

# Programm

Donnerstag, 03. März 2005	
bis 14:00	Anreise, Check-In, Mittagessen (ab 12:00)
<b>Teil 1</b>	<b>Einführung</b>
14:00	Begrüßung & Thematische Einführung
	Boris Schröder (Uni Potsdam), Hauke Reuter (Uni Bremen), Björn Reineking (ETH Zürich)
14:30	Prozesse, Skalen und Skalierung in der Hydrologie: ein nützliches Auf und Ab?
	Erwin Zehe (Uni Potsdam)
15:00	Diskussion
<b>Teil 2</b>	<b>Skalenidentifikation</b>
15:10	Der Einfluss der Betrachtungsskala auf die Darstellung von Ausbreitungsvorgängen von Wirbellosen
	Fred Jopp (FU Berlin)
15:20	Multiple Skalen in den Fischereiwissenschaften: Geostatistische Analyse skalenabhängiger Muster
	Vanessa Stelzenmüller, Gerd-Peter Zauke (ICBM Oldenburg)
15:50	Pause
16:10	Floristische Artenvielfalt auf Grünland: Die relative Bedeutung der Landschaftsstruktur auf unterschiedlichen räumlichen Skalenebenen
	Sebastian Klimek, A. Richter gen. Kemmermann, E. Bertke, J. Isselstein (Uni Göttingen)
16:30	Kontrolle des lokalen Artenreichtums von Laufkäfern durch Einflussfaktoren auf multiplen Skalen
	Jens Dauber, Tobias Purtauf (Uni Gießen)
16:50	Do organisms function at landscape scale?
	Carsten F. Dormann, Ralf Seppelt (UFZ Leipzig)
17:10	Diskussion zu Teil 2
ab 18:00	Abendessen
ab 20:00	Sitzung des AK Theorie – Planung für Workshop '06

Freitag, 04. März 2005	
8:30	Die Bedeutung der Ökosysteme im Energiefluss des Planeten Erde
	Helmut Lieth (Osnabrück)
9:00	Diskussion
<b>Teil 3</b>	<b>Upscaling, datengeleitet</b>
9:10	Skalenproblematik von Fließgewässern im Kontext biotischer und abiotischer Aspekte
	Markus Knoflacher (ARC Seibersdorf, AU)
9:30	Angemessene Skalen und Betrachtungsebenen bei Langzeituntersuchungen von Makrophyten in Fließgewässern
	Holger Brux (IBL Umweltplanung Oldenburg)
9:50	Raumskalen ökosystemarer Dynamik in Landschaften: Berücksichtigung beim Upscaling von Daten zur Phytodiversität
	Birgit Reger, Rainer Waldhardt, Annette Otte (Uni Gießen)
10:10	Diskussion zu Teil 3
10:40	Pause
<b>Teil 4</b>	<b>Upscaling, modellgeleitet</b>
11:10	Skalierung der Umweltwirkungen von gentechnisch veränderten Pflanzen (GVP) auf die regionale Ebene
	Hauke Reuter, Broder Breckling, Gunther Schmidt & Ulrike Middelhoff (Uni Bremen)
11:30	Scale differences in parameter sensitivity and uncertainty in river water quality modelling
	Karl-Erich Lindenschmidt, Cornelia Hesse, René Wodrich (GFZ Potsdam); Helmut Guhr, Martina Baborowski (UFZ Magdeburg)
11:50	Zeitliches und hierarchisches Upscaling in ökologischen Modellen mit Hilfe von Verteilungen
	Heike Lischke (WSL Birmensdorf, CH)
12:10	Aggregationsprobleme in einem dynamischen Simulationsmodell eines planktischen Nahrungsnetzes
	Katrin Tirok (Uni Potsdam)
12:30	Diskussion zu Teil 4
ab 13:00	Mittagessen und Seespaziergang

<b>Teil 5 Multiple Skalen</b>	
15:00	Die hohe Wahrscheinlichkeit unwahrscheinlicher Ereignisse
	Henning Schröder (Uni Erlangen)
15:20	Kann die Einbeziehung multipler Skalen einen Beitrag zur Erklärung des Sukzessionsverlaufs in Braunkohlefolgelandschaften leisten?
	Birgit Felinks (UFZ Leipzig)
15:40	Die Gehölzsukzession unter Beweidungseinfluss - ein Multiskalen-Problem
	Christiane Eschenbach (Schinkel), Alexander Peringer (Uni Stuttgart)
16:00	Diskussion zu Teil 5
16:30	Pause
<b>Teil 6 Skalen in der Planung</b>	
17:00	Ordinale Skalierung von Ökodaten als Voraussetzung mehrfaktorieller ökologischer Analysen, Diagnosen, Prognosen und Planungen
	F. Wilhelm Dahmen (Mechernich)
17:20	Umgang mit räumlichen und zeitlichen Skalen in der Landschaftsplanung
	Martin Szaramowicz (Uni Potsdam)
17:40	Diskussion zu Teil 6
ab 18:00	Abendessen

<b>Samstag, 05. März 2005</b>	
<b>Teil 7 Skalenabhängige Musterbildung</b>	
9:00	Chaos, stabile Grenzzyklen und stabile Koexistenz in einem experimentellen Drei-Arten-System
	Lutz Becks (Uni Köln), Klaus Jürgens (Uni Rostock), Hartmut Arndt (Uni Köln)
9:20	Strukturbildung in aquatischen Populationen
	Horst Malchow (Uni Osnabrück)
9:40	Ausbreitungsgeschwindigkeiten biologischer Invasionen
	Frank Hilker (Uni Osnabrück)
10:00	Diskussion zu Teil 7
10:20	Pause
<b>Teil 8 Skaleninvarianzen</b>	
10:50	Empirische Ansätze für die Skalierung boden-ökologischer Prozesse
	Monika Joschko, Peter Lentzsch, Stephanie Krück (ZALF, Müncheberg)
11:10	Spatial and temporal scale invariance in forest landscapes simulated by a generic cellular automaton model
	Janine Bolliger (WSL, Birmensdorf, CH)
11:30	Diskussion zu Teil 8
12:00	Abschlussdiskussion
ab 12:30	Ende des Workshops, Mittagessen und Abreise

## Abstracts – Vorträge

### Teil 1: Thematische Einführung

#### Einleitung und Überblick

*Boris Schröder, Hauke Reuter, Björn Reineking  
Uni Potsdam, Uni Bremen, ETH Zürich*

Die Skalenabhängigkeit ökologischer Prozesse und Muster sowie ihre Analyse ist seit langem ein wichtiges Grundthema der ökologischen Forschung. Das Problem der Skalierung hat drei Komponenten: (i) direkte Messungen sind normalerweise beschränkt auf kleine Zeit- & Raumausschnitte, (ii) die wichtigsten Probleme sind auf größeren Skalen z.B. Ökosysteme und Landschaften zu lösen, aber (iii) ein direktes Upscaling scheitert, wenn Muster und Prozesse auf den kleinen Skalen sich von denen auf den größeren Skalen unterscheiden. Eine zentrale Herausforderung besteht darin, dass abiotische und biotische Faktoren über mehrere Skalen hinweg interagieren können. Dabei wirken biologische Prozesse häufig zunächst auf kleinerer Skala, zeigen also *bottom-up* Effekte, wohingegen abiotische Faktoren *top-down*, d.h. von der größeren Skala her, wirken.

Ökologische Forschungsrichtungen wie *spatial ecology*, Ökotoxikologie, Landschaftsökologie und Makroökologie haben diesen Problembereich explizit zu ihrem Forschungsgegenstand gemacht. In diesen ökologischen Teildisziplinen sowie speziell in per se „räumlichen“ Wissenschaftszweigen wie Geographie, Hydrologie oder Geostatistik usw. wurden viele Verfahren entwickelt, mit der Skalenabhängigkeit umzugehen. Dennoch stehen in der Ökologie viele Fragen im Raum, die sich z.B. auf die Identifikation der kritischen Skalen und der angemessenen Betrachtungsebenen oder auf den Umgang mit Phänomenen räumlicher Abhängigkeiten beziehen.

Ein weiterer relevanter und aktuell diskutierter Aspekt ist die ökologische Skalierung, bei der – häufig auf der Basis von Potenzgesetzen (*power laws, allometric scaling*) – ökologische Zusammenhänge über mehrere Größenordnungen hinweg betrachtet und dadurch allgemeine Gesetzmäßigkeiten gefunden werden.

Der Workshop hat das Ziel, die Entwicklungen der letzten Jahre aus den verschiedenen ökologischen Teildisziplinen und Nachbarwissenschaften nachzuzeichnen und eine kritische Bestandsaufnahme der zur Verfügung stehenden Methoden durchzuführen.

