

# Gemeinsam gegen die Folgen des Klimawandels in Bayern

- Biodiversität
- Ökosystemleistungen
- Wissenschaftskommunikation
- Naturschutz, Landschaftsplanung,  
Stadt- und Regionalentwicklung



## Impressum

Konzept Dr. Ulrike Kaltenhauser  
Heinrich Dittmar

Design hr-design, Rainer Herrmann

Druck Druckhaus Kastner, Wolnzach

© 2018 Alle Rechte vorbehalten

bayklif wird gefördert durch

Bayerisches Staatsministerium für  
Wissenschaft und Kunst





**Bayerisches Netzwerk für Klimaforschung**

Herausforderungen durch den Klimawandel in Bayern  
 Prof. Dr. Annette Menzel und Prof. Dr. Ingolf Steffan-Dewenter  
 Wissenschaftliche Sprecher des Netzwerks ..... 6



**Bayerisches Netzwerk für Klimaforschung**

Gemeinsam gegen die Folgen des Klimawandels ..... 8

**Juniorforschungsgruppen**



**Dr. Alice Claßen, Juniorforschungsgruppe ADAPT**

Wandelt Klima Arten? Zur Anpassungsfähigkeit von Bestäubern im alpinen Raum..... 11



**Dr.-Ing. Claudia Hemmerle, Juniorforschungsgruppe Cleanvelope**

Energieaktive Gebäudehüllen als Baustein klimaorientierter Stadtentwicklung..... 12



**Dr. Christian Hof, Juniorforschungsgruppe MINTBIO**

Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt in Bayern.  
 Multidimensionale Integration für bessere Biodiversitätsprognosen ..... 13



**Dr. Lisa Hülsmann, Juniorforschungsgruppe BayForDemo**

Anpassungsstrategien an den Klimawandel für bayerische Wälder  
 basierend auf der Simulation demografischer Prozesse..... 14



**Dr. Christian S. Zang, Juniorforschungsgruppe HyBBEx**

Hysteresis-Effekte in Bayerischen Buchenwald-Ökosystemen durch Klimaextreme ..... 15

**Verbundprojekte**



**Prof. Dr. Achim Bräuning, Verbundprojekt BayTreeNet**

Talking Trees..... 16



**Prof. Dr. Achim Bräuning, BayTreeNet TP 1**

Dendroökologie ..... 17



**Prof. Dr. Thomas Mölg, BayTreeNet TP 2**

Klimadynamik..... 17



**Prof. Dr. Jan Christoph Schubert, BayTreeNet TP 3**

Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE)..... 18

## Verbundprojekte



### Prof. Dr. Annette Menzel, Verbundprojekt BAYSICS

Bayerisches Synthese-Information-Citizen Science  
Portal für Klimaforschung und Wissenschaftskommunikation ..... 19



### Prof. Dr. Annette Menzel, BAYSICS TP 1

Koordination und Kommunikation..... 20



### Prof. Dr. Dieter Kranzlmüller, BAYSICS TP 2

Agile Benutzerinteraktion in „Citizen Science“ - Aufbau der  
BAYSICS IT-Infrastruktur und Implementierung einer Tool-Box ..... 20



### Prof. Dr.-Ing. Liqiu Meng, BAYSICS TP 3

Ein KlimaEventPortal zur Wissenserschließung..... 21



### Prof. Dr. Annette Menzel, BAYSICS TP 4

Phänologie als Bioindikator für Klimawandel..... 21



### Prof. Dr. Susanne Jochner-Oette, BAYSICS TP 5

Klimabedingte Änderungen der Pollenbelastung..... 22



### Prof. Dr. Jörg Ewald, BAYSICS TP 6

Höhengrenzen von Baumarten selbst erkunden..... 22



### Prof. Dr. Wolfgang W. Weisser, BAYSICS TP 7

Tiere in der Stadt – Umweltgerechtigkeit in Zeiten des Klimawandels ..... 23



### Prof. Dr. Ulrike Ohl, BAYSICS TP 8

Schülerinnen und Schüler erforschen den Klimawandel vor der eigenen Haustür ..... 23



### Prof. Dr. Arne Dittmer, BAYSICS TP 9

Klimawandel im Dialog –Komplexität verstehen, kommunizieren und bewerten..... 24



### Prof. Dr. Henrike Rau, BAYSICS TP 10

Verantwortung und Wirksamkeit: Gesellschaftliche Perspektiven zum Klimaschutz ..... 24



### Prof. Dr. Stefan Peiffer, Verbundprojekt AQUAKLIF

Einfluss multipler Stressoren auf Fließgewässer im Klimawandel..... 25



### Prof. Dr. Jürgen Geist, AQUAKLIF TP 1

Effekte von Feinsediment- und Temperaturstress auf aquatische Lebensgemeinschaften ..... 26



### Prof. Johannes Barth, Ph. D., AQUAKLIF TP 2

Stabile Isotopen – Indikatoren für veränderte Fließbedingungen und  
biologische Umsätze in hyporheischen Zonen..... 26



### Prof. Dr. Stefan Peiffer, Dr. Ben Gilfedder, AQUAKLIF TP 3

Einfluss multipler Stressoren auf N-, C- und Fe-Umsätze in der hyporheischen Zone..... 27



### Prof. Dr. Carl Beierkuhnlein, AQUAKLIF TP 4

Quellen als Indikationssysteme für die Auswirkungen des Klimawandels in Wäldern ..... 27



### Dr. Britta Aufgebauer, Dr. Sven Frei, AQUAKLIF TP 5

Prognose und Analyse des Verhaltens kleiner Einzugsgebiete im Kontext  
des lokalen Klimawandels..... 28



### Prof. Dr. Thomas Koellner, AQUAKLIF TP 6

Klimawandel in Bayern: Gewässergüte und nachhaltige Landwirtschaft in hyporheischen Zonen..... 28



### Prof. Dr. Stefan Peiffer, Dr. Birgit Thies, AQUAKLIF TP 7

Implementierung und Öffentlichkeitsarbeit ..... 29

## Verbundprojekte



### Prof. Dr. Anja Rammig, Verbundprojekt BLIZ

Blick in die Zukunft – Wechselwirkungen zwischen Gesellschaft, Landnutzung, Ökosystemleistungen und Biodiversität in Bayern bis 2100 ..... 30



### Prof. Dr. Wolfgang W. Weisser, Prof. Dr. Anja Rammig, BLIZ TP 1

Auswirkungen von Landnutzungsund Klimawandel auf terrestrische Ökosysteme und Biodiversität..... 31



### Prof. Dr. Juliano Sarmiento Cabral, BLIZ TP 2

Biodiversitätskipppunkte im Klima- und Landnutzungswandel..... 31



### Dr. Uta Raeder, BLIZ TP 3

Kippunkte in limnischen Systemen..... 32



### Prof. Dr. Thomas Knoke, Prof. Dr. Johannes Sauer, BLIZ TP 4

Einfluss des Klimawandels auf Landnutzung und Multifunktionalität..... 32



### Prof. Dr. Florian Hartig, BLIZ TP 5

Unsicherheit und Risiko in Systemmodellen zu Klimafolgen in Bayern ..... 33



### Prof. Dr. Perdita Pohle, BLIZ TP 6

Multifunktionale ländliche Räume in Bayern im Kontext des Klimawandels: Sozial-ökologische Transformationen und Akzeptanz von nachhaltigen Landnutzungsoptionen..... 33



### Prof. Dr. Ingolf Steffan-Dewenter, Verbundprojekt LandKlif

Auswirkungen des Klimawandels auf Artenvielfalt und Ökosystemleistungen in naturnahen, agrarischen und urbanen Landschaften und Strategien zum Management des Klimawandels..... 34



### Prof. Dr. Ingolf Steffan-Dewenter, LandKlif TP 1

Klimawandel im Landschaftskontext: Funktionelle Biodiversität, biotische Ökosystemleistungen und Datensynthese..... 35



### Prof. Dr. Jörg Müller, LandKlif TP 2

Auswirkungen des Klimas auf funktionale Diversität, naturschutzfachliche Priorisierung und Zersetzer-Gemeinschaften im Landnutzungsgradienten..... 35



### Prof. Dr. Jörg Ewald, LandKlif TP 3

Vegetation der bayerischen Normallandschaft zwischen Klimaerwärmung und Hemerobie..... 36



### Prof. Dr. Johannes Kollmann, LandKlif TP 4

Renaturierung von Artenvielfalt und Ökosystemleistungen urbaner Landschaften zur Verbesserung der Klimaresilienz und Invasionsresistenz..... 36



### Prof. Dr. Annette Menzel, LandKlif TP 5

Auswirkungen des Klimawandels auf Pflanzenphänologie und Schalenwild - Die Rolle von zeitlicher Synchronisierung und skalenübergreifender Variabilität in der Landschaft..... 37



### PD Dr. Thomas Hovestadt, LandKlif TP 6

Landschafts-basierte Modellierung von Anpassungsreaktion an neue klimatische Bedingungen..... 38



### PD Dr. habil. Christopher Conrad, LandKlif TP 7

Erfassung von Landnutzung und Ökosystemleistungen mit Fernerkundung..... 39



### Prof. Dr. Harald Kunstmann, LandKlif TP 8

Klima- und Wasserhaushaltsanalyse für Bayern mittels extrem hochaufgelöster regionaler Erdsystemmodellierung..... 39



