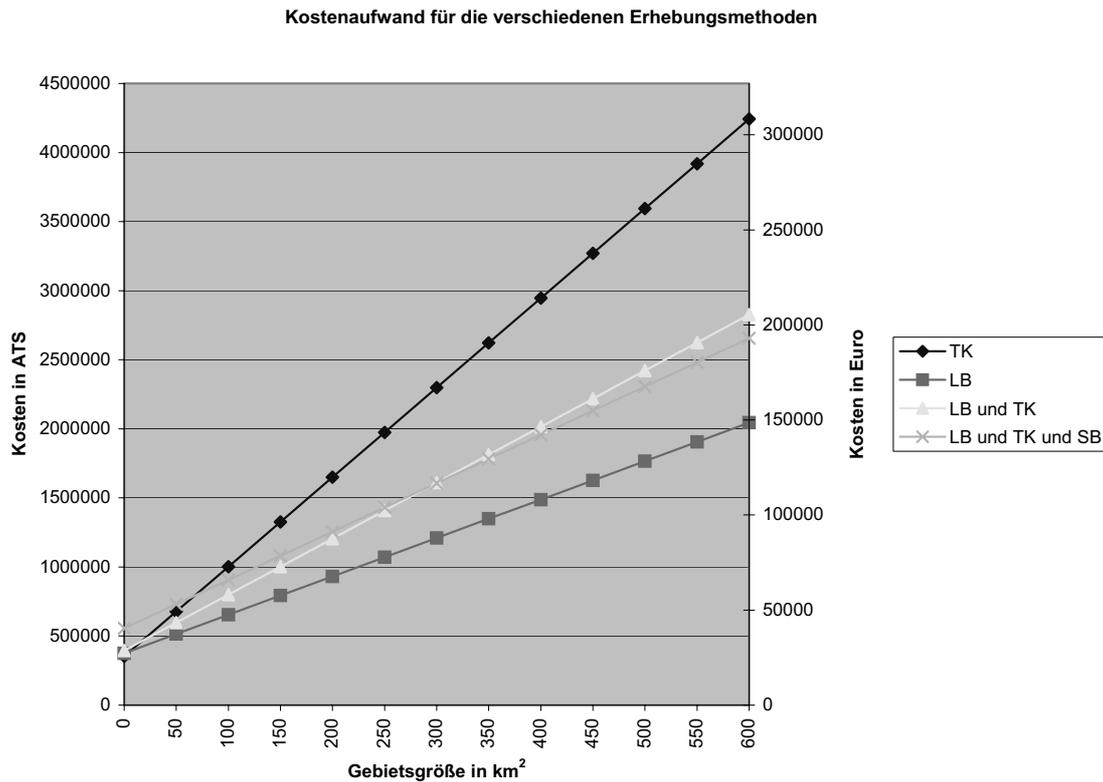


Abb. 3: Darstellung der Kostenentwicklung der Erhebungsvarianten in Abhängigkeit der Größe des Untersuchungsgebiets

kologisch relevanten Parametern aus Fernerkundungsdaten anzubieten. Durch den Einsatz von Luftbildern können die Kosten der terrestrischen Kartierung erheblich reduziert werden. Dennoch gilt es zu bedenken, dass aus einer reinen Luftbildinterpretation nicht alle wildökologisch relevanten Parameter gewonnen werden können. Aufgrund der hohen Kosten der flächendeckenden terrestrischen Kartierung empfiehlt es sich aus Kostengründen, alternative Varianten zu entwickeln. Es bieten sich dafür kombinierte Varianten unter Einbeziehung von Satellitenbilddauswertung (SBA), Luftbildinterpretation (LBI) und terrestrische Kartierung (TK) an (siehe Abbildung 2). Ziel solcher Kombinationsvarianten ist es, die wildökologisch relevanten Parameter in all ihren Ausprägungsformen zu erfassen und dennoch die Kosten gering zu halten.

Für kommende wildökologische Fragestellungen und die flächendeckende Erhebung von Daten, die als Input für die Widerstandsmodellierung benötigt werden, kann anhand der von Christian Hoffmann erstellten Diplomarbeit eine Abschätzung der zu erwarteten Kosten sowie eine Richtlinie für die zu verwendende Erhebungsmethodik festgelegt werden (HOFFMANN 2002).

Die Kombination von Luftbildinterpretation und terrestrischer Kartierung bringt eine Kosten- und Zeitersparnis bis zu einer Untersuchungsgebietsgröße von 400 km<sup>2</sup>. Im vorliegenden Untersuchungsgebiet konnten die Kosten um 200.000 Schilling gesenkt werden. Für großflächigere Untersuchungen (ab 300 km<sup>2</sup>) ist eine zusätzliche automatisierte Satellitenbilddauswertung von Vorteil.

## 4 Modellierung

Auf Basis der erhobenen Daten wird ein sogenanntes Widerstandsmodell entwickelt. Die Zuweisung des Widerstandswertes, der für jedes Landschaftselement gesondert in Abhängigkeit von dessen Objekteigenschaften, der Tagesuhrzeit und räumlichen Lage ermittelt wird, erfolgt über ein Fuzzy-Logic basiertes Expertensystem. Durch die Vergabe von Widerstandswerten kann eine qualitative Bewertung der unterschiedlichen Wanderrouen im Untersuchungsgebiet vorgenommen werden.

Das Konzept der Fuzzy-Logic eröffnet die Möglichkeit der Umsetzung von qualitativ (linguistisch) formuliertem Wissen (Sprachebene des Menschen) in Werte, die durch unscharfe Mengen auf einer numerischen Skala definiert sind (Sprachebene des Computers). Formal ist somit eine (inhaltliche) Brückenfunktion zwischen menschlichem Wissen und einer maschinenmäßigen Darstellung geschaffen (GRAUL 1995).

Durch den Einsatz eines Fuzzy-Logic basierten Expertensystems ist die Integration des Wissens zahlreicher Experten bei der Regelerstellung gewährleistet. Durch diese Vorgangsweise können wildökologische Sachverhalte und die daraus resultierenden Raumansprüche definiert werden und so objektivierbare Planungsgrundlagen geschaffen werden.

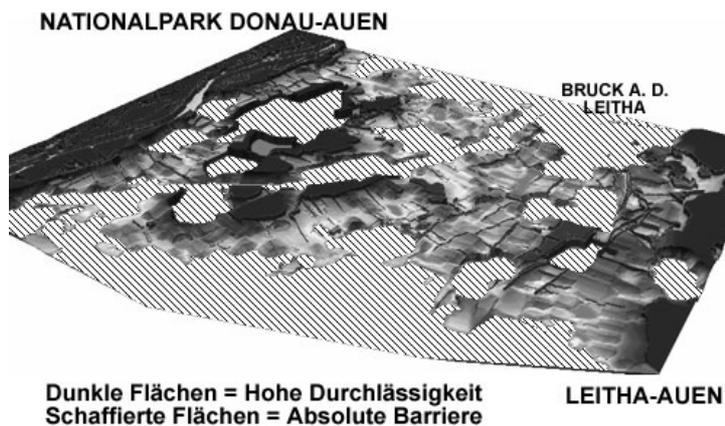


Abb. 4: Visualisierung der Ergebnisse der Schwellwertbestimmung

## 5 Ergebnisse

Anhand des Widerstandsmodells können

- Gebiete ausgewiesen werden, in denen die Lebensraumvernetzung stark beeinträchtigt bzw. die Migrationsachse für die im Projekt gewählten Zieltierarten unterbrochen ist.
- Zonen unterschiedlicher Durchlässigkeit bzw. die wahrscheinlichste Migrationsachse im Untersuchungsgebiet errechnet werden.