#### Die Bedeutung der Ökosysteme im Energiefluss des Planeten Erde

*Helmut Lieth  
Osnabrück*

1. Beschreibung der Diversität in geographischer Sicht (Biome-Ökosysteme – Pflanzengesellschaften – Tiergesellschaften – Mikrobengesellschaften – Skalierungsfragen.
2. Faktorenanalyse – Umweltparameter – Artenauswahl – Artenvielfalt – Flächenbezug – Energiebezug – Vergleich Land/Wasser.
3. Die Bedeutung der Biosphäre on der Erdoberfläche aus physikalischer Sicht  
Energietransport innerhalb der Ökosysteme; die Biosphäre im globalen Energietransport; Energie- und Informationsfluss.
4. Zukünftige Aufgaben für die Makroökologie – Diskussion

## Prozesse, Skalen und Skalierung in der Hydrologie: ein nützliches Auf und Ab?

Erwin Zehe

Wasser- und Stoffhaushalt – Uni Potsdam

Die Frage nach Skalen und Skalenübergängen ist in der Hydrologie ebenso zentral wie die Frage nach einem fundamentalen theoretischen Rahmen. Selbst das recht junge Gebiet des „downscaling“ zielt auf die raum-zeitliche Dissaggregation hydrometeorologischer Felder, z.B. um auf Basis simulierter Niederschlagsdaten auf 100 x 100 km Raster auf das Niederschlagsgeschehen auf einer feineren räumlichen Auflösung zu schließen. Klassische Skalierungsprobleme in der Hydrologie sind diejenigen des „upscaling“, welche wiederum eng mit Fragen der hydrologischen Prozessmodellierung verknüpft sind. Prozessmodelle zur Simulation des Wasser- und Stoffhaushalts finden seit mehr als 20 Jahren Anwendung in der Hydrologie. Auf den ersten Blick erscheint dies sehr erfolgversprechend – die Prozesse des Wasser- und Stoffhaushalts beruhen schließlich auf physikalischen Grundprinzipien wie der Energie-, Massen und Impulserhaltung oder dem Entropiesatz. Naiv betrachtet reduziert sich das Problem somit darauf, eine angemessene Formulierung dieser Grundgesetze zu finden, etwa durch Übertragung bewährter Ansätze aus dem Labormaßstab und die notwendigen Modellparameter und Eingangsdaten mit der erforderlichen raum-zeitlichen Auflösung zu messen. Dementsprechend hoch waren die Erwartungen an die Ergebnisse physikalisch basierter hydrologischer Modelle Mitte der 80er und Anfang der 90er Jahre. Mittlerweile ist diese naive Vorstellung einer nüchterneren Einschätzung gewichen. Die Ergebnisse prozessnaher Simulationen des Wasser- und Stoffhaushalts bleiben oftmals hinter den optimistischen Erwartungen der frühen achtziger Jahre zurück. Die wesentlichen Ursachen dafür liegen neben unzureichender Ansätze für Schlüsselprozesse (Flury, 1996, Weiler and McDonnel, 2004) vor allem in der Inkompatibilität von Prozess, Mess- und Modellskalen.

Zur Parametrisierung hydrologischer Prozessmodelle oder Ableitung von Aussagen auf maßnahmenrelevanten Skalen benötigt man Information über das räumliche (zeitliche) Muster von Schlüsselparametern wie der hydraulischen Leitfähigkeit, der Verteilung präferentieller Fließwege oder relevanter Zustandsgrößen wie der Bodenfeuchte. Gegenwärtig müssen diese Muster noch immer auf Basis räumlich verteilter, nicht repräsentativer Punktmessungen charakterisiert werden, da die charakteristischen räumlichen Maßstäbe hydrologischer Prozesse und Zustandsgröße meist wesentlich größer sind als die Integationsvolumina von Standardmessgeräten (Blöschl and Sivapalan, 1995, Blöschl, 1996). Wie auch immer diese räumlich verteilten Punktmessungen gewonnen werden, die Verfahren das zugrundeliegende Muster der interessierenden Feldgröße beispielsweise der Bodenfeuchte zu charakterisieren sind fast so vielfältig wie die Hydrologie selbst.

Ziel des Vortrags ist es, einen Überblick über die wichtigsten Skalierungstechniken zur räumlichen Charakterisierung der verteilten Messungen sowie zur Schätzung der räumlichen Muster auf Basis der verteilten Punktmessungen zu geben. In diesem Zusammenhang werden die Vor- und Nachteile von geostatistischen Verfahren, Fraktalen und Ähnlichkeitsanalyse diskutiert. Ausblick liegt auf dynamischer Skalierung, welche das Prozessmodell selber nutzt, um auf die raum-zeitliche Dynamik des Musters zu schließen.

## Teil 2: Skalenidentifikation

### Der Einfluss der Betrachtungsskala auf die Darstellung von Ausbreitungsvorgängen von Wirbellosen

*Fred Jopp  
Zoologie - FU Berlin*

Auf dem Boden lebende Wirbellose machen einen wesentlichen Teil der gesamten Bodenfauna aus [1]. Als bewegungsaktive Tiere, die i.a. in der Lage sind, auf pessimale Eigenschaften ihres Lebensraums mit Abwanderung in besser geeignete Habitatausschnitte zu reagieren, ist es wichtig, diese Bewegungs- bzw. Wanderungsleistungen der Tiere adäquat quantifizieren zu können. Alle komplexeren Folgeanalysen, wie z.B. Bewertungen der lokalen Ausbreitungsstrategien der Tiere, sind ganz wesentlich von der ersten, richtigen Einschätzung der Skala abhängig, innerhalb derer man die Datensätze aufnimmt und dann analysiert [2].

Datensammlungen von Bodentieren aus Freilanduntersuchungen stellen aufgrund ihrer Variabilität und ihres häufig stark schwankenden Flächenbezugs anspruchsvolle Datensätze dar, deren Analyse den Wissenschaftler vor Probleme stellt [3]. Aufgrund der Variabilität der Individuen und der Heterogenität des Lebensraums, in der sich die Ausbreitung abspielt, sind Daten zu Bewegungs- und Wanderungsleistungen von Bodentieren ebenfalls schwierig zu analysieren [4].

Nach einer Einführung in die Problematik werden in diesem Beitrag statistische Verfahren vorgestellt, die teilweise aus der Geostatistik stammen und helfen, bei der Identifizierung der angemessenen Betrachtungsskala für die eigenen Untersuchungen an Ausbreitungsvorgängen von Bodentieren eine fundierte Entscheidung zu treffen.

[1] Dunger, W 1983: Tiere im Boden. Neue Brehm Bücherei, A. Ziemsen, Wittenberg; 280 pp.

[2] Turchin, P 1998. Quantitative Analysis of Movement: measuring and modeling population redistribution in plants and animals. Sinauer, 406pp.

[3] Ekschmitt, K 1993: Richtwerte für die Datenqualität von bodenzoologischen Freilandhebungen. Verh Ges Ökol 22:451-456.

[4] Jopp, F & Reuter H 2005: Dispersal of Carabid Beetles -Emergence of Distribution Patterns. Ecol Model (accepted).

### Multiple Skalen in den Fischereiwissenschaften: Geostatistische Analyse skalenabhängiger Muster

*Vanessa Stelzenmüller, Gerd-Peter Zauke  
ICBM - Uni Oldenburg*

Im aktuellen Nutzungskonflikt der Nordsee gewinnt die adäquate Beantwortung räumlicher Fragestellungen immer mehr an Bedeutung, da diese auch als Entscheidungsgrundlage für das Gebietsmanagement herangezogen werden. Um beispielsweise ökologisch wertvolle Flächen identifizieren zu können, werden Stichproben aus einem Seegebiet entnommen und die Biomasse einer Schlüsselart sowie deren Verteilung im Raum bestimmt. Bereits die Festlegung des Untersuchungsmaßstabs und das Maß der Auflösung werfen Skalierungsprobleme auf. Da die „richtige“ Skala im Bezug auf den zu untersuchenden Organismus in der Regel unbekannt ist,

ergibt sich das Problem der örtlichen Abhängigkeit zwischen den Stichprobenwerten (örtliche Autokorrelation). Mittels der Geostatistik kann örtliche Autokorrelation erfasst und modelliert werden, sowie eine präzise Abschätzung der Verteilung der Organismen im Raum erreicht werden. Dabei entstehen weitere Limitierungen bezüglich der Auflösung, beispielsweise im Hinblick auf die Wahl der Abstandsklassen eines experimentellen Variogramms. Empirische Studien aus den Fischereiwissenschaften zeigen, dass die Auflösung einer geostatistischen Analyse durch ein spezielles Probenahmekonzept vergrößert werden kann, ohne dass der Untersuchungsmaßstab geändert werden muss. Des Weiteren konnte gezeigt werden, dass schon geringe Maßstabsunterschiede zu deutlichen Unterschieden in der Erfassung von Mustern führte. Für einige lokale Populationen konnten so kritische Skalen für die Musterausprägung gefunden werden.

### **Floristische Artenvielfalt auf Grünland: Die relative Bedeutung der Landschaftsstruktur auf unterschiedlichen räumlichen Skalenebenen**

*Sebastian Klimek, A. Richter gen. Kemmermann, E. Bertke, J. Isselstein  
Uni Göttingen*

Durch Intensivierung und Rationalisierung der Landwirtschaft ist artenreiches Grünland in europäischen Agrarlandschaften stark gefährdet. Im Rahmen von Agrarumweltmaßnahmen besteht die Möglichkeit, Anreize für den Erhalt wertvoller Grünlandhabitats zu schaffen. Um diese Maßnahmen zielgerichtet lenken zu können, müssen die für die Steuerung der Artenvielfalt bestimmenden Faktoren ermittelt werden.