### Prof. Dr. Thomas Koellner, LandKlif TP 9

Modellierung und Bewertung von Ökosystemleistungen unter Klimawandel ..... 40



### Prof. Dr. Christoph Moning, LandKlif TP 10

Anpassungsstrategien an den Klimawandel im Landschaftsmanagement sowie der Landschafts- und Raumplanung..... 40



### Prof. Dr. Ingolf Steffan-Dewenter, LandKlif TP 11

Koordinationsprojekt..... 41

### Forschungsstation

Die Umweltforschungsstation Schneefernerhaus (UFS)..... 42

### Forschungsstandorte

..... 43

## Herausforderung durch den Klimawandel in Bayern



### Sprecherin des Netzwerks

**Prof. Dr. Annette Menzel**

Professur für Ökoklimatologie  
Technische Universität München  
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2  
85354 Freising  
Tel: +49 8161 714740  
eMail: annette.menzel@tum.de



### Sprecher des Netzwerks

**Prof. Dr.  
Ingolf Steffan-Dewenter**

Department of Animal Ecology  
and Tropical Biology  
Universität Würzburg  
Biocenter - Am Hubland  
97074 Würzburg  
Tel: +49 931 31-84352  
eMail:  
ingolf.steffan@uni-wuerzburg.de

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

der Sommer 2018 war überdurchschnittlich warm und trocken, gekennzeichnet durch lang anhaltende Hitze und intensive Trockenheit. Nach 2003 stellte 2018 sogar den zweitwärmsten Sommer seit Beginn der systematischen Wetteraufzeichnungen dar. Viele von Ihnen haben hautnah erfahren, was ein künftiger Wandel des Klimas für unseren Lebensalltag bedeuten kann. Viele Landwirte haben aufgrund der Trockenheit geringere Ernten eingefahren und müssen ihren Tierbestand reduzieren, weil die Futtermengen für den Winter nicht ausreichen. In den bayerischen Wäldern ist der Holzzuwachs deutlich geringer und es kam regional zur Massenentwicklung von Schadinsekten. Die Gewässer wurden überdurchschnittlich stark erwärmt, so dass es in einigen Flüssen zu Fischsterben kam. Zudem führte das Niedrigwasser zu starken Behinderungen im Binnenschiffsverkehr. In unseren Städten mit ihren generell höheren Durchschnittstemperaturen hat die Hitzewelle zu großen gesundheitlichen Belastungen der Bevölkerung geführt und die allgemeine Lebensqualität deutlich verschlechtert. Dies sind nur einige Beispiele für die Folgen, die der künftige Klimawandel für uns alle haben wird.

Die derzeitigen Klimamodelle sagen eine Erhöhung der globalen Durchschnittstemperatur im Vergleich zum Zeitraum 1971-2000 von deutlich über 2 °C bis 2050 voraus. Das bedeutet, dass es regional, beispielsweise in den bayerischen Alpen, bis Ende des Jahrhunderts noch deutlich wärmer werden wird. Die derzeitigen globalen, europäischen und nationalen Anstrengungen zur Begrenzung des Klimawandels sind bei weitem nicht ausreichend, um das politisch

vereinbarte 2° Limit einzuhalten. Hier sind signifikante politische und gesellschaftliche Anstrengungen dringend erforderlich. Derzeit ist ungewiss, wie sich das regionale Klima in Bayern konkret verändern wird und welche Folgen dies für das Überleben von Tier- und Pflanzenarten, ihre ökologischen Wechselbeziehungen sowie die vielfältigen Leistungen, die sie für die Gesellschaft erbringen, haben wird.

Die bereits zu beobachtenden gravierenden ökologischen und ökonomischen Auswirkungen des fortschreitenden Klimawandels in Bayern verdeutlichen, dass alles getan werden muss, um die negativen Folgen in der Zukunft abzumildern. Hierzu gibt es interessante Ansatzpunkte für künftige Anpassungsmaßnahmen: So wird angenommen, dass der Biomassezuwachs in artenreichen Grünlandflächen, ökologisch bewirtschafteten Ackerflächen und artenreichen Mischwäldern weniger stark beeinträchtigt wird, Gewässer mit naturnaher Ufervegetation und Beschattung weniger stark von Erwärmung betroffen sind und Städte mit Grünluftschneisen und trocken-toleranten Stadtbaumarten Hitz- und Trockenperioden besser verkraften könnten. Andererseits könnten intensive landwirtschaftliche Nutzung, die Versiegelung von Oberflächen und andere Belastungen der Umwelt die direkten und indirekten Auswirkungen des Klimawandels verstärken. Die konkreten Zusammenhänge sowie bisherige und zu erwartende, künftige Veränderungen sind jedoch nur sehr unvollständig verstanden. So fehlt derzeit die Datengrundlage, um langfristige Veränderungen von Artenvielfalt und ökologischen Leistungen im Zuge des Klimawandels nachvollziehen zu können. Die Wechselwirkungen zwischen Artengemeinschaften, Lebensräumen, Landnutzung und Klimawandel, die Reaktionen auf klimatische Extremereignisse sowie das ökologische und evolutionäre Anpassungspotential von Ökosystemen sind wenig verstanden. Und es fehlen wissenschaftlich fundierte Konzepte zur Beteiligung der Gesellschaft an diesen Forschungsfragen.

Das Bayerische Netzwerk für Klimaforschung (bayklif) möchte hier zum wissenschaftlichen Verständnis der Ursachen und Wechselwirkungen beitragen und konkrete gesellschaftliche und politische Maßnahmen zur Abmilderung des Klimawandels und seiner Folgen in Bayern erreichen. Dieses bundesweit einzigartige Vorhaben umfasst fünf Forschungsverbände





und fünf unabhängige Nachwuchsgruppen, die mit interdisziplinären Forschungsansätzen die Lebensräume in Bayern gemeinsam erforschen werden. Die fachübergreifende Vernetzung der Verbünde ermöglicht erstmals eine Bayern-weit koordinierte Forschungsstrategie der beteiligten Wissenschaftler. Die enge Zusammenarbeit mit staatlichen Einrichtungen, Landnutzern, Naturschutzverbänden und anderen gesellschaftlichen Akteuren verspricht wichtige Erkenntnisse und signifikante Fortschritte in der Bewältigung des Klimawandels. An dieser Stelle möchten wir Sie alle aufrufen, nicht auf die Ergebnisse des Verbundes zu warten, sondern auch in Ihrem Lebensalltag alle Anstrengungen zu unternehmen, diese große gesellschaftliche Aufgabe zu bewältigen. Nur so kann es gelingen die Klimaerwärmung zu begrenzen und die biologische Vielfalt von Arten und Lebensräumen in Bayern als wichtige Grundlage für die Resilienz gegenüber Klimaveränderungen zu erhalten. Als Sprecher des Verbundes werden wir uns mit aller Kraft für eine enge Vernetzung von Wissenschaft und gesellschaftlichen Akteuren in Bayern einsetzen, um auch künftig eine hohe Lebensqualität in Bayern zu erhalten.



Annette Menzel  
Ingolf Steffan-Dewenter

November 2018

## Gemeinsam gegen die Folgen des Klimawandels



Wir freuen uns, die Leserinnen und Leser mit dieser Broschüre über ein neues Netzwerkprogramm in Bayern zu informieren, dessen Ziel es ist, für die Menschen im Freistaat Bayern durch intensive Bündelung der Forschung optimale Lebens- und Zukunftsbedingungen zu schaffen.

Gesellschaftlich und wissenschaftlich ist der Klimawandel eine der wichtigsten Herausforderungen unserer Zeit. Deshalb hat der Freistaat am 8. Juli 2014 durch den Bayerischen Ministerrat das „Klimaschutzprogramm Bayern 2050“ beschlossen. Ein zentrales Element der verabschiedeten Maßnahmen bildet dabei das Bayerische Klimaforschungsnetzwerk (bayklif).