Zur Feststellung des Schwellenwertes ab dem der Wechsel des Rotwildes eingeschränkt bzw. unterbunden wird, wurden die Ergebnisse des Widerstandsmodells mit einer im Rahmen des Projektes durchgeführten Fährtenkartierungen verschnitten. Durch die Verschneidung wurde ein Schwellwert von kleiner 0.5 definiert, ab dem die Migration des Rotwildes stark eingeschränkt bzw. gänzlich unterbunden ist.

In Gebieten, die einen Durchlässigkeitswert kleiner 0.5 aufweisen, konnte kein Rotwildnachweis erbracht werden. Zwölf der vierzehn Beobachtungen liegen in einem Wertebereich zwischen 1 und 0.6, die restlichen zwei Nachweise liegen bei Werten zwischen 0.5 und 0.6. Wie aus der Abbildung ersichtlich, ist die Bewegungsachse zwischen den Donau-Auen im Norden und den Leitha-Auen im Süden unterbrochen. Jene Flächen die einen Durchlässigkeitswert kleiner 0.5 aufweisen sind in Abbildung 4 als schraffierte Flächen dargestellt und stellen schwer bzw. nicht überwindbare barrierewirksame Landschaftsteile dar.

Für diese Berechnung der wahrscheinlichste Bewegungsachse wurden die im ArcInfo zur Verfügung stehenden Cost-Distance-Functions verwendet. Das beste Resultat liefert hierbei die ArcInfo-Funktion "Corridor". Das Ergebnisbild zeigt Zonen unterschiedlicher Durchlässigkeit. Die Evaluierung des Ergebnisbildes erfolgte anhand von Fährtenkartierungen. Sieben der vierzehn Rotwildnachweise liegen in der Durchlässigkeitszone 1, vier in der Durchlässigkeitszone 2, zwei in der Durchlässigkeitszone 3 und einer in der Durchlässigkeitszone 4. In den restlichen Durchlässigkeitszonen (insgesamt wurden 10 ausgewiesen) konnten keine Nachweise erbracht werden.



Abb. 5: Berechnung der wahrscheinlichsten Bewegungsachse

## 6 Planungsstrategien und Umsetzungskonzepte – Das Konzept "Überregionales Grünraumsystem Ostregion"

Im Rahmen der vorliegenden Bearbeitung wurde ein Szenario angedacht, welches über das reine Konzept der "Wildökologischen Korridore" hinausgeht. Unter dem (vorläufigen) Titel "Überregionales Grünraumsystem Ostregion – Landschaftskorridore als multifunktionales Netzwerk von Grünstrukturen" wird ein Leitbild skizziert, welchem das nachhaltige wirksame Zusammenspiel verschiedener Nutzungsansprüche zugrunde liegt. Die skizzierte Projektidee, welche im Rahmen einer Diskussionsveranstaltung der Nationalparkverwaltung Donau-Auen entstanden ist<sup>1</sup>, versteht sich in diesem Zusammenhang als ein wesentlicher Beitrag zur Entwicklung, Planung und Umsetzung des o.a. Leitbildes.

<sup>1</sup> Das o.a. Konzept eines "Überregionalen Grünraumsystems Ostregion" wurde im Rahmen von Fachgesprächen mit Vertretern des Naturschutzes, der Raumplanung, der Veterinärmedizin, der Nationalparkverwaltung und verschiedenen NGO's diskutiert und ein Arbeitskreis konstituiert, der sich mit den Möglichkeiten einer Umsetzung dieser Vorstellungen befassen soll. Am 19.03.2001 fand in Groß-Enzersdorf auf Einladung der Nationalparkverwaltung Donau-Auen ein Arbeitsgespräch zum Thema "Lebensraumvernetzung im Umfeld des Nationalparks Donau-Auen aus wildökologischer Sicht" statt. Im Rahmen der Vorstellung unseres Forschungsprojektes wurden unsererseits erstmals der Gedanke eines multifunktionalen Grünraumsystems andiskutiert. Am 20.11.2001 fand die o.a. Veranstaltung eine Fortsetzung. Bei dieser 2. Informationsveranstaltung der Nationalparkverwaltung waren auch Vertreter der Raumplanung der Länder Niederösterreich und Wien beteiligt. In diesem interdisziplinär besetzten Gremium war ein Diskussionssschwerpunkt die Idee des überregionalen Grünraumsystems Ostregion".

Übergeordnete Ziele sind:

- Vernetzung bzw. Verbindung bestehender naturnaher Landschaftsräume und -strukturen
- Verbesserung der Migrationsmöglichkeiten insbesondere von Tierarten und -gruppen;
- Sicherung natürlicher Ressourcen – beispielsweise im Sinne langfristiger nachhaltiger Landbewirtschaftung – und
- Verbesserung bzw. Aufwertung der Landschaftsstruktur und des Landschaftsbildes im Interesse menschlichen Lebens-, Wirtschafts- und Erholungsraumes.

Die sich daraus für die Planung und Umsetzung ergebenden Anforderungen auf großräumig – überregionaler Ebene sind:

- Schaffung eines "Überregionalen Grünsystems" aufbauend auf den Erkenntnissen des Projektes der "Wildökologischen Korridore"
- Integration in ein umfassendes, multifunktionales System von landschaftlichen Korridoren bzw. Grünräumen, d.h. nachhaltige Nutzung in Abstimmung mit den ökologischen und gestalterischen Zielsetzungen, z.B. Verbesserung der landschaftlichen Strukturvielfalt im Sinne einer Biodiversitätserhöhung, der wandernden Tierarten (z.B. entsprechend der Bonner Konvention) und der menschlichen Ansprüche (Freizeit, Erholung, Landschaftsbild, nachhaltige Land- und Waldbewirtschaftung etc.).