Zur Analyse und Indikation floristischer Artenvielfalt auf Grünlandschlägen muss neben der Bewirtschaftungsform und -intensität sowie den lokalen Standortbedingungen auch die Auswirkung der landschaftlichen Konfiguration und räumlichen Komposition von Habitats berücksichtigt werden [1]. Das Ziel dieser Arbeit ist, basierend auf der Berechnung von Landschaftsstrukturmaßen geeignete Indikatoren abzuleiten, die Aussagen über die floristische Artenvielfalt auf einem Grünlandschlag ermöglichen. Die Analyse folgt einem multiskaligen Ansatz [2], um über die Einbeziehung verschieden großer Raumausschnitte eine geeignete Skala für die Prädiktorvariablen zu ermitteln. In den Jahren 2002 und 2004 erfolgten floristische Kartierungen von 12,6 m<sup>2</sup> großen Aufnahmeflächen auf Grünlandschlägen (n = 122) mit unterschiedlicher Nutzungsintensität im Landkreis Northeim (ca. 1266 km<sup>2</sup>) in Süd-Niedersachsen. Die Größe der untersuchten Flächen variiert zwischen 21,2 ha und 0,26 ha (arith. Mittel: 2 ha). Insgesamt wurden auf den zufällig verteilten Grünlandschlägen 245 Pflanzenarten nachgewiesen. Die Ähnlichkeit der Artenzusammensetzung zwischen den Flächen – ausgedrückt durch den Jaccard-Index – reicht von 0,78 bis 0,03. Als Datengrundlage für die Berechnung der Landschaftsstrukturmaße wurden landwirtschaftliche Katasterdaten (Feldblockdaten) mit einem flächendeckenden ATKIS-Datensatz (Basis-DLM 25/1) räumlich verschnitten. Unter Verwendung von FRAGSTATS 3.3 wurden für jeden Schlag Landschaftsstrukturmaße hypothesengesteuert auf Klassen- und Landschaftsebene für mehrere kreisförmige Radien (Ø 0,25 km; Ø 0,5 km; Ø 1 km, Ø 1,5 km; Ø 2 km und Ø 2,5 km) berechnet.

Erste Ergebnisse der multiskaligen Analyse zeigen, dass es unter Berücksichtigung des gesamten Datensatzes nur einen schwachen Zusammenhang zwischen der floristischen Artenvielfalt und den berechneten Landschaftsstrukturmaßen gibt. Durch Hinzunahme von schlag-spezifischen Bewirtschaftungsdaten sollen diese Analysen differenziert nach Nutzungsintensität weitergeführt werden.

- [1] Moser D, Zechmeister H G, Plutzer C, Sauberer N, Wrabka T and Grabherr G (2002) Landscape patch shape complexity as an effective measure for plant species richness in rural landscapes. *Landscape Ecol* 17: 657-669.
- [2] Wu J (2004) Effects of changing scale on landscape pattern analysis: scaling relations. *Landscape Ecol* 19: 125-138.

### **Kontrolle des lokalen Artenreichtums von Laufkäfern durch Einflussfaktoren auf multiplen Skalen**

*Jens Dauber, Tobias Purtauf  
IFZ - Uni Giessen*

Lokaler Artenreichtum und Artenkomposition werden von einer Reihe von Einflussfaktoren gesteuert, welche simultan über multiple Skalen wirksam sind. Lokal, d.h. auf eine bestimmte Fläche bezogen, sind dies biotische und abiotische Faktoren wie Umweltcharakteristika, Störungen oder Interaktionen. Auf Landschaftsebene kommen Faktoren wie In1migration hinzu, welche durch die raum-zeitliche Komposition und Anordnung von Habitaten in der umgebenden Landschaft beeinflusst werden. Zudem sind viele Arten auf die Verfügbarkeit unterschiedlicher Habitats zur Komplettierung ihres Lebenszyklus angewiesen. Inwiefern sowohl lokale als auch landschaftliche Faktoren das lokale Vorkommen einer Art beeinflussen, hängt von der Habitatpräferenz, der ökologischen Amplitude und der Mobilität der Art ab. Letztere bestimmt, welche landschaftliche Skala für eine Art relevant ist.

Allerdings sind für viele Arten nur ungenaue Abschätzungen über deren Ausbreitungsvermögen oder täglichen Aktivitätsradius bekannt. Die räumliche Ausdehnung des zu betrachtenden relevanten Landschaftsausschnitts kann somit über einen relativ weiten Bereich schwanken. Mit veränderter Ausdehnung des analysierten Landschaftsausschnitts ändern sich aber auch die gemessenen Landschaftsparameter und -indizes und dies in z. T. unvorhersehbarer Weise [1]. Die lokalen Faktoren hingegen bleiben, unabhängig von der betrachteten Skala, fix. Dies wirft die Frage auf, inwieweit die Variabilität des gewählten Landschaftsausschnitts die Analyse der relativen Bedeutung von lokalen vs. landschaftlichen Faktoren und damit die ökologische Interpretation der Zusammenhänge beeinflusst.

Um dies zu überprüfen, wurden Laufkäfergemeinschaften auf Winterweizenschlägen im mittelhessischen Lahn-Dill-Bergland erfasst (N= 20). Von jedem Acker wurden lokale Parameter (Bewirtschaftungsintensität, Bodencharakteristika, etc.) ermittelt und Landschaftsparameter von Landschaftsausschnitten unterschiedlicher Ausdehnung (250 m x 250 m -4000 m x 4000 m) berechnet. Die Flächen lagen in einem Gradienten von strukturell einfachen bis hin zu strukturell komplexen Landschaften. Die Laufkäfer wurden nach ihrem Ausbreitungsvermögen anhand von Literatur in gute (makropter) bzw. schlechte (brachypter) Ausbreiter differenziert. Mittels multipler Modelle (General Regression Models) wurde der Einfluss von lokalen Faktoren und Landschaftsfaktoren für jede der Skalen einzeln analysiert (16 Modelle). Für den lokalen Artenreichtum der makropteren Arten erwarteten wir einen stärkeren Einfluss der umgebenden Landschaft, wohingegen die brachypteren Arten mit stärker von lokalen Faktoren beeinflusst werden sollten.

Der Vergleich der Varianz Aufklärung der in die Modelle eingegangenen lokalen und landschaftlichen Parameter bestätigte unsere Erwartungen. Der lokale Artenreichtum der brachypteren Arten wurde auf allen Skalen hauptsächlich durch lokale Parameter erklärt, wohingegen die Bedeutung der Landschaftsparameter für die makropteren Arten mit größer werdender Ausdehnung der betrachteten Landschaft zunahm. Allerdings zeigten die Modelle für Skalen unter 2000 m x 2000 m für makroptere Arten erhebliche Schwankungen in der

Varianzaufklärung der einzelnen Parameter. Bei den brachypteren Arten nahm die relative Bedeutung der Landschaftsparameter bis zu der Skala von 2000 m x 2000 m kontinuierlich zu, um auf höheren Skalen wieder kontinuierlich abzunehmen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Ausdehnung eines betrachteten Landschaftsausschnitts von erheblicher Bedeutung für die Analyse der Einflussfaktoren des lokalen Artenreichtums ist. Schon geringe Veränderungen der betrachteten Skala können zu unterschiedlichen Interpretationen der relativen Bedeutung von lokalen vs. landschaftlichen Parametern führen. Es besteht großer Bedarf, die zur Verfügung stehenden Methoden für multiskalare Analysen kritisch zu überprüfen. Zudem müssen bei der Auswahl der "relevanten" Skala nicht nur die räumlichen Ansprüche einer Art, sondern auch die Aussagekraft der auf einer bestimmten Skala ermittelten Landschaftsparameter in Betracht gezogen werden.

[1] Wu J, Shen W, Sun W, Tueller PT (2002) Empirical patterns of the effects of changing scale on landscape metrics. *Landscape Ecol* 17, 761-782.

### **Do organisms function at landscape scale?**

*Carsten F. Dormann & Ralf Seppelt*  
*UFZ – Dep. Angewandte Landschaftsökologie, Leipzig*

That an eagle "perceives" landscapes differently than a dragonfly seems obvious. But is this "perception" of any consequence for the interactions between an organism and its environment? For several arthropods and birds there have been studies identifying the "relevant landscape scale" of activity. These publications usually depict a hump-shaped graph of regression model fit over landscape segment size, and argue that the peak indicates the scale of environment relevant to this species. So far a null model has been lacking, and in this talk we present it. We will argue that the observed hump-shaped function may be a consequence of landscape structure, entirely independent of the behaviour of the organism involved. Although at first glance this may look like destructive science, only by contrasting observed models with null models can we tell true progress from noise.

### Teil 3: Upscaling, datengeleitet

#### Skalenproblematik von Fließgewässern im Kontext biotischer und abiotischer Aspekte

*Markus Knoflacher*

*Austrian Research Center – Systems Research, Seibersdorf (AU)*

Fließgewässer sind Teile des globalen Wasserkreislaufs und deshalb funktionell untrennbar mit diesem verbunden. Im weitesten Sinne umfasst der Begriff „Fließgewässer“ jene Gewässer, die über Festland abfließen. Diese einfachen Tatsachen sind zugleich die Ursache für unterschiedliche Skalenbetrachtung in verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen. Aus klimatologischer Sicht sind vor allem die großräumigen Beiträge der Fließgewässer zum gesamten Wasserkreislauf von Bedeutung. In den hydrogeologischen Betrachtungsweisen stehen die Wechselwirkungen zwischen dem Wasserkreislauf und den geologischen Eigenschaften im Zentrum der Betrachtungen. Dadurch werden große Skalenbereiche in zeitlicher und räumlicher Hinsicht berührt. Anwendungsbezogene Wissenschaften, beispielsweise des Gewässerbaus, pflegen aus Gründen der Umsetzbarkeit sehr eingeschränkte Sichtweisen mit eng umgrenzten Skalenbereichen. Besondere Unsicherheiten für die Behandlung von Skalenfragen von Fließgewässern bestehen im Bereich der biologischen Wissenschaften. Oft wird dabei außer acht gelassen, dass Gegebenheiten des Einzugsgebietes und der Hydrogeologie dynamische Rahmenbedingungen für Organismen bilden, die von diesen in Abhängigkeit von ihren ökophysiologischen Potenzialen genutzt werden können. Dadurch kommt es zu biologischen Skalierungen von Fließgewässern, die im Grunde nur abiotische Merkmale wiedergeben. Diese Unschärfen in den Betrachtungsweisen erschweren das Verständnis der ökologischen Bedeutung von Fließgewässern und letztendlich die Entwicklung von sinnvollen Maßnahmen zur langfristigen Erhaltung der ökologischen Funktionsfähigkeit. Ausgehend von funktionellen Zusammenhängen werden im Beitrag Ansätze für die Harmonisierung der Skalenbetrachtungen für Fließgewässer dargestellt und diskutiert.