### Netzwerkprogramme haben in Bayern eine lange Tradition

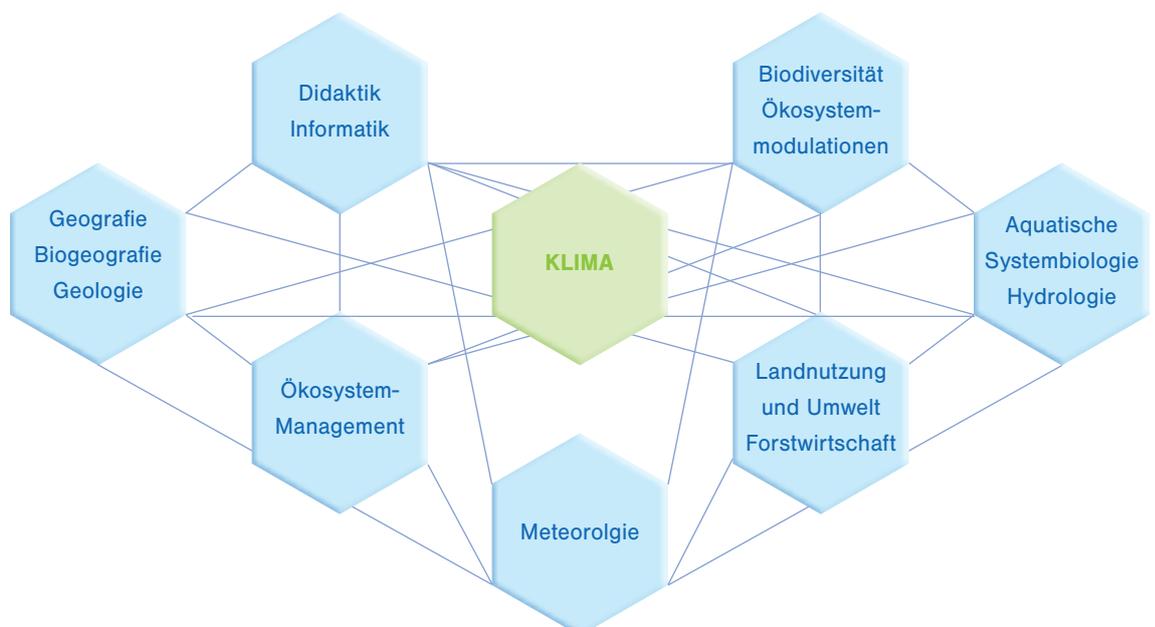
In Bayern setzt man schon seit vielen Jahren gezielt auf die Erfahrung, dass sich das Bündeln der wissenschaftlichen Kapazitäten in Form von Netzwerken in jedem Fall auszahlt. Bereits in den frühen 90er Jahren wurden in Bayern erste Verbundprojekte geschaffen. Schnell stellte sich heraus, dass solche Netzwerkprogramme effizienter die angestrebten Ziele erreichen. Inzwischen sind Forschungsverbünde- und netzwerke aus der bayerischen Forschungslandschaft nicht mehr weg zu denken. Neben der gezielten Verbesserung der Forschungsbedingungen für die etablierten Spitzenwissenschaftler ermöglicht die Forschung im Rahmen von wissenschaftlichen Netzwerken auch die Möglichkeit, gezielt Anreize für herausragende junge Wissenschaftler zu schaffen, um diese nach Bayern zu holen und innerhalb einer stimulierenden Infrastruktur die ideale Voraussetzung für deren gelungene Integration in das Bayerische Wissenschaftsnetz zu ermöglichen.

Der Fokus der Wissenschaftler liegt dabei darauf, möglichst erfolgreich eigene Forschungsziele zu verfolgen. Doch stellt man sich einmal die Frage, was den Erfolg eines Menschen ausmacht, so ist diese gar nicht so leicht zu beantworten. Einer Studie des Marktforschungsinstituts Resultate (Frankfurt) zufolge, basiert beruflicher Erfolg zu 60% auf Beziehungen, zu 30% auf Selbstdarstellung und nur zu 10% auf Wissen. Das heißt, wer erfolgreich sein möchte, sollte großen Wert darauf legen möglichst viele qualitativ hochwertige Kontakte zu knüpfen. Die Einbindung in die durch den Freistaat geförderten Netzwerkstrukturen ermöglicht es deshalb den Forschern, sich Zugang zu den wichtigsten Faktoren des Erfolgs zu verschaffen.

Netzwerke bilden damit die Grundlage für Innovation und Wertschöpfung. Diese beiden Faktoren hängen entscheidend von der Anzahl und Qualität der Interaktionen der einzelnen Netzwerkpartner ab. Deshalb ist es so wichtig in diesen Programmen wirklich die führenden Experten des geförderten Fachgebietes zu identifizieren. Aber das alleine kann den Erfolg von Netzwerken noch nicht erklären. Verbindungen, Ge-



### Interdisziplinäre Forschung in vielen Themenbereichen



Leitung der Geschäftsstelle

Dr. Ulrike Kaltenhauser

Genzentrum der LMU

Feodor-Lynen-Str. 25

D-81377 München

Tel. +49 89 2180 71021

eMail:

kaltenhauser@genzentrum.lmu.de

www.bayklif.de



**Heinrich A. Dittmar**  
Referent der Geschäftsleitung

- Biodiversität
- Ökosystemleistungen
- Wissenschaftskommunikation
- Naturschutz, Landschaftsplanung, Stadt- und Regionalentwicklung



sprache und Kontakte zu Menschen, deren Wissen und Erfahrungsschatz über die eigene Kompetenz hinausführen, tragen einen erheblichen Anteil zum Erfolg der kooperierenden Forscher bei. So ist es also auch wichtig, dass ein Netzwerk eine fächerübergreifende Expertise repräsentiert. Interdisziplinäres Arbeiten ist bei komplexen Fragestellungen unumgänglich. Die Zusammenarbeit über die einzelnen Arbeitsgebiete hinaus ermöglicht es, Ergebnisse aus einem anderen Blickwinkel zu sehen, zu interpretieren und neue Aspekte bei der Bewertung der Resultate mit einfließen zu lassen. Kooperationen mit den Netzwerkpartnern bereichern die Arbeit nicht zuletzt schon durch die Notwendigkeit, die eigenen Beiträge immer wieder in Frage zu stellen und in einem lebendigen Dialog zu führen.

## Durch das Programm transportierte Inhalte

Gemeinsam gehen die Forscher des Bayerischen Klimaforschungsnetzwerks der Frage nach: „Wie können wir dazu beitragen, den Klimawandel zu begrenzen und mit seinen Folgen bestmöglich umzugehen?“ Mit dem Fokus, essentielle, wissenschaftliche Grundlagen für den Umgang mit dem Klimawandel in Bayern zu erarbeiten und neue Konzepte im Naturschutz, in der Landschaftsplanung und in der Stadtentwicklung zu entwerfen und umzusetzen, arbeiten fünf unabhängige Juniorgruppen und fünf interdisziplinäre Verbundprojektgruppen zusammen. Die fünf Juniorprojektleiter und die 36 Teilprojektleiter der Verbände forschen an bayerischen Universitäten und



Fachhochschulen. Dabei ist geplant, entscheidende Einblicke in Veränderungsprozesse der Biodiversität und den Zusammenhang zwischen den globalen Veränderungen und den Ökosystemleistungen zu erhalten. Gleichzeitig wird angestrebt, aussagekräftigere und zuverlässigere Prognosen für die Zukunft treffen zu können. Die Entwicklung neuer Methoden der Wissenschaftskommunikation soll zu einer Weiterentwicklung des Kenntnisstandes, insbesondere in Bezug auf die ökologischen sowie gesellschaftlichen Folgen des Klimawandels für Bayern führen und die Menschen davon überzeugen, dass sie für den Erhalt einer lebenswerten Umwelt eine große Verantwortung tragen.

Schwerpunkte bilden hierbei die Bewertung und das Design von regionalen und überregionalen Konzepten und Instrumenten für die Politik im Bezug auf Klimaschutz und Klimaanpassung, sowie die Entwicklung und Anwendung von Verfahren, Strategien und Modellen zur Begrenzung des Klimawandels und zur regionalen Anpassung an seine Folgen. Eine Vernetzung nicht nur lokal zwischen den bayerischen Forschungsgruppen, sondern auch überregional bis hin zu europaweiten und internationalen Umweltprojekten sollen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler anstreben.

Das Programm des Bayerischen Klimaforschungsnetzwerks hat die Aufgabe, eine Basis für internationale Sichtbarkeit der bayerischen Spitzenforscher zu schaffen und ihnen dabei zu helfen, leistungsfähige Partnerschaften zur Erforschung des Klimawandels aufzubauen.



**Gabriele Jeske**  
Mitarbeiterin der Geschäftsstelle



## Organisation, Struktur und Finanzierungsvolumen

Das Bayerische Klimaforschungsnetzwerk hat einen Förderzeitraum von fünf Jahren und finanziert fünf interdisziplinäre Verbundprojekte an den Universitäten und Hochschulen: Augsburg, Bayreuth, Eichstätt-Ingolstadt, Erlangen, München (TU und LMU sowie LRZ), Regensburg, Weihenstephan-Triesdorf und Würzburg. Fünf herausragende Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftler an den Universitätsstandorten München, Regensburg und Würzburg erhalten durch die Förderung die Möglichkeit, eine eigene Forschungsgruppe aufzubauen, die für fünf Jahre finanziell abgesichert ist. Dem Programm steht ein Gesamtfinanzrahmen von 18 Millionen Euro zur Verfügung.

Die beiden „Wissenschaftlichen Sprecher“ Frau Prof. Annette Menzel (Technische Universität München) und Herr Prof. Ingolf Steffan-Dewenter (Universität Würzburg) sind verantwortlich für das wissenschaftliche Konzept und die Forschungsinhalte des Netzwerks. Sie repräsentieren das Netzwerk in der Öffentlichkeit und auch in der internationalen Fachwelt.

Ein „Wissenschaftlicher Beirat“ bestehend aus ausgewiesenen internationalen Experten begleitet die Projektleiter der geförderten Forschungsvorhaben beratend und evaluiert die Qualität der Forschung. Das Gremium spricht Empfehlungen für das Bayerische Staatsministerium für Wissenschaft und Forschung aus, die dann von den Wissenschaftlichen Sprechern und der Geschäftsstelle an die einzelnen Forschungsgruppen weitergegeben und umgesetzt werden.

Die Projekte des Bayerischen Klimaforschungsnetzwerks haben eine gemeinsame Geschäftsstelle, die insbesondere mit der Organisation und Koordination des Netzwerks betraut ist. Als Brücke für die Kommunikation zwischen den einzelnen Forschungsgruppen sorgt die Geschäftsstelle auch für den Dialog der Forschungsgruppen mit dem Bayerischen Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst. Sie unterstützt die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler bei administrativen Fragen, informiert die interessierte Öffentlichkeit über die neusten Ergebnisse der Forscher in einer allgemeinverständlichen Form, z.B. durch das Erstellen von Informationsmaterial sowie einer aktuellen Homepage. darüber hinaus arbeitet die Geschäftsstelle an der Kommunikation zwischen den Forschern und der Öffentlichkeit.