Zur Umsetzung dieses Leitbildes sind folgende Schritte erforderlich:

- Normative Festlegung seitens der Raumplanung und Naturschutz
- Wie bereits angeführt, reichen die Instrumentarien der Raumplanung und des Naturschutzes nur bedingt und unter bestimmten Voraussetzungen, die räumlichen, gestalterischen und funktionalen Anforderungen zur Schaffung "Wildökologischer Korridore" zu realisieren. Bezogen auf das Konzept "Überregionales Grünsystem" scheint die Einführung einer eigenen **Widmungskategorie (z.B. "Grünland – multifunktionaler Landschaftskorridor"** o.ä.) erforderlich. Die im NÖ ROG 1976 festgelegten Widmungskategorien werden dem doch sehr weit gefassten Inhalten nur teilweise und unvollständig gerecht. Die Frage der Einführung einer "neuen" (Widmungs-)Kategorie sollte diskutiert werden ebenso wie die Frage, inwieweit durch Erweiterung der Inhalte bestehender Widmungskategorien diese Vorstellungen und Entwicklungsziele normativ unterstützt werden können.
- Abstimmung der überregionalen bzw. internationalen Schutzkategorien (z.B. Bonner Konvention, Natura 2000 u.a.)
- Verbindliche Managementpläne (ähnlich wie für Natura 2000-Gebiete)
- Spezielle Förderungs- und Finanzierungsschienen
- Regionale Landschafts (-pflege-) pläne
- Nachhaltige Nutzung in Abstimmung mit den ökologischen und gestalterischen Zielsetzungen, z.B. Verbesserung der landschaftlichen Strukturvielfalt im Sinne einer Biodiversitätserhöhung, der wandernden Tierarten (Bonner Konvention) und der menschlichen Ansprüche (Freizeit, Erholung, Landschaftsbild)
- Längerfristige Umstellung auf nachhaltige Landbewirtschaftung

Die durch die Landwirtschaft und andere Nutzungen – vor allem Verkehrsbänder – stark fragmentierte Landschaft der "Ostregion"

erfüllt heute in weiten Teilen die Habitatansprüche vieler Tier und Pflanzenarten nicht oder kaum mehr. Dabei ist der "Störungsgrad" durch die Fragmentierung je nach Art unterschiedlich zu sehen. Eine Verbesserung der Lebensraumvernetzungen wird für die untersuchten Wildarten anders aussehen als z.B. für weniger mobile Arten (Arten mit geringerem Aktionsradius).

Aufgrund der Nähe zur Großstadt Wien ist auch – im Sinne der zitierten Multifunktionalität – die Frage des Landschaftsbildes, der "landschaftlichen Identität" anzusprechen.

Auch wenn mit dem Ansatz der multifunktionalen Grünräume vor allem im Zusammenhang mit der Umsetzung große Probleme verbunden sind (Flächenverfügbarkeit, geplante Nutzungen, Umstellungen in der Landwirtschaft etc.), sehen die Verfasser darin eine große Chance.

## 7 Publikationen, Präsentationen und abgehaltene Lehrveranstaltungen im Rahmen des Projektes

### 7.1 Forschungsbericht, Expertengutachten

(externe Auftraggeber)

GRILLMAYER, R., SCHACHT, H., SCHNEIDER, W., VÖLK, F., WÖSS, M., 2002: Entwicklung von fernerkundungsgestützten Methoden zur Erfassung und wildökologischen Bewertung von Korridoren, insbesondere Gehölzstrukturen in der Agrarlandschaft, als Grundlage landschaftsplanerisch – naturschutzfachlicher Planungen. Forschungsprojekt "Wildökologische Korridore"; Endbericht, IVFL, IWJ, 75 S. + Anhang (50 S)

### 7.2 Publierte Beiträge für wissenschaftliche Veranstaltung

GRILLMAYER, R. 2002. Landscape Structure Model. Beitrag zur EnviroInfo 2002. September 27–29, Wien 2002 (in Druck)

GRILLMAYER, R., WÖSS, M., SCHACHT, H., VÖLK, F., 2001: Baulandverteilung und Hauptverkehrsachsen als Barrieren für große Säugetiere. In: Umweltbundesamt (Hrsg.): Versiegelt Österreich? Flächenverbrauch und seine Eignung als Indikator für Umweltbeeinträchtigungen. In: Tagungsbericht des Umweltbundesamt Wien, 15. März 2001, Wien, Band 30, p. 63–72

GRILLMAYER R., WÖSS M., SCHACHT H., 2002: Fuzzy Logic basiertes Durchlässigkeitsmodell zur Analyse der Habitatvernetzung von Rotwild. In: Strobl, J., Blaschke, Th., Griesebner, G. (Hrsg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XVI: Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg 2002, 4.6.2002, Salzburg. Wichmann Verlag, Heidelberg. (in Druck)

GLITZNER, I., SCHACHT, H., SCHNEIDER, W., VÖLK, F., WÖSS, M., 2000: Kartierung vernetzter Gehölz-Korridore als Mobilitäts-Achsen für große Säugetierarten in der Kulturlandschaft. In: Fürnkranz, D., Heiselmayer, P., Hinterstoisser, H. (Hrsg.): Biotopkartierung in Bergregionen-Tagungsband, Universität Salzburg, Land Salzburg, Salzburg

WOESS, M., GRILLMAYER R., 2002: Migration corridors for wildlife – another network of mobility. Beitrag zum Symposium "Networks for mobility", International symposium on

mobility research and transportation strategy, 18.–20. Sept. Stuttgart 2002 (in Druck)

WOESS, M., GLITZNER, I., VOELK, F.H., 2001: Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure in Austria. Preservation of Migration Corridors for Wildlife in Cultural Landscapes. In: Lincoln University, New Zealand (Ed.): Proc., "International Ecological Engineering Conference", Nov. 2001, Lincoln University, Canterbury New Zealand, CD-ROM, 79

WOESS, M., VOELK, F.H., GRILLMAYER, R., 2001: Wildlife Management – Resource Management. In: IUGB (Ed.): XXVth Intern. Congress of the Intern. Union of Game Biologists, "Wildlife Management in the 21st century", 3.–7. Sept. 2001, Cyprus, Abstracts, 14

### 7.3 Hochschulschriften

HOFFMANN C., 2001: Gewinnung von Information über wildökologische Korridore aus Fernerkundungsdaten. Diplomarbeit am Institut für Vermessung, Fernerkundung und Landinformation, Universität für Bodenkultur Wien

### 7.4 Nichtpublizierte Vorträge

GRILLMAYER, R., 2001: Räumliches Widerstandsmodell zur Beurteilung der Migration von waldbundenen Tierarten. Fachtagung "GIS im Natur- und Umweltschutz", Schneverdingen, BRD, Alfred Toepfer Akademie, 26. September

SCHACHT H., GRILLMAYER R., 2001: Wildökologische Korridore. Diskussionsrund des Nationalpark Donau Auen zum Thema: "Lebensraumvernetzung im Umfeld des Nationalpark Donau-Auen aus "wildökologischer Sicht", 19. März 2001, Groß-Enzersdorf

SCHACHT H., WÖSS M., 2001: Wildökologische Korridore: Informations- und Diskussionsveranstaltung des Nationalpark Donau-Auen zum Thema: "Lebensraumvernetzung im Umfeld des Nationalpark Donau-Auen aus wildökologischer Sicht", 20. November 2001, Groß-Enzersdorf