#### Angemessene Skalen und Betrachtungsebenen bei Langzeituntersuchungen von Makrophyten in Fließgewässern

*Holger Brux*

*IBL Umweltplanung – Oldenburg*

Die Fließgewässerökologie steht vor dem Problem der Komplexität der ökologischen Prozesse, der angemessenen Parametrisierung sowie der Schwierigkeit der Validierung besonders bei mittel- und langzeitigen Ereignisfolgen. Aktuell zeigt sich dies bei der ökologischen Beurteilung von Fließgewässern und Seen im Sinne der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) anhand ihrer Makrophytenvegetation. Hier sollen an sog. Referenzstellen die Grundlagen für die Bewertung des Systemverhaltens ermittelt werden (*Upscaling*).

Fließgewässer weisen scheinbar eine offensichtliche lineare Skala längs der Gewässerstrecke, ausgedrückt durch die Kilometrierung, auf. Der Stofftransport in Fließrichtung weist ihnen eine Sonderstellung im Vergleich zu anderen Standorten zu. Ihre Vegetation kann dagegen als Mosaik aus Flecken (*Patches*) beschrieben werden. Ausgehend von der Annahme, dass biologische Skalen im Gegensatz zu zeitlichen und räumlichen grundsätzlich nicht stufenlos



Die Unterscheidung von Habitattypen erfordert in diesem Zusammenhang die Berücksichtigung des Alters von Habitaten, da dieses für die habitatbezogene [2, 3] und damit möglicherweise auch für die landschaftsbezogene Phytodiversität bedeutsam ist. Informationen zum Habitatalter können u. a. durch multitemporale Luftbildinterpretation gewonnen werden. Diese kann wiederum allenfalls in arbeits- und kostenintensiver Weise für größere Räume flächendeckend durchgeführt werden; die Auswertung einer repräsentativen Stichprobe ist im Sinne einer effizienten Analyse anzustreben.

Der Beitrag stellt eine Verfahrensweise vor, nach der u. a. auf der Grundlage multitemporaler statistischer Daten zur Landnutzung in einer kleinparzellig genutzten Kulturlandschaft eine begründete Stichprobenauswahl zur Durchführung habitatbezogener multitemporaler Luftbildinterpretation erfolgen kann. Dabei wird ein Upscaling-Verfahren vorgestellt, durch welches die aus der Stichprobenauswertung abgeleiteten Informationen zum Habitatalter auf Habitattypen und deren Muster der Landschaft übertragen werden kann.

[1] Waldhardt R, Simmering D & Otte A (2004): Calculation and prediction of floristic diversity at the landscape scale based on habitat patterns and species frequencies. – *Landscape Ecol* 19: 211-226.

[2] Waldhardt R & Otte A (2003): Indicators of plant species and community diversity in grasslands. – *Agriculture, Ecosystems & Environment* 98: 339-351.

[3] Wellstein C, Waldhardt R & Otte A, in Vorb.: The influence of management practices, site conditions and habitat age on plant species richness in mesic grasslands.

### **Kann aus habitatbezogenen Frequenzen von Pflanzenarten auf deren Präsenz / Absenz in komplexen Landschaftsausschnitten geschlossen werden?**

*Rainer Waldhardt, Annette Otte  
Landschaftsökologie - Uni Gießen*

Eine Abschätzung des Pflanzenartenreichtums eines komplexen, aus unterschiedlichen Habitattypen bestehenden Landschaftsausschnittes in einer kleinparzellig genutzten Kulturlandschaft ist über die habitatbezogenen Frequenzen der Pflanzenarten in einem größeren Bezugsraum und das Habitatmuster des Landschaftsausschnittes mit hoher Übereinstimmung von errechnetem und über Geländeerhebungen nachgewiesenem Artenreichtum (Gesamtartenzahl) möglich [1]. Die Abschätzung des Artenreichtums des komplexen Raumes basiert dabei auf der Berechnung der Vorkommenswahrscheinlichkeiten der in habitatbezogenen Stichprobenerhebungen nachgewiesenen Pflanzenarten (Präsenz / Absenz). Für jede Pflanzenart  $i$  wird deren Vorkommenswahrscheinlichkeit  $p$  ( $0 < p < 1$ ) im komplexen Raum abgeleitet; der Gesamtartenreichtum des Raumes errechnet sich als Summe der  $p$  über alle Arten  $i$ .

Die Frage, inwieweit die Vorkommenswahrscheinlichkeit  $p$  der einzelnen Arten auch mit deren Präsenz / Absenz in Beziehung gesetzt werden kann, wurde bislang nicht näher untersucht und soll im Beitrag behandelt werden. Es wird unter anderem dargelegt, ob Artengruppen mit kennzeichnenden Arteigenschaften (*species traits*) benannt werden können, für die bei Über-/Unterschreitung eines Grenzwertes von  $p$  eine Präsenz bzw. Absenz statistisch häufiger oder seltener gegeben ist. Darüber hinaus wird der Frage nachgegangen, ob Beziehungen zwischen  $p$  und der Präsenz / Absenz von Arten mit der Flächengröße und dem Grad der Komplexität von Landschaftsausschnitten variieren.

[1] Waldhardt, R., Simmering, D. & Otte A (2004): Calculation and prediction of floristic diversity at the landscape scale based on habitat patterns and species frequencies. – *Landscape Ecol* 19: 211-226.

## Teil 4: Upscaling, modellgeleitet

### Skalierung der Umweltwirkungen von gentechnisch veränderten Pflanzen (GVP) auf die Regionale Ebene

*Hauke Reuter, Broder Breckling, Gunther Schmidt & Ulrike Middelhoff  
Uni Bremen*

Gentechnisch veränderte Pflanzen stehen mit hoher Wahrscheinlichkeit kurz vor einem großflächigen Einsatz in der europäischen Landwirtschaft. Grundlage für die Zulassung sind jedoch zu großen Teilen Untersuchungen, die auf kleinen raumzeitlichen Skalen (Labor, Gewächshaus, Einzelschläge) stattgefunden haben. Aussagen über die Umweltwirkungen lassen sich jedoch nicht linear extrapolieren, da im regionalen Maßstab Interaktionsintensitäten verschoben sind bzw. andere Prozesse wirken.

In dem Beitrag sollen die Arbeiten aus zwei Projekten vorgestellt werden, die zum Ziel hatten unterschiedliche Aspekte der potentiellen Umweltwirkungen von GVP im großskaligen Bereich exemplarisch zu analysieren. In diesem Zusammenhang sind die Reichweiten der von transgenen Pflanzen ausgehenden ökologischen Interaktionen von entscheidender Bedeutung um zu einer Einschätzung von potentiellen Auswirkungen zu gelangen. Angewendet wurden unterschiedliche Modellierungsmethoden und Extrapolationsmethoden auf verschiedenen räumlichen und zeitlichen Skalen. Für Simulationen im Maßstab einzelner Felder wurde ein individuenbasiertes Modell eingesetzt, dessen Ergebnisse mittels GIS-basierter Methoden auf die regionale Ebene extrapoliert wurden. Regionale Daten dienen gleichzeitig dazu die ökologischen, klimatischen und agrotechnischen Rahmenbedingungen vorzugeben bzw. werden zur Verifikation herangezogen. An Hand der Erfahrungen bei der Extrapolation können grundsätzliche Methoden und Schwierigkeiten bei der Skalierung von ökologischen Prozessen aufgezeigt und auf Defizite in der theoretischen und praktischen Behandlung hingewiesen werden.

### Scale differences in parameter sensitivity and uncertainty in river water quality modelling

*Karl-Erich Lindenschmidt<sup>1</sup>, Cornelia Hesse<sup>1</sup>, René Wodrich<sup>1</sup>,  
Helmut Guhr<sup>2</sup>, Martina Baborowski<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>GFZ Potsdam, <sup>2</sup>UFZ Leipzig-Halle Magdeburg*

A hypothesis stating that more complex descriptions of processes in models simulate reality better (less error) but with more unreliable predictability (more sensitivity) is tested using a river water quality model. This hypothesis was extended stating that applying the model on a domain of smaller scale requires greater complexity to capture the same accuracy as in large-scale model applications., which however leads to increased model sensitivity. The sediment and pollutant transport model TOXI, a module in the WASP 5 package, was applied to two case studies of different scale: a 90 km course of the 5th order lower Saale river, Germany (large scale) and the lock-and-weir system at Calbe (small scale) situated on the same river course. A sensitivity analysis of several parameters relating to the physical and chemical transport processes of suspended solids, chloride and selected heavy metals (arsenic, iron, zinc) shows that the coefficients, which partitions the total heavy metal mass into its dissolved and sorbed fraction, is a very sensitive parameter. Hence, the complexity of the sorptive process was varied to test the hypotheses.