Am 07. Mai 2018 haben sich die Netzwerkmitglieder das erste Mal getroffen. Im Zentrum des Treffens stand das gegenseitige Kennenlernen und Netzwerken. Während dieser Veranstaltung sind erste vielversprechende Ideen für zukünftige Aktionen und Kooperationen entstanden. Es sind viele weitere Treffen geplant, um gemeinsam die besten Konzepte für die Arbeit im Netzwerk und den wissenschaftlichen Austausch zu finden.

Aktiv an neuen wirkungsvollen Strategien zu arbeiten, in enger Zusammenarbeit Verantwortung zu tragen und so einen Mehrwert für die Menschen in Bayern zu generieren, das ist eine schöne Herausforderung, der sich die Mitglieder des Bayerischen Klimaforschungsnetzwerks gerne stellen.

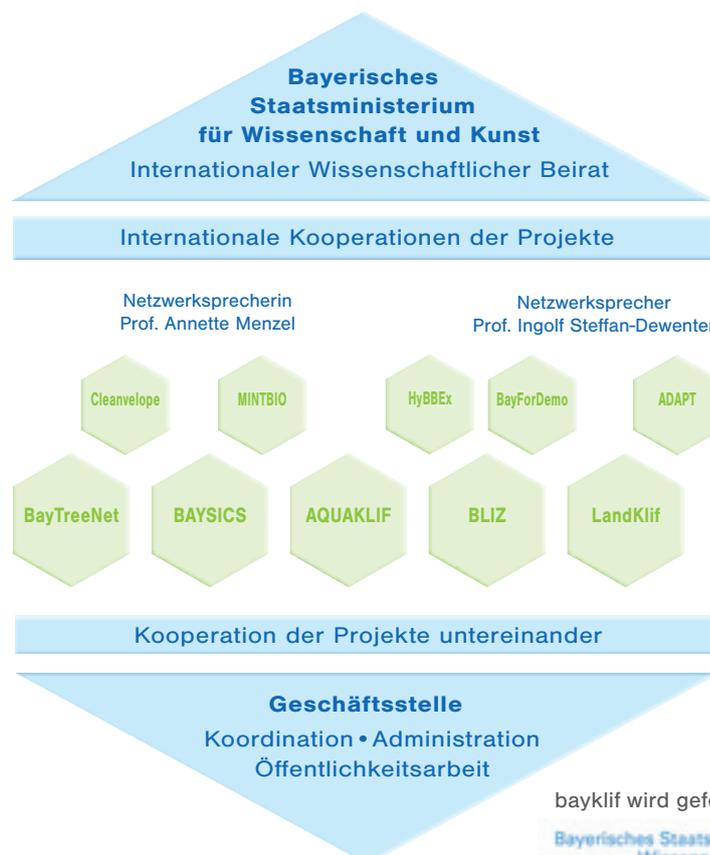


**Laura Kellermann**  
Studentische Mitarbeiterin  
der Geschäftsstelle



**Sophia Schreiber**  
Studentische Mitarbeiterin  
der Geschäftsstelle

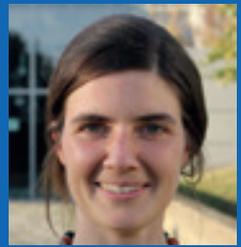
## 36 interdisziplinäre Forschungsvorhaben in 5 Forschungsverbänden und 5 Juniorforschungsgruppen



bayklif wird gefördert durch

Bayerisches Staatsministerium für  
Wissenschaft und Kunst





## ADAPT: Wandelt Klima Arten? Zur Anpassungsfähigkeit von Bestäubern im alpinen Raum

### Stand der Forschung und Projektziele

Eine zentrale Aufgabe der Klimafolgenforschung ist es, die Verbreitung von Arten und Ökosystemfunktionen möglichst zuverlässig für verschiedene Klimaszenarien vorherzusagen. Entsprechende Artverbreitungsmodelle basieren jedoch meistens auf der Annahme, dass sich Tier- und Pflanzenarten in Zukunft in den gleichen ökologischen Nischen aufhalten werden wie bisher. Aber ist das realistisch? Können sich Arten nicht auch an das sich wandelnde Klima und an neue Artengemeinschaften anpassen? Solche Anpassungsprozesse sind bislang nur unzureichend verstanden und werden dementsprechend selten in Artverbreitungsmodellen berücksichtigt [1] und das, obwohl sie das Schicksal vieler Arten im Klimawandel entscheidend beeinflussen könnten.

Zentrales Ziel der Juniorforschungsgruppe ADAPT ist es, das Verständnis über die Mechanismen und Grenzen der Anpassungsfähigkeit von alpinen Bestäubern zu verbessern. Bestäuber sichern die Reproduktion und genetische Diversität der meisten Wildpflanzen und steigern die Qualität und Erträge vieler Nutzpflanzen. Die Alpen in Bayern dienen uns bei der Untersuchung dieser funktionalen Schlüsselgruppe als ideales „Freilandlabor“: Zum einen steigt hier die Temperatur mit überdurchschnittlicher Intensität, zum anderen kann hier die lokale Anpassung der letzte Ausweg für kälteliebende Bestäuber sein, die an den Bergspitzen in die Sackgasse geraten sind. Mit ADAPT suchen wir Antworten auf folgende Fragen: (1) Wie hat sich die Zusammensetzung von Arten, funktionellen Merkmalen [2] und biotischen Interaktionen [3] in Bestäubergemeinschaften entlang von Klima- und Landnutzungsgradienten im Berchtesgadener Land in den letzten 10 Jahren verändert und (2) welche Konsequenzen hat eine funktionelle Veränderung von Bestäubern für Wildpflanzen und den monetären Wert von Almen? (3) Wie gut können sich experimen-



Einmessen einer Untersuchungsfläche auf dem Hirschwieskopf im Nationalpark Berchtesgaden

tell versetzte Bestäuber an neue Klimabedingungen, aber auch an neue Ressourcen und Artengemeinschaften anpassen und (4) welche Managementformen unterstützen eine mögliche Adaptation? (5) Welche Gene und Proteine sind bei der Adaptation von Wildbienen an höhere Temperaturen beteiligt?

### Schlussfolgerung und Ausblick

Durch die gezielte Kombination unterschiedlicher Methoden (standardisiertes Insektenmonitoring entlang räumlicher und zeitlicher Klimagradienten, Translokationsexperimente, molekularbiologische Analysen) werden wir mit ADAPT die Grundlagenforschung zur Anpassungsfähigkeit alpiner Bestäuber an den Klimawandel vorantreiben. Dabei tragen wir u.a. zur Erhebung wertvoller Langzeitdatensätze bei, die in der Klima- und Insektenforschung von besonderer Bedeutung sind. Wir wollen verstehen, welche Merkmale Bestäuberarten zu „Gewinnern“ oder „Verlierern“ des Klimawandels werden lassen, um darauf basierend - und unter Berücksichtigung ökologischer und mikroevolutionärer Adaptationsprozesse - die Vorhersagen zur zukünftigen Verbreitung von Bestäuberarten in Bayern zu präzisieren. Zudem evaluieren wir, wie sich das Management alpiner Grünländer auf die Adaptationsprozesse von Bestäubern und die damit assoziierte Stabilität von Ökosystemdienstleistungen auswirkt, um dann gemeinsam mit Akteuren aus Landwirtschaft und Naturschutz Handlungsstrategien für die nachhaltige und zukunftsorientierte Pflege von Grünländern abzuleiten.

### Publikationen

- [1] Urban, M. C. et al. (2016) Improving the forecast for biodiversity under climate change. *Science* 353, aad8466–aad8466.
- [2] Leingärtner, A., Krauss, J., and Steffan-Dewenter, I. (2014). Species richness and trait composition of butterfly assemblages change along an altitudinal gradient. *Oecologia* 175, 613–623.
- [3] Hoiss, B., Krauss, J. & Steffan-Dewenter, I. (2015) Interactive effects of elevation, species richness and extreme climatic events on plant-pollinator networks. *Glob. Change Biol.* 21, 4086–4097.



Baumweißling (*Aporia cartaei*)

**Dr. Alice Claßen**  
Lehrstuhl für Tierökologie  
und Tropenbiologie  
Biozentrum  
Universität Würzburg  
Am Hubland  
97074 Würzburg  
Tel. +49 0931 31 82793  
eMail:  
alice.classen@uni-wuerzburg.de

**Kooperationspartner:**  
Nationalpark Berchtesgaden  
Doktorberg 6  
83471 Berchtesgaden  
Prof. Dr.  
Juliano Sarmiento Cabral  
BLIZ, TP2  
Dr. Christian Hof, MINTBIO  
LandKlif



Dr.-Ing. Claudia Hemmerle

Lehrstuhl für Gebäudetechnologie und klimagerechtes Bauen  
Technische Universität München  
Arcisstraße 21  
D-81333 München  
Tel: +49 89 28922964  
eMail: claudia.hemmerle@tum.de

**Kooperationspartner:**

Architecture Research Incubator (ARI) der Technischen Universität München

Munich School of Engineering (MSE) der Technischen Universität München

Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm  
Prof. Dr.-Ing. Roland Krippner

Solarenergieförderverein Bayern e. V.