### 7.5 Populärwissenschaftlicher Beitrag

WÖSS, M., WOLF, J., 2002: Der Alpen-Karpaten-Korridor. G's-tett, 3–6

### 7.6 Internetpublikationen

RATHMAYR, E., GRILLMAYER, R., WÖSS, M., SCHACHT, H., 2002: Wildökologische Korridore. <http://ivflserver.boku.ac.at/woek>. Letztes update 21.08.2002

### 7.7 Abgehaltene Lehrveranstaltungen im Rahmen des Forschungsprojektes

WS2000 und SS2001: LVA 720.400 "Übungen zu Landschaftspflege und Naturschutz"

SS2001 und WS2001: LVA 720.686 und LVA 720.035 "Vertiefungsprojekte"

### 7.8 Beurteilung der durch das Projekt entstandenen Synergieeffekte

Folgende Projektanträge wurden in weiterer Folge eingereicht:

- *Winterliche Habitatwahl ausgewählter Tierarten in alpinen Hochlagen unter touristischen und jagdlichen Einflüssen. Pilotstudie in den Wiener Hausbergen Rax und Schneealpe.*

Eingereicht beim Jubiläumsfond der Stadt Wien für die Österreichische Akademie der Wissenschaften.

Projektpartner: Institut für Wildbiologie und Jagdwirtschaft der Universität für Bodenkultur Wien; Institut für Vermessung, Fernerkundung und Landinformation der Universität für Bodenkultur Wien; Institut für Freiraumgestaltung und Landschaftspflege der Universität für Bodenkultur Wien.

Status: Wurde aufgrund der im heurigen Jahr begrenzten finanziellen Mittel abgelehnt.

- *The Use of Forward Looking Infrared (FLIR) for Estimating Size and Distribution of Wild Ungulate Populations in Broad-leaved Forests*

Eingereicht beim Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (FWF)

Projektpartner: Institut für Wildtierbiologie, Veterinärmedizinische Universität Wien; Institut für Vermessung, Fernerkundung und Landinformation der Universität für Bodenkultur Wien.

Status: Derzeit in der Einreichphase.

### Literatur

FORMAN R.T.T. 1995: Land Mosaics. The ecology of Landscapes and regions. Cambridge University Press

FORMAN R.T.T. AND GODRON M. 1986: Landscape ecology. John Wiley, New York

GRAUL, A. 1995: Fuzzy-Logic: Einführung in die Grundlagen mit Anwendungen. BI – Wissenschaftsverlag, Mannheim

HOFFMANN, C. 2001. Gewinnung von Information über wildökologische Korridore aus Fernerkundungsdaten. Diplomarbeit. Universität für Bodenkultur Wien, Wien

JONGMAN R.H.G. AND SMITH D. 2000: The European Experience: From Site Protection to Ecological Networks. S 157–182. In: Sanderson J. and Harris L.D. (Editors) 2000: Landscape ecology. A Top-Down Approach. CRC Press LLC, Lewis Publishers. 246 Seiten

KUBES J. 1996: Biocentres and corridors in a cultural landscape. A critical assessment of the "territorial system of ecological stability". Landscape and Urban Planning 35; 231–240

NOSS R.F. 1993: (Review of) Nature conservation 2: the role of corridors. J. Wildl. Management 57 (1); 191–192

SOULE M.E. and GILPIN M.E. 1991: The theory of wildlife corridor capability. In: Saunders D.A. and Hobbs R.J. 1991 (Editors): Nature Conservation 2: The role of corridors. Surrey Beatty and Sons, Chipping Norton, Australia

VÖLK F., GLITZNER I., WOESS M. 2001: Kostenreduktion bei Grünbrücken durch deren rationellen Einsatz. Kriterien – Indikatoren – Mindeststandards. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. Straßenforschung Heft 513. Wien. 211 Seiten

VÖLK F., KALIVODOVA E. 2000: Wildtier-Korridor Alpen-Karpaten. Slowakischer Teilbereich: Staatsgrenze Österreich bis östlich der Autobahn E 65. Schlussbericht des Projektes Nr. 29s17 der Aktion Österreich-Slowakei. Institut für Wildbiologie und Jagdwirtschaft der Universität für Bodenkultur Wien und Institut für Landschaftsplanung der Slowakischen Akademie der Wissenschaften Bratislava. 42 Seiten + Anhang

# Anhang

BOKU-Forschungsservice  
BOKU-Forschungsdatenbank  
Institutsliste



## BOKU-Forschungsservice

Startseite BOKU-Forschungsservice:  
<http://www.boku.ac.at/research>



Das **Vizektorat für Forschung / BOKU-Forschungsservice** wurde 1996 mit der Implementierung des UOG'93 eingerichtet. Es umfaßt im wesentlichen zwei Bereiche, zum einen die Forschungsdokumentation (bokuDOK) mit Anbindung ins www ([http://hal.boku.ac.at/research/research\\_database.search](http://hal.boku.ac.at/research/research_database.search)) sowie den Forschungsservice im engeren Sinn.

Der **BOKU-Forschungsservice** bietet für alle BOKU-Forscher (Bundesbedienstete und Drittmittelpersonal), die BOKU-Verwaltung, Bund und Länder, nationale und internationale Forschungsinstitutionen, Entscheidungsträgern sowie auch der interessierten Öffentlichkeit einen umfassenden Service in folgenden Bereichen an:

**BOKU-Forschungsdokumentation** - Information zu BOKU-Forschern und Instituten, Projekten und Publikationen kann via www abgerufen werden.

**Informationen zu Forschungsfinanzierung** auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene, z.B. EU-Rahmenprogramm für Forschung, Technologie und Entwicklung, Finanzierungsaktionen der diversen DGs der Europäischen Kommission, Finanzierungsprogramme des Bundes (z.B. Ministerien, FWF, ÖAW) usw.

**Blackboard** listet EU-Ausschreibungen und Informationen, Konferenzen, Dokumente der EU und des Bundes, wissenschaftliche Stellenausschreibungen usw. auf.

**bokuFORSCHUNG newsletter** erscheint 5-mal im Jahr und enthält aktuelle Informationen zu nationalen und europäischen Forschungsausschreibungen, zu aktuellen BOKU-Forschungsprojekten, Interna zur Forschungsdokumentation usw. Seit Juli 2000 können sämtliche Ausgaben auch via www: <http://www.boku.ac.at/research/rso.html> geladen und ausgedruckt werden.

**Links** zu österreichischen Universitäten, nationalen, europäischen und internationalen Forschungseinrichtungen, Einrichtungen der Europäischen Kommission, Forschungsdatenbanken und Informationsnetzwerken werden angeboten.

Informationen und Kontaktadressen zum **Team**.