## **Zeitliches und hierarchisches Upscaling in ökologischen Modellen mit Hilfe von Verteilungen**

*Heike Lischke, WSL, Birmensdorf (CH)*

Das Heraufskalieren ökologischer Zustandsvariablen und Prozesse von einer Ausgangs- zu einer Zielskala wird oft ad hoc, im einfachsten Fall durch Verwendung von Mittelwerten durchgeführt. Wenn die beteiligten Prozesse nichtlinear, die Zustandsvariablen stark gekoppelt und/oder strukturell und dynamisch heterogen sind, können dadurch große Modellfehler entstehen. Es wird ein Ansatz für ein kontrolliertes Heraufskalieren vorgestellt, der über Approximationen von Prozessfunktionen und Beschreibung von Verteilungen auf der Ausgangsebene deren Heterogenität auf die Zielebene überträgt. Als Beispiele für dieses verteilungsbasierte Heraufskalieren werden die Anwendung einer Temperatur-Abhängigkeitsfunktion über lange Zeiträume und die Aggregation von Individuen zu strukturierten Populationen in einem Waldmodell präsentiert.

## **Aggregationsprobleme in einem dynamischen Simulationsmodell eines planktischen Nahrungsnetzes**

*Katrin Tirok, Biologie - Uni Potsdam*

In der Klimafolgenforschung werden für Aussagen über zukünftige Entwicklungen von Ökosystemen oftmals Modellrechnungen herangezogen, aus denen Szenarien oder Prognosen erstellt werden können. Da Modelle ein sehr vereinfachtes Abbild der Natur darstellen, ist eine Aggregation verschiedener Skalen die Folge. Dabei gibt es Unterschiede zwischen einzelnen Modellansätzen (z.B. individuenbasiertes Modell oder Populationsmodell auf der Basis einer Differentialgleichung, räumlich explizit oder homogen), auf welchen Skalen aggregiert wird. In manchen Differentialgleichungsmodellen zur Beschreibung von Nahrungsnetzen beispielsweise wird zum Einen eine Homogenisierung des Raumes vorgenommen in ein oder mehrere gleichförmige Kompartimente und zum Anderen eine Aggregation von Einzelarten zu funktionellen Gruppen, wie Primärproduzenten, Herbivoren, Karnivoren. Wir wenden das für marine Systeme entwickelte Ökosystemmodells ERSEM (*European Regional Seas Ecosystem Model*, pelag. Teil) auf das planktische Nahrungsnetz des Bodensees an mit dem Ziel, Auswirkungen einer erhöhten Temperatur und veränderten vertikalen Durchmischung des Wasserkörpers im Frühjahr, als Folge des Klimawandels, abzuschätzen. Für die Parametrisierung und spätere Validierung des Modells steht ein Langzeitdatensatz mit hoher zeitlicher Auflösung zur Verfügung, in dem sowohl in situ gemessene Werte als auch Ergebnisse eines massenbilanzierten Flussdiagramms enthalten sind. Unser Modell besteht aus einer homogen durchmischten Box mit einer Tiefe von 20 m (entspricht dem Epilimnion des Bodensees) mit den biologischen Zustandsgrößen: gut fressbare Algen, schlecht fressbare Algen, Ciliaten, Copepoden, heterotrophe Nanoflagellaten und Bakterien. Die einzelnen Gruppen werden jeweils mit einer einzigen Gleichung dargestellt, die jedoch nur einen Mittelwert der Eigenschaften der Gruppen erfassen kann (z.B. mittlere Wachstumsrate, mittlere Grazingrate). Phytoplankton und Ciliaten sind im Bodensee sehr artenreich vertreten, wohingegen sich bei den Copepoden wenige Arten finden. Diese artifizielle Aggregation der einzelnen Algen- und Ciliatenarten zu zwei Algengruppen und einer Ciliatengruppe führt zu einem Modellverhalten, welches von den in situ Beobachtungen abweicht. So entsteht im Modell beispielsweise ein ausgeprägter Räuber-Beute Zyklus zwischen den gut fressbaren Algen und den Ciliaten, der im Bodensee nicht beobachtet wird. In dem geplanten Vortrag sollen Auswirkungen einer künstlichen Aggregation verschiedener Skalen anhand des Modells für den Bodensee dargestellt werden und modellspezifische Lösungsansätze diskutiert werden.

## Teil 5: Multiple Skalen

### Die hohe Wahrscheinlichkeit unwahrscheinlicher Ereignisse

*Henning Schröder*  
*Geographie - Uni Erlangen*

Wissen über ökologische Zusammenhänge stützt sich häufig auf Experimente oder Beobachtungen in sehr eingeschränkter räumlicher und zeitlicher Auflösung. Ein Beispiel hierfür ist die Diskussion über die Relevanz der generativen Reproduktion in der Brachesukzession von Feuchtgrünländern. Da in den publizierten Studien kaum eine erfolgreiche Etablierung aus generativen Diasporen beobachtet wurde, wird dieser Form der Ausbreitung für die genannten Sukzessionsprozesse kaum eine Bedeutung zugemessen.

Mit einem räumlich expliziten dynamischen Sukzessionsmodell (Zellulärer Automat) wird gezeigt, dass – zumindest unter den Annahmen des Modells – die Variation von sehr geringen Wahrscheinlichkeiten einer erfolgreichen Etablierung mittels generativer Diasporen deutlichen Einfluss auf den Verlauf der Sukzession in Feuchtgrünländern hat.

Das heißt, dass auch Ereignisse, die so unwahrscheinlich sind, dass sie bei den üblichen Umfängen ökologischer Studien kaum einmal in einer Probefläche beobachtet werden können, deutlichen Einfluss auf Sukzessionsprozesse haben können.

Einfache wahrscheinlichkeitstheoretische Überlegungen zeigen, dass Ereignisse, die auf kleinen Flächen (wie sie die Probeflächen in Studien darstellen) sehr unwahrscheinlich sind, großräumiger betrachtet mit hoher Wahrscheinlichkeit eintreten, solange die Wahrscheinlichkeit des Ereignisses nicht Null ist.

### Kann die Einbeziehung multipler Skalen einen Beitrag zur Erklärung des Sukzessionsverlaufs in Braunkohlefolgelandschaften leisten?

*Birgit Felinks*  
*UFZ – Dep. Naturschutz, Leipzig*

Umfangreiche vegetationskundliche Untersuchungen in verschiedenen ostdeutschen Braunkohlefolgelandschaften machen deutlich, dass sich die vorgefundenen Vegetationsmuster nur unter Einbeziehung der unmittelbar vor Ort gemessenen abiotischen Variablen nicht hinreichend erklären lassen. Es soll deshalb diskutiert werden, inwiefern auf verschiedenen räumlichen Skalen ablaufende ökologische Prozesse sowie ihre Interaktionen Einfluss auf die zu beobachtenden Vegetationsmuster und das Sukzessionsgeschehen nehmen können. Zu diesem Zweck werden die vier räumlichen Skalen 'Region', 'Landschaft', 'Patch' und 'Gap' unterschieden. Nach einer Charakterisierung der verschiedenen ökologischen Prozesse soll ausgehend von der Patch-Ebene analysiert werden, welche der auf einer größeren Skala ablaufenden Prozesse sich begrenzend auf die Zustände auswirken, die auf der Patch-Ebene eingenommen werden können, bzw. inwiefern die auf einer feineren Ebene ablaufenden Prozesse den Sukzessionsverlauf beeinflussen können. Anschließend soll die landschaftliche Übertragbarkeit der vorgefundenen Ergebnisse diskutiert und Vorschläge für eine Einbindung in die Renaturierungspraxis gemacht werden.

## Die Gehölzsukzession unter Beweidungseinfluss – ein Multiskalen-Problem

Christiane Eschenbach, Alexander Peringer  
Schinkel, ILPÖ – Uni Stuttgart

Die Gehölzsukzession (Verbuschung und Bewaldung) in ehemals extensiv genutztem artenreichen Grünland nach Nutzungsaufgabe ist eine der wesentlichen Ursachen für tief greifende Landschaftsveränderungen in den letzten Jahrzehnten. Großflächige, extensive Beweidungssysteme können nachweislich einen Beitrag zur Offenhaltung und zum Erhalt der Strukturdiversität und der großen Artenvielfalt, mit vielen z.T. hochgradig gefährdeten Arten, auf diesen Flächen in großen Teilen Mitteleuropas leisten. Sie sind daher auch naturschutzpolitisch erwünscht.

Es stellt sich die Frage: Mit welcher Beweidungsintensität können bestimmte räumliche (Ziel-) Muster der Gehölz-Offenlandverteilung erreicht und stabilisiert werden? Als Entscheidungsunterstützung und zur Folgenabschätzung und Optimierung des Managements sollen in einem Forschungsvorhaben Modelle und Simulationsexperimente entwickelt werden.

Den empirischen Hintergrund bieten Untersuchungsgebiete und -ergebnisse aus BMBF-Projekten. Die offenen Kalkflachmoore der großflächigen, extensiven Weiden des voralpinen Hügellands (Allmenden) sind durch die schnell voranschreitende Gehölzbesiedlung durch Schwarzerle (*Alnus glutinosa*) besonders gefährdet. Für die Besiedlung von Niedermooren durch Schwarzerlen stehen eine umfangreiche Datenbasis und Modellansätze zur Verfügung. Sie wurden daher als Beispiel ausgewählt.