Landeshauptstadt München, Referat für Stadtplanung und Bauordnung, Stadtentwicklungsplanung HA I/22 - Energie & Klimaschutz

Energiezukunft Rosenheim (ezro) der Technischen Hochschule Rosenheim

■ Juniorforschungsgruppe Cleanvelope



## Cleanvelope: Energieaktive Gebäudehüllen als Baustein klimaorientierter Stadtentwicklung

### Stand der Forschung und Projektziele

Städte sind mit ihrem hohen Energieverbrauch für Gebäude, Wirtschaftsaktivitäten und Verkehr nicht nur Hauptverursacher des Klimawandels, sondern auch besonders betroffen von dessen Folgen. Beispielsweise führt die hohe Bebauungsdichte zu urbanen Hitzeinseln und verstärkt den Stress durch steigende Temperaturen. Gebäudehüllen können durch Wärmeschutzmaßnahmen oder die Nutzung erneuerbarer Energien, insbesondere mittels Photovoltaik, zur Dekarbonisierung beitragen und bieten gleichzeitig Flächen für eine klimaregulierende Begrünung. Die Juniorforschungsgruppe untersucht, wie sich resultierende Flächenkonkurrenzen in Synergien auflösen und eine Balance zwischen Klimaschutz und -anpassung herstellen lässt. Bei der Entwicklung multifunktionaler Fassadenlösungen und Sanierungsszenarien behält sie einerseits die baukulturelle Verträglichkeit mit den Gebäude- und Siedlungstypen in bayerischen Städten im Blick. Andererseits werden die Auswirkungen einer großflächigen energetischen Aktivierung der Gebäudehüllen auf den Außenraumkomfort dynamisch modelliert und die Potenziale zu einer gezielten Verbesserung des Stadtklimas durch eine aktive Abfuhr und Nutzung der Abwärme untersucht.

Einen weiteren Forschungsschwerpunkt bilden die Verknüpfung der Energiefassaden mit zukunftsfähigen Quartiersenergiekonzepten und die intelligente Integration ins lokale und übergeordnete Energiesystem. Ein zunehmender Anteil fluktuierend verfügbaren Solarstroms stellt das Netz vor große Herausforderungen, denen die Forschungsgruppe auf Quartiers-ebene begegnen möchte. Mit Hilfe von großräumigen Simulationen und der Überlagerung zeitlich aufgelöster Erzeugungs- und sollen Last- und Energiemanagementstrategien untersucht werden. Der Fokus liegt auf einem quartiersinternen Ausgleich sowie auf der Verknüpfung mit dem Wärme- und Verkehrssektor, die über elektrische Wärmepumpen zur Gebäudeheizung und Elektrofahrzeuge als kostengünstige und flexible Stromspeicher im Sinne eines Smart Grids nutzbar zur Verfügung stehen, das Stromnetz jedoch nicht mit



Welchen Beitrag können Gebäudehüllen zur Energieversorgung eines Quartiers leisten und wie profitieren Bewohner, Kommune und Stromnetz davon? Bild: Ludmilla Wohnbau GmbH

geballten Ladevorgängen überfordern sollen. Eine Koppelung verschiedener Lastmanagementoptionen erfolgte bislang nur für Einzelgebäude und soll nun auf Quartiersebene aggregiert werden.

Nicht zuletzt geht es um Handlungsoptionen und Umsetzungsstrategien in der Stadtentwicklung. Auf der Grundlage bestehender Akteure, Prozesse und Werkzeuge in bayerischen Kommunen sollen Handlungsempfehlungen, Ansätze und Tools entwickelt werden, um das urbane Solarpotenzial stadtklimaorientiert, sozial- und netzverträglich zu heben. Zudem gilt es Partizipationsmöglichkeiten aufzuzeigen, um Bürger an Entscheidungsprozessen, Investitionen und Gewinnen der kommunalen Energiewende zu beteiligen.

### Schlussfolgerung und Ausblick

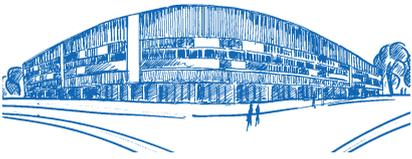
Die Forschungsergebnisse zeigen typologisch orientierte Systemlösungen, Einsatzpotenziale und Wege für die energetische Aktivierung und Begrünung der Gebäudehülle auf. Die großräumigen Modellierungen schaffen ein Systemverständnis für die Stellschrauben bei der Integration in städtische Energiesysteme. Ganzheitliche ökonomisch-energiewirtschaftliche und stadtklimatisch-ökologische Bewertungen helfen den wahren Wert des Solarstroms für das Quartier zu beziffern. Zudem lassen sich Empfehlungen für Quartiersstrommodelle, gezielte politische Anreizsysteme und den Abbau rechtlicher Hürden ableiten. Die geplante Begleitung realer Fallbeispiele in mehreren bayerischen Kommunen soll die technischen Lösungen, Umsetzungsstrategien und Werkzeuge erproben, geeignete Ansätze für langfristige Stadtentwicklungsprozesse identifizieren und Impulse für Kommunen außerhalb Bayerns sowie das übergeordnete Energiesystem setzen.

### Publikationen

- [1] Hemmerle, C. (2017). Solar PV Building Skins – Structural Requirements and Environmental Benefits. *Journal of Facade Design and Engineering*, Volume 5 / Number 1, 93-106.
- [2] Beer, M., Beister, D., Chelly, H., Hemmerle, C., Höhle, C., Honold, J., Huith, M., Kandler, C., Lindauer, M., Prestl, W. & Wimmer, P. (2016). Energieautarke Elektromobilität im Smart-Micro-Grid vom Einfamilienhaus bis zum intelligenten Parkhaus. München: BMW AG.



Gesucht: synergetische multifunktionale Fassadenlösungen, die Klimaschonende Energieerzeugung und klimaregulierende Begrünung verbinden.



## MINTBIO: Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt in Bayern. Multidimensionale Integration für bessere Biodiversitätsprognosen.

### Stand der Forschung und Projektziele

Die biologische Vielfalt der Arten und Ökosysteme ist angesichts der vom Menschen verursachten Veränderungen unseres Planeten mit nie dagewesenen Herausforderungen konfrontiert. Dem Landnutzungswandel, der einhergeht mit der Zerstörung, Degradierung und Fragmentierung natürlicher Lebensräume und naturnaher Landschaften, kommt bei der Bedrohung der Biodiversität ganz besondere Bedeutung zu. Doch in den letzten Jahrzehnten ist auch der anthropogene Klimawandel zu einem immer wichtigeren Gefährdungsfaktor für Populationen, Arten und Lebensgemeinschaften geworden.

Doch wie genau wirkt der Klimawandel auf die biologische Vielfalt? Werden sich die Arten unserer heimischen Fauna an die neuen Bedingungen anpassen können? Sind sie in der Lage, über Ausbreitungsprozesse in klimatisch günstigere Regionen auszuweichen und ihre Verbreitungsgebiete entsprechend zu verschieben? Inwieweit wird sich die räumliche Verteilung des Artenreichtums oder von gefährdeten Arten ändern? Und wie interagieren die verschiedenen Gefährdungsfaktoren?

### Schlussfolgerung und Ausblick

Diesen und weiteren Fragen wird das Projekt MINTBIO nachgehen. Sein zentrales Ziel ist ein besseres Verständnis der Auswirkungen von Klima- und Landnutzungswandel auf die bayerische zoologische Biodiversität sowie die Entwicklung realistischer Prognosen ihrer Veränderung. Hierzu sollen Daten zum Vorkommen der bayerischen Fauna, insbesondere der Vögel, Schmetterlinge, Libellen und Heuschrecken, anhand innovativer Methoden aus Biogeografie und Ökologie analysiert und modelliert werden. Weitere biologische und geografische Daten werden in die Studien



Eisvogel (*Alcedo atthis*)



Blaue Federlibelle (*Platycnemis latipes*)

einfließen, z.B. zur Physiologie oder Ausbreitungsfähigkeit der Arten oder zur Landschaftsveränderung. Auf Grundlage dieser multidimensionalen Integration verschiedener Skalen, Tiergruppen, Datentypen und methodischer Disziplinen sollen schließlich Zukunftsszenarien für die Biodiversität in Bayern entstehen.

Die Diskussion der Forschungsergebnisse mit Akteuren aus Naturschutz, Landnutzung, Verwaltung und Politik ist ein besonderes Anliegen des Projekts, um die wissenschaftlichen Erkenntnisse praktisch relevant werden zu lassen. Denn nur mit einem solchen Austausch können nachhaltige Handlungsoptionen zum Erhalt der bayerischen Biodiversität in einer von fortschreitender Veränderung geprägten Landschaft erarbeitet werden.



Silbergrüner Bläuling (*Lysandra coridon*)

### Publikationen

- [1] Hof, C., Voskamp, A., Biber, M.F., Böhning-Gaese, K., Engelhardt, E.K., Niamir, A., Willis, S.G., Hickler, T. (2018) Bioenergy cropland expansion may offset positive effects of climate change mitigation for global vertebrate diversity. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, in press.
- [2] Methorst, J., Böhning-Gaese, K., Khaliq, I., & Hof, C. (2017) A novel approach for species distribution models – incorporating physiology, dispersal, and land-use change. Journal of Avian Biology 48, 1532-1548.
- [3] Hof, C., Levinsky, I., Araújo, M.B. & Rahbek, C. (2011) Rethinking species' ability to cope with rapid climate change. Global Change Biology 17, 2987-2990.