## BOKU-Forschungsdatenbank

Startseite BOKU-Forschungsdatenbank bokuDOK:  
[http://hal.boku.ac.at/research/research\\_database.search](http://hal.boku.ac.at/research/research_database.search)



Das Projekt "**BOKU-Forschungsdatenbank**" wurde kurz nach der Einrichtung des Vizerektorats für Forschung / BOKU-Forschungsservice gestartet und wird ständig um neue Features erweitert. Ausschlaggebend war der Wunsch des Bundesministeriums für Wissenschaft, durch den Aufbau von Forschungsdatenbanken an den österreichischen Universitäten, jährlich Daten zur Forschungsleistung für forschungspolitische Fragestellungen zu erhalten. Der BOKU-Forschungsservice hat diese Oracle-Datenbank von Anfang an mit einer Anbindung an das Internet konzipiert, um den BOKU-Wissenschaftlern die Erfassung der Forschungsleistung durch eine gleichzeitige Präsentation der Forschungsleistung des Instituts bzw. des Wissenschaftlers (Institutsprofile, Wissenschaftlerprofile) möglich zu machen.

Die an der BOKU-Forschung und an ausgewählten Projekten oder Publikationen interessierte Öffentlichkeit, aber auch nationale und internationale Wissenschaftler (z.B. zwecks Partnersuche), können die **BOKU-Forschungsdokumentation** wahlweise in Deutsch oder Englisch nutzen.

Aktuell werden folgende Suchmöglichkeiten angeboten: nach **Wissenschaftlern, Instituten, Publikationen, Projekten, Forschungsbereichen, Partnern und Sponsoren**. Eine Volltextsuche kann derzeit noch nicht durchgeführt werden, jedoch soll dieser Service mittelfristig angeboten werden.

### ad **Wissenschaftler und Institute**

User erhalten Informationen zum Mission Statement, den Zielen und den Dienstleistungen des Instituts, aber auch zum Werdegang, zu wissenschaftlichen Mitgliedschaften, zu Forschungsbereichen und natürlich zu den **Projekten** und **Publikationen**. Letztere betreffend gibt es auch das Feature "**Request for Reprints**". Dieser Service gibt externen Wissenschaftlern oder Studenten via www die Möglichkeit, Anfragen direkt an den BOKU-Wissenschaftler zwecks Übermittlung ausgewählter, publizierter Forschungsergebnisse zu stellen.

### ad **Projekte**

Diese Abfrage kann in drei verschiedenen Formen durchgeführt werden. Projekte können nach dem "Titel", dem "Programm" oder dem "Schlagwort" gesucht werden. Suchen nach dem Programm sind vor allem dann sinnvoll, wenn der User einschlägige Programme, z.B. der Europäischen Kommission (EU-Rahmenprogramm für FTE, z.B. "Quality of Life and Management of Living Resources", "Growth" usw.) kennt. Zusätzlich kann die Abfrage nach laufenden oder abgeschlossenen Projekten ausgerichtet werden.

**ad Forschungsbereiche**

Sämtliche Projekte müssen mit Hilfe der Klassifikation "Statistik Austria" beschlagwortet werden. Aber auch Wissenschaftler und Institute nützen diese Klassifikation, indem sie ihre Fachkenntnisse oder Fachdisziplinen mit dieser Klassifikation definieren. Dadurch ist es für den User möglich, Abfragen nach Fachbereichen mit Hilfe der Statistik Austria (und auch dem Schlagwort-Katalog) für Projekte, Wissenschaftler oder Institute durchzuführen.

**ad Partner und Sponsoren**

Diese Abfrage liefert zum einen jene BOKU-, aber auch nationalen und internationalen Partner, mit denen ein BOKU-Wissenschaftler / -Institut im Rahmen eines Forschungsprojektes kooperiert, zum anderen die nationalen, europäischen und internationalen Geldgeber eines Forschungsprojektes.

## Institute

**Institutsnummer** H255  
**Institut** Interuniversitäres Forschungsinstitut für Agrarbiotechnologie  
**Abteilung** Abteilung Analytikzentrum  
**Straße** Konrad Lorenz-Straße 20  
**Postleitzahl** A-3430  
**Stadt** Tulln  
**Telefon** +43-2272-66280-402  
**Telefax** +43-2272-66280-403  
**Email** hoermann@ifa-tulln.ac.at  
**Url** [http://ifa-tulln.boku.ac.at/AZ/AZ\\_HOME.HTM](http://ifa-tulln.boku.ac.at/AZ/AZ_HOME.HTM)

**Institutsnummer** H255  
**Institut** Interuniversitäres Forschungsinstitut für Agrarbiotechnologie  
**Abteilung** Abteilung für Biotechnologie in der Pflanzenproduktion  
**Straße** Konrad Lorenz-Straße 20  
**Postleitzahl** A-3430  
**Stadt** Tulln  
**Telefon** +43-2272-66280-201  
**Telefax** +43-2272-66280-203  
**Email** officebp@ifa-tulln.ac.at  
**Url** <http://ifa-tulln.boku.ac.at/BP/INDEX-BP.HTM>

**Institutsnummer** H255  
**Institut** Interuniversitäres Forschungsinstitut für Agrarbiotechnologie  
**Abteilung** Abteilung für Biotechnologie in der Tierproduktion  
**Straße** Konrad Lorenz-Straße 20  
**Postleitzahl** A-3430  
**Stadt** Tulln  
**Telefon** +43-2272-66280-602  
**Telefax** +43-2272-66280-603  
**Email** BT-lager@ifa-tulln.ac.at  
**Url** [http://ifa-tulln.boku.ac.at/BT/BT\\_HOME.HTM](http://ifa-tulln.boku.ac.at/BT/BT_HOME.HTM)

**Institutsnummer** H255  
**Institut** Interuniversitäres Forschungsinstitut für Agrarbiotechnologie  
**Abteilung** Abteilung für Naturstoff- und Verpackungstechnologie  
**Straße** Konrad Lorenz-Straße 20  
**Postleitzahl** A-3430  
**Stadt** Tulln  
**Telefon** +43-2272-66280-302  
**Telefax** +43-2272-66280-303  
**Email** officevt@ifa-tulln.ac.at  
**Url** [http://ifa-tulln.boku.ac.at/VT/VT\\_HOME.HTM](http://ifa-tulln.boku.ac.at/VT/VT_HOME.HTM)

**Institutsnummer** H255  
**Institut** Interuniversitäres Forschungsinstitut für Agrarbiotechnologie  
**Abteilung** Abteilung für Umweltbiotechnologie  
**Straße** Konrad Lorenz-Straße 20  
**Postleitzahl** A-3430  
**Stadt** Tulln  
**Telefon** +43-2272-66280-501  
**Telefax** +43-2272-66280-503  
**Email** marian@ifa-tulln.ac.at  
**Url** <http://www.ifa-tulln.ac.at/UT/deutsch/ut01d.htm>

**Institutsnummer** H310  
**Institut** Institut für Bodenforschung  
**Straße** Gregor Mendel-Straße 33  
**Postleitzahl** A-1180  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-3100  
**Telefax** +43-1-4789110  
**Email** iuss@edv1.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/boden/>