Bei der Analyse und Beschreibung der „Gehölzsukzession unter Beweidungseinfluss“ spielt die skalenübergreifende Wirkung vieler Prozesse eine besondere Rolle. Die Beweidung bewirkt sowohl durch Fraß als auch durch Tritt Musterbildung auf verschiedenen Skalen: Das auf Landschaftsebene Futter selektierende Weidevieh frisst zum Beispiel einzelne Pflanzenorgane, fügt damit den Pflanzenindividuen einen direkten Schaden zu, bewirkt aber auch als Reaktion Wachstumsveränderungen, die zur veränderten Konkurrenzsituation im Gehölzbestand führen. Im Offenland erzeugen Rinder durch ihr Weideverhalten ein patch-Muster in der Größenordnung von Quadratmetern. Trittschäden stellen gaps in der Graslandbiozönose dar. Patch- und gap-Strukturen sind relevant für die Keimung und Etablierung neuer Gehölze.

Das gesamte, auf mehreren Skalen stattfindende Ursache-Wirkungsgefüge in einem kohärenten Konzept von Systemkompartimenten und Prozessen zusammenzuführen, ist Voraussetzung der Modellierung. Das Konzept muss sowohl die räumlichen, die zeitlichen als auch die funktionalen Skalenübergänge berücksichtigen.

Für die Modellierung sollen zwei auf unterschiedlichen Integrationsebenen arbeitende Modelle verknüpft werden: das ökophysiologisch basierte Baumwachstumsmodell (ALMIS) und das auf Landschaftsebene agierende Modell der Gehölzsukzession (PATCHI). Vegetationsökologisches und ökophysiologisches Wissen werden in skalenübergreifender Modellierung zusammengeführt.

## Teil 6: Skalen in der Planung

### Ordinale Skalierung von Ökodaten als Voraussetzung mehrfaktorieller ökologischer Analysen, Diagnosen, Prognosen und Planungen

*F. Wilhelm Dahmen  
Mechernich*

Ausgangspunkt ist die ontologische Frage, warum und wie eine Skalierung von Ökodaten möglich ist. Wesentliche Voraussetzungen sind der Systemcharakter der Daten, die Beschränkung auf primäre, d.h. unmittelbar wirkende Umweltfaktoren, die Erkenntnis der Kongruenz von Umweltfähigkeiten bzw. -ansprüchen von Lebewesen mit den Umweltbedingungen von Standorten bzw. Habitaten und deren Violdimensionalität. Ordinale Skalierung derselben ermöglicht ihre Beschreibung mit Ökoschlüsseln, ihre graphische Visualisierung in mehrdimensionalen Ökodiagrammen und thematischen Karten sowie eine digitale Verarbeitung in Datenbanken.

So werden komplexe ökologische Analysen und Diagnosen und darauf aufbauende Prognosen und Planungen in verschiedenen Maßstabsbereichen möglich. Konkrete Beispiele zeigen die Anwendbarkeit dieses Denkansatzes in weiten Bereichen der Geoökologie und damit fundierter Planungen.

### Umgang mit räumlichen und zeitlichen Skalen in der Landschaftsplanung

*Martin Szaramowicz  
Landschaftsplanung – Uni Potsdam*

Die Skalenabhängigkeit ökologischer Prozesse und die Verknüpfung von *pattern* und *process* sind in der ökologischen Literatur und Forschung vielfach auf Landschaftsebene betrachtet worden. Es liegt daher nahe zu fragen, inwieweit die dort gewonnenen Erkenntnisse in der Landschaftsplanung als wichtigem Anwender ökologischer Forschung Einzug gehalten haben.

Der Beitrag stellt zunächst ein Set von Begriffen, Konzepten und Methoden zur Diskussion, die aus dem ökologischen *Scale*-Paradigma stammen und für die Landschaftsplanung – zumindest theoretisch – Relevanz besitzen. Daran anschließend wird dargestellt, welche allgemeingültigen Aussagen über den Umgang der Landschaftsplanung mit Maßstäben sich aus Gesetzen und Literatur ableiten lassen. Betrachtet werden die Landschaftsplanung nach §§ 15 und 16 BNatSchG und die Eingriffsregelung als wesentlicher landschaftsplanerischer Aufgabenbereich. Durch die Gegenüberstellung dieser beiden Betrachtungsweisen lassen sich Aussagen dazu gewinnen, wie sehr das ökologische *Scale*-Paradigma in der Landschaftsplanung Verwendung findet.

Neben dieser eher theoretisch-konzeptionellen Gegenüberstellung wird auch die Analyse vorliegender Landschaftspläne und Landschaftspflegerischer Begleitpläne vorgestellt. Dabei werden am Beispiel des Umgangs mit Landschaftsstrukturen bzw. der Konzeption landschaftsstrukturierender Maßnahmen der konkrete planerische Umgang mit *pattern and process* dargestellt und Vorschläge zur Weiterentwicklung des methodischen Instrumentariums zur Diskussion gestellt.

## Teil 7: Skalenabhängige Musterbildung

### Chaos, stabile Grenzzyklen und stabile Koexistenz in einem experimentellen Drei-Arten-System

*Lutz Becks<sup>1</sup>, Hartmut Arndt<sup>2</sup>, Klaus Jürgens<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Uni Köln, <sup>2</sup>Uni Rostock*

Die Frage warum Populationen räumlichen und zeitlichen Schwankungen unterlegen sind, stellt eine zentrale Frage in der Ökologie und Evolutionsforschung dar. Die Tatsache, dass schon einfache biologische Systeme das Potential haben verschiedene deterministische Verhaltensweisen – von Gleichgewichtsverhalten, stabilen Grenzzyklen bis hin zum chaotischen Verhalten – zu zeigen, hat zu einem großen Interesse unter Theoretikern geführt. Obwohl sie für zahlreiche idealisierte mathematische Populationsmodelle zeigen konnten, dass die verschiedenen, Dynamiken in Abhängigkeit bestimmter Parameterwerte auftreten, sind die Nachweise in realen Systemen sehr rar und selten eindeutig. Durch genau definierte Versuchsbedingungen konnten wir in einem mikrobiellen Drei-Arten System zum ersten Mal eindeutig die verschiedenen Dynamiken experimentell nachweisen. Dabei konnten die experimentellen Dynamiken mittels eines einfachen nichtlinearen Modells vorhergesagt und die Versuche geplant werden. Ausgehend von diesen Ergebnissen können nun Untersuchungen durchgeführt werden, die die Stabilität und den Einfluss solcher Dynamiken auf Mehrarten-Systeme und Systeme mit mehr als zwei Trophiestufen berücksichtigen.

### Strukturbildung in aquatischen Populationen

*Horst Malchow*

*Umweltsystemforschung – Uni Osnabrück*

Die Dynamik der vielskaligen raumzeitlichen Selbstorganisation aquatischer Systeme wird anhand konzeptioneller Reaktions-Diffusions-Modelle der Wechselwirkungen und Bewegungen von Plankton und Fisch beschrieben. In gleichförmiger Umwelt, d.h. bei konstanten Kontrollparametern des Modells, sind die Mechanismen der raumzeitlichen Patchbildung nach differentieller diffusions- [1] bzw. flussinduzierter Instabilität [2, 3] homogener Dichteverteilungen aus chemischen Laborversuchen bekannt. Turings Idee ist auf verschiedene populationsdynamische Systeme angewendet worden. In diesem Vortrag wird die Bildung kleinskaliger stehender Turing-Muster in einem minimalen Modell der Phytoplankton-Zooplankton-Dynamik [4, 5] erläutert.

Die durch differentielle Flüsse hervorgerufene Instabilität setzt nicht die für aquatische Systeme stark einschränkende Turing-Bedingung sich unterscheidender Diffusionskoeffizienten voraus. Daher kann sie in einer größeren Zahl physikalischer, chemischer und biologischer Systeme erwartet werden. Die durch Relativbewegung verursachte Bildung von Populationswellen in Scheffers Planktonmodell dient hier der Illustration [6].

Inhomogene Anfangsbedingungen können zahlreiche andere Strukturen wie irreguläre Oszillationen hinter diffusiven Invasionsfronten sowie konzentrische und Spiralwellen erzeugen [7, 8, 9]. In ungleichförmiger Umwelt, d.h. in Systemen mit räumlich und/oder zeitlich variierenden Kontrollparametern, kann das ganze Spektrum raumzeitlicher dissipativer Strukturen entstehen. Verschiedene Wege ins deterministische Chaos [10, 11] werden ebenso anhand des

Scheffer-Modells demonstriert wie Wellen- und Frontbewegungen oder die stationäre räumliche Koexistenz verschiedener stabiler Populationszustände. Ergebnisse der regelbasierten Hybridmodellierung von Fischschwärmen und ihrem Einfluss auf die Patchbildung der Planktonpopulationen werden ebenfalls vorgestellt, vgl. [http://www.usf.uos.de/~malchow/ Research/Projects/](http://www.usf.uos.de/~malchow/Research/Projects/).

- [1] Turing AM (1952): Phil. Trans. R. Soc. Lond. B 237, 37–72.
- [2] Evans GT (1977): Deep-Sea Res. 24, 931–936.
- [3] Rovinsky AB, Menzinger M (1992): Phys. Rev. Lett. 69, 1193–1196.
- [4] Scheffer, M.: OIKOS 62, 271–282 (1991).
- [5] Malchow H (1993): Proc. R. Soc. Lond. B 251, 103–109.
- [6] Malchow H (2000): J. Theor. Biol. 204, 639–647 (2000).
- [7] Petrovskii SV, Malchow H (1999): Mathematical and Computer Modelling 29, 49–63.
- [8] Medvinsky AB, Petrovskii SV, Tikhonova IA, Malchow H, Li B-L (2002): SIAM Rev. 44(3), 311–370.
- [9] Malchow H, Hilker FM, Petrovskii SV, Brauer K (2004): Ecol. Complexity 1, 211–223.
- [10] Pascual M (1993): Proc. R. Soc. Lond. B 251, 1–7.
- [11] Steffen E, Malchow H, Medvinsky AB (1997): Env. Modeling and Assessment 2, 43–48.