Dr. Christian Hof

Department für Ökologie und Ökosystemmanagement  
Technische Universität München  
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2  
D-85350 Freising-Weihenstephan  
Tel. +49 8161 712489  
eMail: christian.hof@tum.de

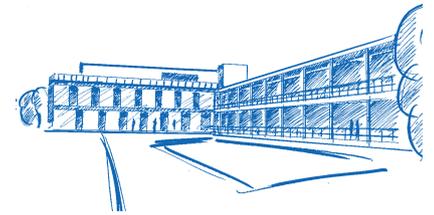
#### Kooperationspartner:

BLIZ  
(Prof. Dr. Anja Rammig und Gruppe)

Dr. Alice Claßen, ADAPT

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)

Senckenberg Biodiversität und Klima Forschungszentrum (BiK-F)



## BayForDemo: Anpassungsstrategien an den Klimawandel für bayerische Wälder basierend auf der Simulation demografischer Prozesse

### Stand der Forschung und Projektziele

Die vielfältigen Funktionen und Ökosystemdienstleistungen bayerischer Wälder stehen in Zeiten eines sich ändernden Klimas unter erhöhtem Druck. Um Maßnahmen zur Anpassung der Wälder frühzeitig ergreifen zu können, werden robuste Tools zur Vorhersage der Waldentwicklung benötigt. Zu diesem Zweck werden derzeit vor allem statische Zusammenhänge zwischen Klima und Artvorkommen genutzt, da geeignete Daten zur Kalibration von physiologischen Modellen oft nicht ausreichend zur Verfügung stehen. Im Projekt BayForDemo wird ein Hybridansatz verwendet, indem umfangreiche europäische Walddaten mithilfe moderner Methoden der Datenassimilation in einen dynamischen Waldsimulator integriert werden. Dieser Waldsimulator beschreibt die demografischen Prozesse Wachstum, Mortalität und Verjüngung der Bäume in Abhängigkeit von klimatischen Einflüssen und biotischen Interaktionen. Die zahlreichen Modellparameter, die typisch für solche Simulationsmodelle sind, werden mithilfe Bayes'scher Methoden kalibriert. Dieser flexible Kalibrierungsansatz gibt Aufschluss über die der Populationsentwicklung zugrunde liegenden Prozesse und Einflussgrößen und erlaubt Aussagen auch zu jenen Prozessen, für die nur wenige Daten zur Verfügung stehen, wie beispielsweise zur Waldverjüngung.



Blühende Haselnuss im Schnee



Vom Wind gebrochene Fichten

lungsstrategien für die Praxis genutzt werden, um so die forstliche Planung beim Ausweisen von Risikobeständen, der Baumartenwahl und der Ableitung von Wuchspotentialen zu unterstützen. Das Forschungsvorhaben trägt somit zur langfristigen Erhaltung der Nutz- und Schutzfunktionen bayerischer Wälder bei.

### Schlussfolgerung und Ausblick

Neben einem verbesserten Prozessverständnis können die stark datengetriebenen Vorhersagen der Populationsdynamik zur Entwicklung konkreter Hand-

### Publikationen

- [1] Hülsmann et al. 2018. How to kill a tree: Empirical mortality models for eighteen species and their performance in a dynamic forest model. *Ecological Applications*.
- [2] Hülsmann et al. 2017. How to predict tree death from inventory data – lessons from a systematic assessment of European tree mortality models. *Canadian Journal of Forest Research*.



Flexible Datenassimilation mit Bayes'schen Methoden.



Dr. Lisa Hülsmann

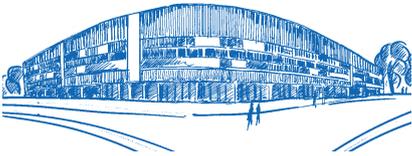
Theoretische Ökologie  
 Universität Regensburg  
 Universitätsstraße 31  
 93053 Regensburg  
 Tel: +49 941 9434335  
 eMail: lisa.huelsmann@ur.de

#### Kooperationspartner:

Juniorforschungsgruppe  
 HyBBex  
 Dr. Christian Zang

Verbundprojekt BLIZ  
 Prof. Anja Rammig

Bayerische Staatsforsten  
 Landesanstalt für Wald  
 und Forstwirtschaft LWF



## HyBBEx: Hysterese-Effekte in Bayerischen Buchenwald-Ökosystemen durch Klimaextreme

### Stand der Forschung und Projektziele

Mit fortschreitendem Klimawandel ist mit einer Zunahme klimatischer Extremereignisse zu rechnen, die zeitliche Nachwirkungen im Wachstum von Wäldern verursachen: sogenannte Hysterese-Effekte. Bayerns häufigste Laubbaumart, die Rotbuche, reagiert empfindlich auf Klimaextreme, und vor allem die Verbindung vermehrt warm-trockener Klimabedingungen unter Klimawandel mit möglicherweise häufiger auftretenden Spätfrost-Ereignissen wirft die Frage nach der zukünftigen Rolle der Buche in Aufbau und Funktion der Wälder Bayerns auf. Denn: Hysterese-Effekte beeinflussen das Wachstum dieser wichtigen Baumart auf der Zeitskala von wenigen Wochen, durch teilweisen oder vollständigen Wiederaufbau des Blattwerks nach Spätfrostereignissen, bis hin zu mehreren Jahren nach extremer Sommertrockenheit.

Da Hysterese-Effekte durch Klimaextreme auf Wald-Ökosysteme bislang noch nicht ausreichend quantifiziert sind, fehlt ihre Repräsentation in Ökosystem-Modellen derzeit noch weitgehend. Damit ist die realistische, prozessgestützte Projektion der Ökosystemfunktionen von Wäldern (und Buchenwäldern im Speziellen) unter zukünftigen Klimabedingungen gegenwärtig nicht möglich. HyBBEx setzt hier an, und nutzt einen innovativen gekoppelten Ansatz aus Datenintegration, statistischer und dynamischer Modellierung und Model-Data-Fusion um durch verbessertes Verständnis von Hysterese-Effekten prozessgestützte Projektionen der Dynamik von Wald-Ökosystemen in Bayern zu ermöglichen.

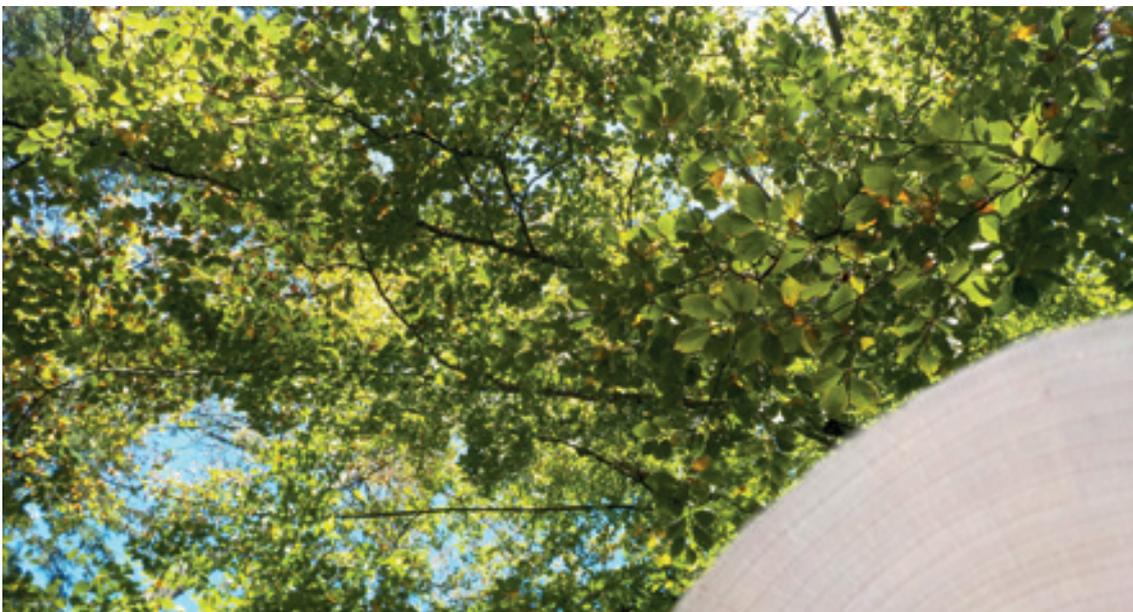
### Schlussfolgerung und Ausblick

So wird HyBBEx den Kenntnisstand zu ökologischen Folgen des Klimawandels in Bayern verbessern, und insbesondere die derzeit noch erheblichen Unsicherheiten bei der Bewertung von Hysterese-Effekten durch Klimaextreme reduzieren. Neben grundlagenwissenschaftlichen Ergebnissen zu Stressdosis-Hysterese-Beziehungen sollen auch direkt durch die Praxis verwertbare Erkenntnisse zu Fragen von Baumarteneignung und Ökosystemmanagement geliefert werden, mit unmittelbarem Nutzen für die Entwicklung regionaler Anpassungsstrategien.

Der Wissenstransfer aus HyBBEx erfolgt grundlegend und flächig durch die Bereitstellung von Projektionen und Rückkopplung mit der forstlichen Praxis, sowie modellhaft durch Ko-Design von Wissensintegration durch verschiedene Akteursgruppen vor der Gebietskulisse Bayerische Rhön.