**Institutsnummer** H315  
**Institut** Institut für Botanik  
**Straße** Gregor Mendel-Straße 33  
**Postleitzahl** A-1180  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-3150  
**Telefax** +43-1-47654-3180  
**Email** bernhard@edv1.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/botanik/>

**Institutsnummer** H320  
**Institut** Institut für Zoologie  
**Straße** Gregor Mendel-Straße 33  
**Postleitzahl** A-1180  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-3200  
**Telefax** +43-1-47654-3203  
**Email** zitta@edv1.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/zoology/>

**Institutsnummer** H325  
**Institut** Institut für Nutztierwissenschaften  
**Abteilung** Abteilung für Populationsgenetik  
**Straße** Gregor Mendel-Straße 33  
**Postleitzahl** A-1180  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-3271  
**Telefax** +43-1-47654-3254  
**Email** soelkner@mail.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/nuwi/>

**Institutsnummer** H325  
**Institut** Institut für Nutztierwissenschaften  
**Abteilung** Abteilung für Tierernährung  
**Straße** Gregor Mendel-Straße 33  
**Postleitzahl** A-1180  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-3281  
**Telefax** +43-1-47654-3254  
**Email** zoll@edv1.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/nuwi/>

**Institutsnummer** H325  
**Institut** Institut für Nutztierwissenschaften  
**Abteilung** Abteilung für Tierhaltung  
**Straße** Gregor Mendel-Straße 33  
**Postleitzahl** A-1180  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-3264  
**Telefax** +43-1-47654-3254  
**Email** konrad@edv1.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/nuwi/>

**Institutsnummer** H325  
**Institut** Institut für Nutztierwissenschaften  
**Abteilung** Abteilung für Tierzucht  
**Straße** Gregor Mendel-Straße 33  
**Postleitzahl** A-1180  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-3261  
**Telefax** +43-1-47654-3254  
**Email** gretzel@edv1.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/nuwi/>

**Institutsnummer** H330  
**Institut** Institut für Pflanzenbau und  
Pflanzenzüchtung  
**Straße** Gregor Mendel-Straße 33  
**Postleitzahl** A-1180  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-3300  
**Telefax** +43-1-47654-3342  
**Email** rosskopf@edv1.boku.ac.at  
**Url** <http://ipp.boku.ac.at>

**Institutsnummer** H335  
**Institut** Institut für Pflanzenschutz  
**Straße** Peter Jordan-Straße 82  
**Postleitzahl** A-1190  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-3350  
**Telefax** +43-1-47654-3359  
**Email** incom335@edv1.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/pflschutz/>

**Institutsnummer** H340  
**Institut** Institut für Obst- und Gartenbau  
**Abteilung** Arbeitsbereich Gartenbau  
**Straße** Peter Jordan-Straße 82  
**Postleitzahl** A-1190  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654/3420  
**Telefax** +43-1-47654/3449  
**Email** nussbaumer@mail.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/iog>

**Institutsnummer** H340  
**Institut** Institut für Obst- und Gartenbau  
**Abteilung** Arbeitsbereich Obstbau  
**Straße** Peter Jordan-Straße 82  
**Postleitzahl** A-1190  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-3400  
**Telefax** +43-1-47654-3449  
**Email** sima@edv1.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/iog>

**Institutsnummer** H350  
**Institut** Institut für Land-, Umwelt- und  
Energietechnik  
**Abteilung** Abteilung für Energietechnik  
**Straße** Nußdorfer Lände 29  
**Postleitzahl** A-1190  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-3189877-52  
**Telefax** +43-1-3189877-28  
**Email** fischer@edv2.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/iluet/start350.htm>

**Institutsnummer** H350  
**Institut** Institut für Land-, Umwelt- und  
Energietechnik  
**Abteilung** Abteilung für landwirtschaftliche  
Verfahrenstechnik  
**Straße** Nußdorfer Lände 29  
**Postleitzahl** A-1190  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-3189877-90  
**Telefax** +43-1-3189877-27  
**Email** boxberger@mail.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/iluet/lt.htm>

**Institutsnummer** H350  
**Institut** Institut für Land-, Umwelt- und  
Energietechnik  
**Abteilung** Abteilung für thermische Verfahrenstechnik  
**Straße** Nußdorfer Lände 29  
**Postleitzahl** A-1190  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-3189877-90  
**Telefax** +43-1-3189877-28  
**Email** zaussinger@mail.boku.ac.at  
**Url (Institut)** <http://www.boku.ac.at/iluet/vt/indexvt-de.htm>

**Institutsnummer** H355  
**Institut** Institut für Agrarökonomik  
**Abteilung** Arbeitsgruppe Agrarmarketing  
**Straße** Borkowskigasse 5  
**Postleitzahl** A-1190  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-3560  
**Telefax** +43-1-47654-3562  
**Email** rathmayr@edv1.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/iao/am/am.html>

**Institutsnummer** H355  
**Institut** Institut für Agrarökonomik  
**Abteilung** Arbeitsgruppe Betriebswirtschaft  
**Straße** Borkowskigasse 5  
**Postleitzahl** A-1190  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-3550  
**Telefax** +43-1-47654-3592  
**Email** widmann@edv1.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/iao/lbwl/lbwl.html>

**Institutsnummer** H355  
**Institut** Institut für Agrarökonomik  
**Abteilung** Arbeitsgruppe Regionalplanung  
**Straße** Borkowskigasse 5  
**Postleitzahl** A-1190  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-3550  
**Telefax** +43-1-47654-3592  
**Email** widmann@edv1.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/iao/>

**Institutsnummer** H365  
**Institut** Institut für Wirtschaft, Politik und Recht  
**Straße** Gregor Mendel-Straße 33  
**Postleitzahl** A-1180  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-3670  
**Telefax** +43-1-47654-3692  
**Email** h365t4@edv1.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/wpr/>

**Institutsnummer** H375  
**Institut** Institut für ökologischen Landbau  
**Straße** Gregor Mendel-Straße 33  
**Postleitzahl** A-1180  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-3750  
**Telefax** +43-1-47654-3792  
**Email** bioland@edv1.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/oekoland>

**Institutsnummer** H405  
**Institut** Institut für Waldbau  
**Straße** Peter Jordan-Straße 70  
**Postleitzahl** A-1190  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-4050  
**Telefax** +43-1-47654-4092  
**Email** fuker@edv1.boku.ac.at  
**Url** <http://waldbau.boku.ac.at>

**Institutsnummer** H410  
**Institut** Institut für Waldökologie  
**Straße** Peter Jordan-Straße 82  
**Postleitzahl** A-1190  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-4100  
**Telefax** +43-1-4797896  
**Email** horwath@woek.boku.ac.at  
**Url** <http://ftp-waldoek.boku.ac.at/>

**Institutsnummer** H415  
**Institut** Institut für Forstentomologie,  
Forstpathologie und Forstschutz  
**Straße** Hasenauerstraße 38  
**Postleitzahl** A-1190  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-3686352-23  
**Telefax** +43-1-3686352-97  
**Email** forstschutz@ento.boku.ac.at  
**Url** <http://IFFF.boku.ac.at>