## **Ausbreitungsgeschwindigkeiten biologischer Invasionen**

*Frank Hilker*

*Umweltsystemforschung – Uni Osnabrück*

Biologische Invasionen sind einer der Hauptgründe für das Artensterben und nachhaltige Störungen von Ökosystemen. Bekämpfungs- und Präventionsmaßnahmen verursachen zudem einen enormen wirtschaftlichen Schaden. Reaktions-Diffusions-Modelle haben wesentlich zum Verständnis der Dynamik von Invasionen beigetragen [1, 2, 3] und erfolgreich konstante Ausbreitungsgeschwindigkeiten prognostiziert.

Viele weitere raum-zeitliche Muster im Ausbreitungsverhalten können durch verschiedene Mechanismen erklärt werden. Zum Beispiel führt langreichweitiges Dispersal zu bilinearen oder kontinuierlich wachsenden Ausbreitungsgeschwindigkeiten [4]. Stochastizität kann eine "fleckenhafte" Invasion bewirken [5].

Der Einfluss von Infektionskrankheiten auf den Invasionsprozess ist noch weitgehend unbekannt. Dies ist um so erstaunlicher, da Krankheitserreger häufig als Ursache für das plötzliche Zusammenbrechen erfolgreich laufender Invasionen benannt werden. Ein räumlich explizites epidemiologisches Modell vom Kermack-McKendrick Typ [6] kann dieses Phänomen beschreiben, wenn zusätzlich ein Wachstum mit starkem Allee-Effekt [7] angenommen wird [8]. Die erfolgreiche Invasion der gesunden Population kann dann entweder verlangsamt, gestoppt oder bis zur letztendlichen Auslöschung umgedreht werden [9].

- [1] Fisher R.A. (1937): Ann. Eugenics 7: 355–369.
- [2] Skellam JG (1951): Biometrika 38: 196–218.
- [3] Okubo A & Levin SA (2001): Diffusion and ecological problems. Springer, New York.
- [4] Shigesada N & Kawasaki K (1997): Biological Invasions. Oxford University Press, Oxford.
- [5] Lewis MA & Pacala S (2000): J. Math. Biol. 41: 387–429.
- [6] Kermack WO & McKendrick AG (1932): Proc. Roy. Soc. Edin. A 138: 55–83.
- [7] Allee WC (1931): Animal aggregations: a study in general sociology. Univ Chicago Press, Chicago.
- [8] Hilker FM, Langlais M, Petrovskii SV, Malchow H (2004a): Math. Biosci., eingereicht.
- [9] Hilker FM, Lewis MA, Seno H, Langlais M, Malchow H (2004b): Biol. Inv., eingereicht.

## Teil 6: Skaleninvarianzen

### Empirische Ansätze für die Skalierung bodenökologischer Prozesse

*Monika Joschko, Peter Lentzsch, Stephanie Krück  
ZALF Müncheberg*

In der Bodenökologie ist die Untersuchung der Beziehung zwischen Bodeneigenschaften und Bodenorganismen von entscheidender Bedeutung, u.a. für die Analyse der Wirkung von Bewirtschaftungsmaßnahmen. Ein wichtiger Aspekt ist dabei die Überprüfung auf Skaleninvarianz oder Skalenabhängigkeit der beobachteten Beziehungen. Kenntnis darüber ist notwendig zum Beispiel für den Vergleich verschiedener Böden oder für die Übertragung auf andere Skalenbereiche.

In dem Beitrag soll am Beispiel von räumlichen Beziehungen zwischen Bodeneigenschaften und Bodentierabundanz (Regenwürmern, Enchyträen) auf sandigen Ackerböden in Brandenburg mögliche Vorgehensweisen für die Skalierung und erste Resultate vorgestellt werden.

### Spatial and temporal scale invariance in forest landscapes simulated by a generic cellular automaton model

*Janine Bolliger  
WSL, Birmensdorf (CH)*

Scaling has been identified to be one suitable approach to tackle with ecosystem complexity. The interpretation of a scaling relation is how a pattern behaves within and between different scale ranges. Scale invariance (power laws) in systems indicates that the system does not exhibit any characteristic space or time scale. It manifests itself with fractals (spatial scale invariance), or  $1/f$  noise (temporal scale invariance). Scale invariance has been observed across a broad range of systems. The ecological interpretation of scale invariance is that all scales within the scale-range considered are equivalent so that the same conclusions on the ecological process may be drawn from any scale.

This study assesses the spatial and temporal scale invariance for the historical landscape pattern of Wisconsin (USA) with a generic and stochastic cellular automaton based on qualitative (R.W. Finley's "Original Vegetation of Wisconsin") and quantitative landscape classifications (fuzzy classifications).

Comparisons between model simulations and the empirical forest landscapes include temporal dynamics and spatial patterns. Results suggest that the simulated landscape (1) exhibits self-organization for intermediate neighborhoods ( $r = 3$ ), independent of the classification approach, three model-development rules; (2) achieves temporal (cluster probability) dynamics and spatial patterns (fractal dimension) exhibiting scale invariance across a large range of scales consistent with empirical evidence.

**Abstract – Poster**

**Contribution of  $\beta$ -diversity to plant species richness at different scales**

*Doreen Gabriel, Carsten Thies, Teja Tschardtke  
FG Agrarökologie – Uni Göttingen*

Patterns of species diversity vary across spatial scales. Thereby overall species richness within an area is the combined effect of diversity at the lowest spatial scale plus heterogeneity ( $\beta$ -diversity) at larger scales. Identifying the spatial scale, at which the highest turnover occurs, may help for understanding and conserving floristic diversity in agricultural landscapes.

A hierarchically nested design was used to quantify plant diversity in organic and conventional wheat fields at three spatial scales: the plot scale ( $N = 800$ ), the field scale ( $N = 40$ ), and the regional scale ( $N = 3$ ). By applying the additive partitioning approach, the overall species richness is the sum of  $\alpha$ -diversity at plot scale,  $\beta$ -diversity at plot scale,  $\beta$ -diversity at field scale and  $\beta$ -diversity at regional scale. Here, we examined the relative contribution of  $\beta$ -diversity at plot, field, and regional scale to the total observed species richness. In addition, we differentiated between rare species (occurrence in less than 5% of total sampling) and common species (occurrence in more than 25% of total sampling) to identify group-specific differences in the scale response.

Altogether, we observed 110 plant species, of which 43 species were rare and 35 species common. The relative contribution of  $\beta$ -diversity to the observed overall species richness differed distinctly between spatial scales, species groups and farming system.  $\beta$ -diversity at the field scale turned out to be most important for overall diversity of all species (organic fields: 37%, conventional fields: 29%). In contrast, rare species were mainly influenced by  $\beta$ -diversity at the regional scale (organic fields: 49%, conventional fields: 18%). Common species were mainly determined by  $\beta$ -diversity at the plot scale in organic fields (41%) and by  $\beta$ -diversity at the field scale in conventional fields (45%).

Our results indicate the importance of spatial heterogeneity for species richness and revealed scale-dependent effects for species groups. Huge differences in plant community composition were found among fields and regions obviously due to differences in abiotic and biotic conditions. The results suggest that conservation management should expand the view from the classical local scale to regional settings at the landscape scale.

## Liste der Teilnehmerinnen und Teilnehmer

Lutz Becks  
Uni Köln, Zool. Inst. Abt. Ökologie und  
Limnologie  
Weyertal 119  
50923 Köln  
[lbecks@uni-koeln.de](mailto:lbecks@uni-koeln.de)

Dr. Uta Berger  
Center for Tropical Marine Ecology  
Fahrenheitstr.6  
28359 Bremen  
[uberger@zmt.uni-bremen.de](mailto:uberger@zmt.uni-bremen.de)

Markus Bernhardt  
TU München, Wissenschaftszentrum  
Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung  
und Umwelt,  
Department für Ökologie - Fachgebiet  
Geobotanik  
Am Hochanger 13  
D - 85354 Freising  
[Bernhardt-m@wzw.tum.de](mailto:Bernhardt-m@wzw.tum.de)

Dr. Janine Bolliger  
Swiss Federal Research Institute WSL  
Zürcherstr. 111  
CH-8903 Birmensdorf, Schweiz  
[janine.bolliger@wsl.ch](mailto:janine.bolliger@wsl.ch)

Holger Brux  
IBL-Umweltplanung  
Unterm Berg 39  
26123 Oldenburg  
[brux@ibl-umweltplanung.de](mailto:brux@ibl-umweltplanung.de)

Prof. Dr. Wilhelm Dahmen  
Lorbacher Weg 6  
53894 Mechernich

Dr. Jens Dauber  
IFZ, Uni Giessen  
Heinrich-Buff-Ring 26-32  
35392 Giessen  
[jens.dauber@allzool.bio.uni-giessen.de](mailto:jens.dauber@allzool.bio.uni-giessen.de)

Dr. Carsten F. Dormann  
UFZ - Centre for Environmental Research  
Department of Applied Landscape Ecology  
Permoserstr. 15  
D-04318 Leipzig  
[carsten.dormann@ufz.de](mailto:carsten.dormann@ufz.de)

Dr. Christiane Eschenbach  
Am Wiesengrund 3,  
24214 Schinkel  
[eschenba@uni-hohenheim.de](mailto:eschenba@uni-hohenheim.de)