### Publikationen

- [1] Hackett-Pain A, Ascoli D, Vacchiano G, Biondi F, Cavin L, Conedera M, Drobyshev I, Dorado Liñán I, Friend A, Grabner M, Hartl C, Kreyling J, Lebourgeois F, Levanič T, Menzel A, van der Maaten E, van der Maaten-Theunissen M, Muffler L, Motta R, Roibu C, Popa I, Scharnweber T, Weigel R, Wilmking M, Zang C (2018) Climatically controlled reproduction drives inter-annual growth variability in a temperate tree species. *Ecology Letters*, doi: 10.1111/ele.13158
- [2] Zang C, Hartl-Meier C, Dittmar C, Rothe A, Menzel A (2014) Patterns of drought tolerance in major European temperate forest trees: climatic drivers and levels of variability. *Global Change Biology* 20: 3767-3779
- [3] Zang C, Pretzsch H, Rothe A (2012) Size-dependent responses to summer drought in Scots pine, Norway spruce and common oak. *Trees - Structure and Function* 26: 557-569



Die Rotbuche, Bayerns wichtigste Laubbaumart und Schlüsselart der vielfältigen Buchenwald-Ökosysteme, wird im Klimawandel vermehrt mit Dürre und Spätfrost zu kämpfen haben. Die in ihren Jahrringen gespeicherten Wachstumsinformationen sind eine wichtige Datenquelle für HyBBEx, um mehr über die Erholung der Buche nach solchen Klimaextremen zu erfahren. (Bildquelle: C. Zang)



Dr. Christian S. Zang

Professur für Land  
Surface-Atmosphäre  
Interactions  
Technische Universität  
München  
Hans-Carl-von-  
Carlowitz-Platz 2  
85354 Freising  
+49 8161 714766  
eMail:  
christian.zang@wzw.tum.de

#### Kooperationspartner:

BLIZ  
Prof. Dr. Anja Rammig  
BayForDemo  
Dr. Lisa Hülsmann  
Talking Trees  
Prof. Dr. Achim Bräuning

BAYSICS  
Prof. Dr. Annette Menzel

Leibniz-Rechenzentrum  
der Bayerischen Akademie  
der Wissenschaften

UNESCO-Biosphären-  
reservat Rhön  
Bayerische Verwaltungsstelle

Bayerische Landesanstalt  
für Wald und Forstwirtschaft

### BayTreeNet: Talking Trees

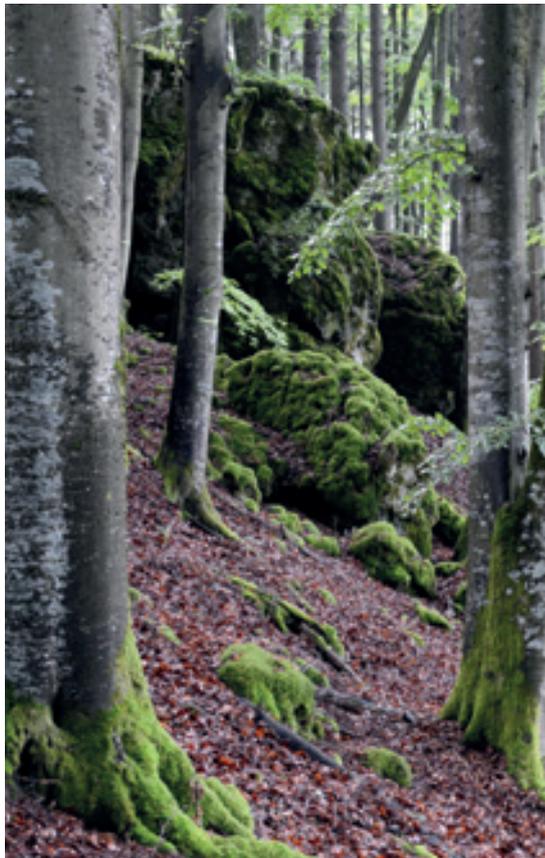


Prof. Dr. Achim Bräuning

Institut für Geographie  
Lehrstuhl für Geographie  
Friedrich-Alexander-Universität  
Erlangen-Nürnberg  
Wetterkreuz 15  
91058 Erlangen  
Tel: +49 9131 85 29372  
eMail: achim.braeuning@fau.de

Das Verbundprojekt BayTreeNet verbindet Klimamodellierung, Dendroökologie und Bildungsforschung in einem bisher einzigartigen interdisziplinären Ansatz. Es untersucht im naturwissenschaftlichen Bereich die Reaktionen von Waldökosystemen auf die aktuelle Klimadynamik über den Freistaat Bayern hinweg. Die lokalen Wettersituationen in Bayern werden stark von den komplexen topographischen Verhältnissen im Freistaat beeinflusst. Die Lage von Mittel- und Hochgebirgen und die dazwischenliegenden Beckenlandschaften wirken stark modifizierend auf die allgemein herrschenden Wetterbedingungen, so dass regional stark variierende Niederschlagsverhältnisse resultieren, die in manchen Regionen Bayerns zu Trockenheit, in anderen gleichzeitig zu Überschwemmungen führen können.

Die Witterungsverhältnisse sind die Folge individueller Großwetterlagen (GWLs), die aufgrund der atmosphärischen Zirkulation zu typischen Verteilungen von Wind, Temperatur und Niederschlag führen. Klimamodelle erwarten, dass sich zeitliche Verteilung und Intensität bestimmter GWLs in Zukunft stark verändern werden, wodurch beispielsweise „Hitzesommer“ oder Dürren in manchen Regionen Bayerns häufiger auftreten könnten als in anderen. Diese regional unterschiedlichen Auswirkungen des Klimawandels haben auch einen starken Einfluss auf die Waldökosysteme, worauf mit regional angepassten Managementstrategien reagiert werden muss.



Besonders durch Trockenheit gefährdet:  
Wälder auf verkarstem Kalkgestein



Schülerin erklärt in der Gruppe (© Christian Schwier)

Um die regional typische Reaktion von Wäldern auf typische GWLs zu analysieren, wird ein Netzwerk von Baumstandorten etabliert, so dass die Auswirkungen regionaler Extremsituationen der Witterung auf das Wachstum und die Ökophysiologie von Hauptbaumarten für unterschiedliche Wuchsgebiete Bayerns erfasst werden. Die Bäume werden hierzu mit elektronischen Sensoren ausgestattet, welche Reaktionen des Baumwachstums und des Wasserhaushalts in hoher zeitlicher Auflösung registrieren.

Diese Reaktionen werden anhand von Szenarios, die unterschiedliche Entwicklungen des künftigen Klimas beschreiben, für das Ende des 21. Jahrhunderts projiziert. Somit entsteht ein Monitoring-Netzwerk, das es erlaubt, die Reaktion von Wäldern auf Änderungen der Frequenz bestimmter GWLs zu quantifizieren und potenzielle Gefahren für die Vitalität betroffener Waldgebiete und wichtiger Hauptbaumarten festzustellen. Der bildungswissenschaftliche Ansatz macht sich zunächst neue technische Möglichkeiten im Bereich der Mess- und Übertragungstechnik zunutze: in jedem Untersuchungsgebiet wird ein ausgewählter Baum an einer für die interessierte Öffentlichkeit gut zugänglichen Stelle mit Sensoren ausgestattet, welche den Wassertransport im Baum und sein Dickenwachstum sowie das lokale Klima in der Atmosphäre und im Boden registrieren. Zusätzlich werden diese Bäume mit einer internetfähigen Übertragungseinheit ausgestattet, so dass die Baumreaktionen auf die lokalen Witterungsbedingungen in Echtzeit über das Internet abrufbar sind. Ein Netzwerk von Partnerschulen betreut diese „talking trees“ und übersetzt die Baumreaktionen auf die atmosphärischen Zirkulationsbedingungen in menschliche Sprachbotschaften. Dabei können auch die Bäume (über ihre Mediatoren) auch untereinander „kommunizieren“, zum Beispiel könnte die regionale Wirkung eines Föhnsturms im Alpengebiet auf die Bäume im Vergleich mit anderen gleichzeitigen Witterungssituationen im Bayerischen Wald verdeutlicht werden. Die Entwicklung eines auf die „talking trees“ bezogenen Unterrichtskonzepts wird forschend begleitet. Mithilfe dieser technisch innovativen und motivierenden Instrumente wird Schülerinnen und Schülern und der Öffentlichkeit die räumliche Wirksamkeit konkreter Klimaereignisse auf bayerische Waldökosysteme verdeutlicht.