**Institutsnummer** H420  
**Institut** Institut für Waldwachstumsforschung  
**Straße** Peter Jordan-Straße 82  
**Postleitzahl** A-1190  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-4200  
**Telefax** +43-1-47654-4242  
**Email** instwafo@edv1.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/wafo/>

**Institutsnummer** H425  
**Institut** Institut für Holzforschung  
**Straße** Gregor Mendel-Straße 33  
**Postleitzahl** A-1180  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-4250  
**Telefax** +43-1-47654-4295  
**Email** h425p6@edv1.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/holzforschung/>

**Institutsnummer** H430  
**Institut** Institut für alpine Naturgefahren und forstliches Ingenieurwesen  
**Abteilung** Arbeitsbereich Forsttechnik  
**Straße** Peter Jordan-Straße 70  
**Postleitzahl** A-1190  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-4300  
**Telefax** +43-1-47654-4342  
**Email** stanzer@edv1.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/forst/>

**Institutsnummer** H430  
**Institut** Institut für alpine Naturgefahren und forstliches Ingenieurwesen  
**Abteilung** Arbeitsbereich Wildbach- und Lawinenschutz  
**Straße** Peter Jordan-Straße 82  
**Postleitzahl** A-1190  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-4350  
**Telefax** +43-1-47654-4390  
**Email** kick@edv1.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/wls/>

**Institutsnummer** H440  
**Institut** Institut für Sozioökonomik der Forst- und Holzwirtschaft  
**Abteilung** Arbeitsbereich Betriebswirtschaftslehre und Forsteinrichtung  
**Straße** Gregor Mendel-Straße 33  
**Postleitzahl** A-1180  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-4410  
**Telefax** +43-1-47654-4417  
**Email** h440t7@edv1.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/sfh/>

**Institutsnummer** H440  
**Institut** Institut für Sozioökonomik der Forst- und Holzwirtschaft  
**Abteilung** Arbeitsbereich Forst- und Holzwirtschaftspolitik  
**Straße** Gregor Mendel-Straße 33  
**Postleitzahl** A-1180  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-4400  
**Telefax** +43-1-47654-4407  
**Email** h440t7@edv1.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/sfh/sfh.htm>

**Institutsnummer** H440  
**Institut** Institut für Sozioökonomik der Forst- und Holzwirtschaft  
**Abteilung** Arbeitsbereich Rechnungswesen der Forst- und Holzwirtschaft  
**Straße** Gregor Mendel-Straße 33  
**Postleitzahl** A-1180  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-4420  
**Telefax** +43-1-47654-4429  
**Email** Abtrwfh@edv1.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/rwfh/>

**Institutsnummer** H445  
**Institut** Institut für Wildbiologie und Jagdwirtschaft  
**Straße** Peter Jordan-Straße 76  
**Postleitzahl** A-1190  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-4450  
**Telefax** +43-1-47654-4459  
**Email** iwj@edv1.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/iwj>

**Institutsnummer** H450  
**Institut** Zentrum für Umwelt- und Naturschutz  
**Straße** Gregor Mendel-Straße 33  
**Postleitzahl** A-1180  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-4500  
**Telefax** +43-1-47654-4504  
**Email** h230p2@edv1.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/zun/>

**Institutsnummer** H505  
**Institut** Institut für Mathematik und angewandte Statistik  
**Abteilung** Bereich angewandte Statistik und EDV  
**Straße** Max Emanuel-Straße 17  
**Postleitzahl** A-1180  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-5060  
**Telefax** +43-1-47654-5217  
**Email** strelec@mail.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/statedv>

**Institutsnummer** H505  
**Institut** Institut für Mathematik und angewandte Statistik  
**Abteilung** Bereich Mathematik  
**Straße** Borkowskigasse, Baracke 4  
**Postleitzahl** A-1190  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-5050  
**Telefax** +43-1-47654-5092  
**Email** felix@edv1.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/math/>

**Institutsnummer** H510  
**Institut** Institut für Vermessung, Fernerkundung und Landinformation (IVFL)  
**Straße** Peter Jordan-Straße 82  
**Postleitzahl** A-1190  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-5100  
**Telefax** +43-1-47654-5142  
**Email** ivfl@boku.ac.at  
**Url** <http://ivflserver.boku.ac.at>

**Institutsnummer** H510  
**Institut** Institut für Vermessung, Fernerkundung und Landinformation (IVFL)  
**Abteilung** Arbeitsbereich Geoinformationswesen  
**Straße** Peter Jordan-Straße 82  
**Postleitzahl** A-1190  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-2501  
**Telefax** +43-1-47654-2549  
**Email** hfuchs@edv1.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/bzg/>

**Institutsnummer** H515  
**Institut** Institut für Meteorologie und Physik  
**Abteilung** Arbeitsbereich Meteorologie  
**Straße** Türkenschanzstraße 18  
**Postleitzahl** A-1180  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-4705820  
**Telefax** +43-1-4705820-61  
**Email** imp@mail.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/imp/>

**Institutsnummer** H515  
**Institut** Institut für Meteorologie und Physik  
**Abteilung** Arbeitsbereich Physik  
**Straße** Türkenschanzstraße 18  
**Postleitzahl** A-1180  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-4705820  
**Telefax** +43-1-4705820-60  
**Email** imp@mail.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/imp/>

**Institutsnummer** H520  
**Institut** Institut für Wasserversorge, Gewässerökologie und Abfallwirtschaft (IWGA)  
**Abteilung** Abteilung für Abfallwirtschaft  
**Straße** Muthgasse 107  
**Postleitzahl** A-1190  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-3189900  
**Telefax** +43-1-3189900-50  
**Email** h526a6@edv2.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/abf/>

**Institutsnummer** H520  
**Institut** Institut für Wasserversorge, Gewässerökologie und Abfallwirtschaft (IWGA)  
**Abteilung** Abteilung für Hydrobiologie, Fischereiwirtschaft und Aquakultur  
**Straße** Max Emanuel-Straße 17  
**Postleitzahl** A-1180  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-5200  
**Telefax** +43-1-47654-5217  
**Email** schmutte@edv1.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/hfa/>

**Institutsnummer** H520  
**Institut** Institut für Wasserversorge, Gewässerökologie und Abfallwirtschaft (IWGA)  
**Abteilung** Abteilung für Siedlungswasserbau, Industrierewasserwirtschaft und Gewässerschutz  
**Straße** Muthgasse 18  
**Postleitzahl** A-1190  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-36006-5800  
**Telefax** +43-1-3689949  
**Email** mail@iwga-sig.boku.ac.at  
**Url** [http://iwgf-sig.boku.ac.at/sig\\_d.htm](http://iwgf-sig.boku.ac.at/sig_d.htm)