Dr. Birgit Felinks  
UFZ-Environmental Research Center  
Department of Nature Conservation Research  
Permoserstr. 15  
D-04318 Leipzig  
[birgit.felinks@ufz.de](mailto:birgit.felinks@ufz.de)

Dr. Katrin Fleischbein  
GFZ Potsdam – Sektion 5.4 Ingenieurhydrologie  
Telegraphenberg  
124473 Potsdam  
[katrin.fleischbein@gfz-potsdam.de](mailto:katrin.fleischbein@gfz-potsdam.de)

Doreen Gabriel  
FG Agrarökologie, Georg-August-Universität  
Göttingen  
Waldweg 26  
37073 Göttingen  
[d.gabriel@uaoe.gwdg.de](mailto:d.gabriel@uaoe.gwdg.de)

Dr. Dagmar Haase  
UFZ - Centre for Environmental Research  
Department of Applied Landscape Ecology  
Permoserstr. 15  
D-04318 Leipzig  
[dagmar.haase@ufz.de](mailto:dagmar.haase@ufz.de)

PD Dr. Heidrun Hesse  
Universität Tübingen, Philosophisches Seminar  
Bursagasse 1  
D - 72070 Tübingen  
[heidrun.hesse@surfeu.de](mailto:heidrun.hesse@surfeu.de)

Frank Hilker  
Institut für Umweltsystemforschung  
[fhilker@uos.de](mailto:fhilker@uos.de)

Annelie Holzkämper  
UFZ - Centre for Environmental Research  
Department of Applied Landscape Ecology  
Permoserstr. 15  
D-04318 Leipzig  
[annelie.holzkaemper@ufz.de](mailto:annelie.holzkaemper@ufz.de)

Dr. Fred Jopp  
Lab.for Soil Zoology & Ecology  
FU Belin  
Grunewaldstr. 34  
D-12165 Berlin  
[fjopp@zedat.fu-berlin.de](mailto:fjopp@zedat.fu-berlin.de)

Dr. Monika Joschko  
ZALF  
Müncheberg  
[mjoschko@zalf.de](mailto:mjoschko@zalf.de)

PD Dr. Michael Judas  
Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach  
Auf der Klappe 2  
37154 Northeim  
[mjudas@gwdg.de](mailto:mjudas@gwdg.de)

Dr. Reinhard Klenke  
UFZ – Centre for Environmental Research  
Department of Conservation Research  
Permoserstr. 15  
D-04318 Leipzig  
[reinhard.klenke@ufz.de](mailto:reinhard.klenke@ufz.de)

Sebastian Klimek  
Forschungs- und Studienzentrum  
Landwirtschaft und Umwelt  
Institut für Pflanzenpathologie und  
Pflanzenschutz  
Georg-August-Universität Göttingen  
Grisebachstraße 6  
37077 Göttingen  
[sklimek@gwdg.de](mailto:sklimek@gwdg.de)

Dr. Markus Knoflacher  
Austrian Research Center  
A-2444 Seibersdorf  
[markus.knoflacher@arcs.ac.at](mailto:markus.knoflacher@arcs.ac.at)

Prof. Dr. Karl-Hermann Korfsmeier  
Institut für Anatomie, Universität Münster  
Vesaliusweg 2-4  
48268 Münster  
[korfsmeier@uni-muenster.de](mailto:korfsmeier@uni-muenster.de)

Gisbert Kuhn  
Bayer. Landesanstalt für Landwirtschaft  
[gisbert.kuhn@LFL.bayern.de](mailto:gisbert.kuhn@LFL.bayern.de)

Prof. em. Dr. Helmut Lieth  
Osnabrück  
[Helmut.Lieth@t-online.de](mailto:Helmut.Lieth@t-online.de)

Dr. Karl-Erich Lindenschmidt  
GFZ Potsdam – Sektion 5.4  
Telegraphenberg  
124473 Potsdam  
[kel@gfz-potsdam.de](mailto:kel@gfz-potsdam.de)

Dr. Heike Lischke  
Eidg. Forschungsanstalt WSL  
Zürcherstr. 111  
CH-8903 Birmensdorf, Schweiz  
[heike.lischke@wsl.ch](mailto:heike.lischke@wsl.ch)

Achim Lotz  
Niedwiesenstr. 64 a  
60431 Frankfurt am Main  
[a.e.p.lotz@freenet.de](mailto:a.e.p.lotz@freenet.de)

Prof. Dr. Horst Malchow  
Institut für Umweltsystemforschung Universität  
Osnabrück  
Artilleriestr. 34  
49069 Osnabrück  
[malchow@uos.de](mailto:malchow@uos.de)

Dr. Oliver Merten  
Landesumweltamt Brandenburg Referat Ö3  
Berliner Straße 21-25  
14467 Potsdam  
[oliver.merten@lua.brandenburg.de](mailto:oliver.merten@lua.brandenburg.de)

Sina Muster  
Universität Potsdam, Institut für Geoökologie  
[sina.muster@web.de](mailto:sina.muster@web.de)

Dr. Ursula Nigmann  
Kesselgasse 7  
09599 Freiberg  
[bionig@t-online.de](mailto:bionig@t-online.de)

Jörn Pagel  
Universität Potsdam, Institut für Geoökologie  
[JoernPagel@gmx.de](mailto:JoernPagel@gmx.de)

Alexander Peringer  
Institut für Landschaftsplanung und Ökologie,  
Universität Stuttgart  
Keplerstr. 11  
70174 Stuttgart  
[ap@ilpoe.uni-stuttgart.de](mailto:ap@ilpoe.uni-stuttgart.de)

Theresia Petrow  
GFZ Potsdam – Sektion 5.4 Ingenieurhydrologie  
Telegraphenberg  
124473 Potsdam  
[thpetrow@gfz-potsdam.de](mailto:thpetrow@gfz-potsdam.de)

Birgit Reger  
Justus-Liebig-University Giessen  
Division of Landscape Ecology and Landscape  
Planning  
Heinrich-Buff-Ring 26-32  
D-35392 Giessen  
[birgit.reger@agrar.uni-giessen.de](mailto:birgit.reger@agrar.uni-giessen.de)

Dr. Hauke Reuter  
Centre for Environmental Research &  
Technology (UFT),  
University of Bremen  
P.O. Box 330440  
28334 Bremen  
[hauke.reuter@uni-bremen.de](mailto:hauke.reuter@uni-bremen.de)

Christine Römermann  
Institute of Botany, University of Regensburg  
D-93040 Regensburg  
[christine.roemermann@biologie.uni-regensburg.de](mailto:christine.roemermann@biologie.uni-regensburg.de)

Dr. Boris Schröder  
Universität Potsdam, Institut für Geoökologie  
Postfach 601553  
14415 Potsdam  
[boschroe@uni-potsdam.de](mailto:boschroe@uni-potsdam.de)

Dr. Henning Schröder  
Institute of Geography, University of Erlangen-  
Nürnberg  
Kochstr. 4/4  
D-91054 Erlangen  
[henning.schroeder@geographie.uni-erlangen.de](mailto:henning.schroeder@geographie.uni-erlangen.de)

Prof. Dr. Ralf Seppelt  
UFZ - Centre for Environmental Research  
Department of Applied Landscape Ecology  
Permoserstr. 15  
D-04318 Leipzig  
[ralf.seppelt@ufz.de](mailto:ralf.seppelt@ufz.de)

Prof. Carlos Frankl Sperber  
Departamento de Biologia Geral, Universidade  
Federal de Viçosa  
36570 -000 Viçosa - MG, Brasilien  
[sperber@ufv.br](mailto:sperber@ufv.br)

Vanessa Stelzenmüller  
ICBM, AG Aquatische Ökologie  
Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg  
Postfach 2503  
26111 Oldenburg  
[vanessa.stelzenmueller@mail.uni-oldenburg.de](mailto:vanessa.stelzenmueller@mail.uni-oldenburg.de)

Martin Szaramowicz  
Universität Potsdam, Institut für Geoökologie  
Postfach 601553  
14415 Potsdam  
[mszaramo@rz.uni-potsdam.de](mailto:mszaramo@rz.uni-potsdam.de)

David Thieltges  
AWI, Wattenmeerstation Sylt  
Hafenstr. 43  
25992 List  
[dthieltges@awi-bremerhaven.de](mailto:dthieltges@awi-bremerhaven.de)

Britta-Kristien Tietjen  
UFZ - Centre for Environmental Research  
Department Ökosystemanalyse  
Lützowstr. 52  
04157 Leipzig  
[britta.tietjen@ufz.de](mailto:britta.tietjen@ufz.de)

Dipl. Biol. Katrin Tirok  
Universität Potsdam, Institut für Biochemie und  
Biologie  
Maulbeerallee 2  
D-14469 Potsdam  
[tirok@rz.uni-potsdam.de](mailto:tirok@rz.uni-potsdam.de)

Dr. Eckart Winkler  
UFZ - Centre for Environmental Research  
Department Ökosystemanalyse  
Permoserstr. 15  
D-04318 Leipzig  
[Eckart.winkler@ufz.de](mailto:Eckart.winkler@ufz.de)

Prof. Dr. Erwin Zehe  
Universität Potsdam, Institut für Geoökologie  
[ezehe@rz.uni-potsdam.de](mailto:ezehe@rz.uni-potsdam.de)

Dr. Wolfgang Zehlius-Eckert  
TU-München-Weihenstephan, Lehrstuhl für  
Landschaftsökologie  
Am Hochanger 6  
85350 Freising  
[zehlius@gmx.de](mailto:zehlius@gmx.de)