**Institutsnummer** H525  
**Institut** Institut für konstruktiven Ingenieurbau  
**Straße** Peter Jordan-Straße 82  
**Postleitzahl** A-1190  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-5250  
**Telefax** +43-1-47654-5292  
**Email** lilo@ikiserver.boku.ac.at  
**Url** <http://ikiserver.boku.ac.at/>

**Institutsnummer** H530  
**Institut** Institut für Verkehrswesen  
**Straße** Peter Jordan-Straße 82  
**Postleitzahl** A-1190  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-5300  
**Telefax** +43-1-47654-5344  
**Email** verkehr@mail.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/verkehr/>

**Institutsnummer** H535  
**Institut** Institut für Raumplanung und ländliche Neuordnung  
**Straße** Peter Jordan-Straße 82  
**Postleitzahl** A-1190  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-5350  
**Telefax** +43-1-47654-5353  
**Email** irub@mail.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/irub/>

**Institutsnummer** H540  
**Institut** Institut für angewandte Geologie  
**Straße** Peter Jordan-Straße 70  
**Postleitzahl** A-1190  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-5400  
**Telefax** +43-1-47654-5449  
**Email** geolsek@mail.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/iag/>

**Institutsnummer** H545  
**Institut** Institut für Hydraulik und landeskulturelle  
Wasserwirtschaft  
**Straße** Muthgasse 18  
**Postleitzahl** A-1190  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-36006-5450  
**Telefax** +43-1-36006-5499  
**Email** Fellner@mail.boku.ac.at  
**Url** <http://ihlww.boku.ac.at/>

**Institutsnummer** H550  
**Institut** Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie  
und konstruktiven Wasserbau (IWHW)  
**Straße** Muthgasse 18  
**Postleitzahl** A-1190  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-36006-5500  
**Telefax** +43-1-36006-5549  
**Email** iwhw@donau.boku.ac.at  
**Url** <http://iwhw.boku.ac.at/>

**Institutsnummer** H555  
**Institut** Institut für Geotechnik  
**Straße** Feistmantelstraße 4  
**Postleitzahl** A-1180  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-5550  
**Telefax** +43-1-47654-5567  
**Email** geo@edv1.boku.ac.at  
**Url** [www.boku.ac.at/geotec](http://www.boku.ac.at/geotec)

**Institutsnummer** H605  
**Institut** Institut für Chemie  
**Abteilung** Arbeitsgruppe analytische Chemie  
**Straße** Muthgasse 18  
**Postleitzahl** A-1190  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-36006-6050  
**Telefax** +43-1-36006-6059  
**Email** gstin@edv2.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/chemie/ac/wac.html>

**Institutsnummer** H605  
**Institut** Institut für Chemie  
**Abteilung** Arbeitsgruppe Biochemie A (Glycobiologie)  
**Straße** Muthgasse 18  
**Postleitzahl** A-1190  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-36006-6050  
**Telefax** +43-1-36006-6059  
**Email** faltmann@edv2.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/chemie/>

**Institutsnummer** H605  
**Institut** Institut für Chemie  
**Abteilung** Arbeitsgruppe Biochemie B  
**Straße** Muthgasse 18  
**Postleitzahl** A-1190  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-36006-6050  
**Telefax** +43-1-36006-6059  
**Email** cobinger@edv2.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/chemie/>

**Institutsnummer** H605  
**Institut** Institut für Chemie  
**Abteilung** Arbeitsgruppe organische Chemie und  
Christian Doppler Laboratory for Pulp  
Reactivity  
**Straße** Muthgasse 18  
**Postleitzahl** A-1190  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-36006-6050  
**Telefax** +43-1-36006-6059  
**Email** pkosma@edv2.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/chemie/>

**Institutsnummer** H610  
**Institut** Institut für Milchforschung und  
Bakteriologie  
**Straße** Gregor Mendel-Straße 33  
**Postleitzahl** A-1180  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-6100  
**Telefax** +43-1-4789114  
**Email** imb@boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/imb>

**Institutsnummer** H620  
**Institut** Institut für angewandte Mikrobiologie  
**Straße** Muthgasse 18  
**Postleitzahl** A-1190  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-36006-6202  
**Telefax** +43-1-3697615  
**Email** office@iam.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/iam/>

**Institutsnummer** H625  
**Institut** Institut für Lebensmitteltechnologie  
**Straße** Muthgasse 18  
**Postleitzahl** A-1190  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-36006-6250  
**Telefax** +43-1-36006-6251  
**Email** sek@edv2.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/ilmt/>

**Institutsnummer** H630  
**Institut** Zentrum für Ultrastrukturforschung  
**Straße** Gregor Mendel-Straße 33  
**Postleitzahl** A-1180  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-2200  
**Telefax** +43-1-4789112  
**Email** sleytr@edv1.boku.ac.at  
**Url** <http://boku.ac.at/zuf/>

**Institutsnummer** H635  
**Institut** Zentrum für angewandte Genetik  
**Straße** Muthgasse 18  
**Postleitzahl** A-1190  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-36006-6350  
**Telefax** +43-1-36006-6392  
**Email** Gloessler@mail.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/zag/>

**Institutsnummer** H720  
**Institut** Institut für Freiraumgestaltung und Landschaftspflege  
**Abteilung** Arbeitsbereich Freiraum  
**Straße** Peter Jordan-Straße 65  
**Postleitzahl** A-1180  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-7220  
**Telefax** +43-1-47654-7229  
**Email** fg-info@boku.ac.at  
**Url** <http://ifl.boku.ac.at/pers/struk.html>

**Institutsnummer** H720  
**Institut** Institut für Freiraumgestaltung und Landschaftspflege  
**Abteilung** Arbeitsbereich Landschaftspflege und Naturschutz  
**Straße** Peter Jordan-Straße 82  
**Postleitzahl** A-1190  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-7200  
**Telefax** +43-1-47654-7209  
**Email** lapfinfo@edv1.boku.ac.at  
**Url** <http://ifl.boku.ac.at/>

**Institutsnummer** H725  
**Institut** Institut für Landschaftsplanung und Ingenieurbiologie  
**Abteilung** Arbeitsbereich Ingenieurbiologie und Landschaftsbau  
**Straße** Hasenauerstraße 42  
**Postleitzahl** A-1190  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-3680960  
**Telefax** +43-1-3680960-24  
**Email** iblb@mail.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/iblb/lapiblb.html>

**Institutsnummer** H725  
**Institut** Institut für Landschaftsplanung und Ingenieurbiologie  
**Abteilung** Arbeitsbereich Landschaftsplanung  
**Straße** Peter Jordan-Straße 65  
**Postleitzahl** A-1190  
**Stadt** Wien  
**Telefon** +43-1-47654-7250  
**Telefax** +43-1-47654-7259  
**Email** zeisl@edv1.boku.ac.at  
**Url** <http://www.boku.ac.at/iblb/lapiblb.html>



**... und wo studierst du?**  
[www.boku4you.at](http://www.boku4you.at)



Universität für Bodenkultur Wien - Universität des Lebens. ☎ +43 1 47654 2608