## BayTreeNet TP 1: Dendroökologie

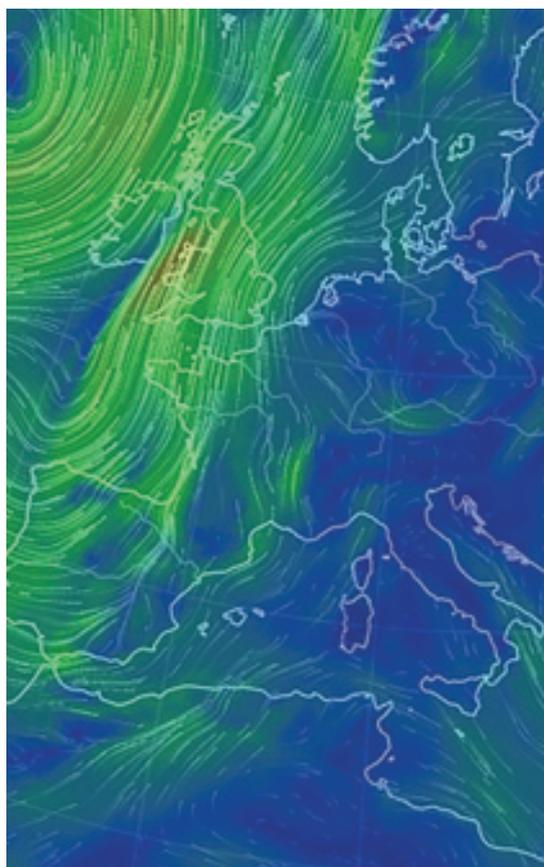


*Dendrometer zur Messung von Stammdurchmesserschwankungen*

Das Teilprojekt hat zwei Schwerpunkte: Über den gesamten Freistaat wird ein Netzwerk von jeweils fünf Hochlagenstandorten (in den Mittelgebirgen Rhön, Fichtelgebirge, Bayerischer Wald, und entlang der bayerischen Alpen) und Tieflagenstandorten (Mainfranken, Oberpfälzer Becken, Mittelfranken, Oberpfälzer Becken, Lechfeld, Mühltdorfer/Öttinger Schotterfelder) etabliert. An jedem Standort werden physiologische, ökologisch-strukturelle, biochemische und zuwachs-kundliche Reaktionen wichtiger Waldbaumarten auf den Witterungsverlauf in Abhängigkeit von Großwetterlagen analysiert. Diese Indikatoren werden in einem neuen Modell integriert, das Aussagen über die Vitalität und den Stresszustand der Bäume erlaubt. Aus der dispersen räumlichen Lage und den verschiedenen Höhenstufen soll ein dendroökologisches Indikatornetzwerk für Bayern etabliert werden, das zur besseren Erklärung regionaler Zuwachsmuster und zur Einschätzung der Gefährdungspotentiale bei Extremwetterlagen für einzelne Waldgebiete bei konkreten Großwetterlagen dient. Das Teilprojekt Klimadynamik stellt die räumliche und zeitliche Verteilung der Großwetterlagen für das 20. Jahrhundert zur Verfügung, anhand derer retrospektiv die Wirkung von Extremwetterlagen auf die Bäume mit dendroökologischen Methoden und Messungen stabiler Isotope im Holz rekonstruiert werden soll.

Der zweite Schwerpunkt besteht in der Etablierung eines internet-basierten Netzwerkes von 10 «talking trees», die jeweils nahe der Waldforschungsgebiete an Orten von öffentlichem Interesse stehen. Diese Bäume sind mit physiologischen Messinstrumenten versehen, die in Echtzeit die Beobachtung der Reaktion der Bäume auf klimatologische Einflussgrößen registrieren. Schülerinnen und Schüler von Partnerschulen übersetzen die Reaktionen «ihres» talking trees auf die meteorologische Situation in die Alltagssprache und tragen somit zur Umweltbildung weiter Bevölkerungsteile bei.

## BayTreeNet TP 2: Klimadynamik



*Windsimulation in einem Wettermodell. (c) Earth*

Die Eigenschaften des großräumigen Klimas bilden die Rahmenbedingungen für lokale klimatische Phänomene wie Gletscher, Seen oder Vegetationsmuster. Im Alltag treten diese Eigenschaften dabei als sogenannte Großwetterlagen in Erscheinung, also als typische Verteilung von Hoch- und Tiefdruckgebieten über Europa und den dazugehörigen Witterungsercheinungen am Boden. Das Teilprojekt „Klimadynamik“ untersucht, wie die Großwetterlagen ausgewählte Waldstandorte in Bayern beeinflussen. Dafür kommt ein komplexes Atmosphärenmodell zum Einsatz, das auf Hochleistungsrechnern („Supercomputern“) Simulationszeiträume von mehreren Jahrzehnten darstellen wird. Weitere Schritte erlauben, die Ergebnisse nicht nur für die jüngere Vergangenheit (1981-2010), sondern auch für zukünftige Entwicklungen zu interpretieren. So wird feststellbar sein, welche räumlichen Merkmale und welches zeitliche Auftreten Großwetterlagen bis zum Ende des 21. Jahrhunderts haben werden. Aus diesen Daten lassen sich auch Informationen über zukünftige Extremereignisse detailliert bewerten. Das Teilprojekt liefert somit die physikalische, meteorologische Grundlage für das Verständnis der Effekte von Großwetterlagen auf Bayerns Waldstandorte. Durch die Vertrautheit von Menschen mit Großwetterlagen, die etwa aus der täglichen Wettervorhersage entsteht, ergibt sich aber auch ein sehr guter Anknüpfungspunkt für Bildungsfragen zu den Folgen des Klimawandels. Diese häufig auch emotional behafteten Vertrautheiten werden durch die Modellierung auf eine naturwissenschaftlich fundierte Basis gestellt.



**Prof. Dr. Achim Bräuning**

Institut für Geographie  
Lehrstuhl für Geographie  
Friedrich-Alexander-Universität  
Erlangen-Nürnberg  
Wetterkreuz 15  
91058 Erlangen  
Tel: +49 9131 85 29372  
eMail: achim.braeuning@fau.de



**Prof. Dr. Thomas Mölg**

Institut für Geographie  
Professur für Klimatologie  
Friedrich-Alexander-Universität  
Erlangen-Nürnberg  
Wetterkreuz 15  
91058 Erlangen  
Tel: +49 9131 85 26325  
eMail: thomas.moelg@fau.de



Prof. Dr.  
Jan Christoph Schubert

Lehrstuhl für Didaktik  
der Geographie  
Friedrich-Alexander-Universität  
Erlangen-Nürnberg  
Regensburger Straße 160  
90478 Nürnberg  
Tel: +49 911 53 02523  
eMail:  
jan.christoph.schubert@fau.de

## ■ Teilprojekt 3 BayTreeNet

### BayTreeNet TP 3: Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE)

Im Zentrum dieses Forschungs- und Entwicklungsprojektes steht die bildungsbezogene Arbeit zu Zusammenhängen von Großwetterlagen und Waldökosystemen in Bayern im Kontext des Klimawandels. Dabei werden „Baumpatenschaften“ für ausgewählte Schulen an zehn Baumstandorten verschiedener Wuchsgebiete über den Freistaat Bayern hinweg etabliert. Die Schülerinnen und Schüler lernen, die ökologischen Reaktionen der Bäume auf bestimmte Wetterereignisse zu interpretieren und setzen diese in allgemeinverständliche Alltagssprache um. Durch die interaktive Kommunikation zwischen den Bäumen an verschiedenen Standorten wird die raum-zeitliche Wirkung von Großwetterlagen über verschiedene Wuchsregionen hinweg deutlich und die Kommunikation zwischen den Schülerinnen und Schülern an den verschiedenen Standorten gestärkt. Zudem wird ein Unterrichtskonzept für Schülerinnen und Schüler in Bayern entwickelt und forschend begleitet, in dem die regional unterschiedlichen Auswirkungen von aktuellen Großwetterlagen auf Waldökosysteme im Zentrum stehen.

Die begleitende Forschung beleuchtet die Wirkungen des Unterrichtskonzepts, u.a. hinsichtlich Veränderungen im Wissensbereich und bei Einstellungen der Schülerinnen und Schüler. Die Ergebnisse fließen wiederum in eine Überarbeitung des Konzeptes ein, so dass ein empirisch fundiertes und in der schulischen Praxis erprobtes Unterrichtskonzept unter dem Leitbild einer Bildung für Nachhaltige Entwicklung er-

arbeitet wird. Es ermöglicht als übergeordnete Zielstellung einen Wissenstransfer in die Zivilgesellschaft über die in diesem Kontext besonders relevante Institution Schule. So kann eine große Gruppe von Entscheidungsträgern der Zukunft erreicht werden, die von den regionalen Folgen des Klimawandels in besonderem Maße betroffen sein werden, bei der jedoch bislang große Defizite insbesondere im Wissens- (Folgen des Klimawandels) und Einstellungsbereich (wenig eigene Bezüge zum Klimawandel) festzustellen sind.



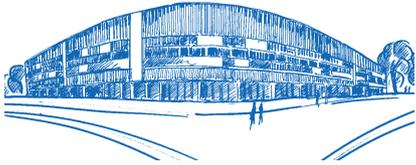
Schülerinnen und Schüler analysieren Boden im Bereich der Baumstandorte



Schülerinnen und Schüler bei der Arbeit mit Standortdaten und Karten

#### Bildnachweis

Portraitbild: FAU / Georg Pöhlein  
Bild 1: Kai Regener  
Bild 2: Adobe Stock



Prof. Dr. Annette Menzel

Professur für Öklimatologie  
Technische Universität München  
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2  
85354 Freising  
Tel: +49 8161 714740  
eMail: annette.menzel@tum.de

## BAYSICS: Bayerisches Synthese-Informations-Citizen Science Portal für Klimaforschung und Wissenschaftskommunikation

Der anthropogen verstärkte Klimawandel ist längst bei uns angekommen und aufgrund seiner weitreichenden Folgen sind und werden in Zukunft umfangreiche Anpassungs- und Klimaschutzmaßnahmen in Bayern notwendig sein. Nur wenn diese von den Bürgern als legitim, akzeptabel und machbar angesehen werden, können sie in einer demokratischen Gesellschaft erfolgreich in die Praxis umgesetzt werden.

retischen Ansätzen, wird ein attraktives Angebot für die Nutzergruppen geschaffen. Gleichzeitig wird hierdurch relevantes Wissen zu Klimafolgen, -anpassung und -schutz mit modernen Medien des *Crowdsourcing* generiert.

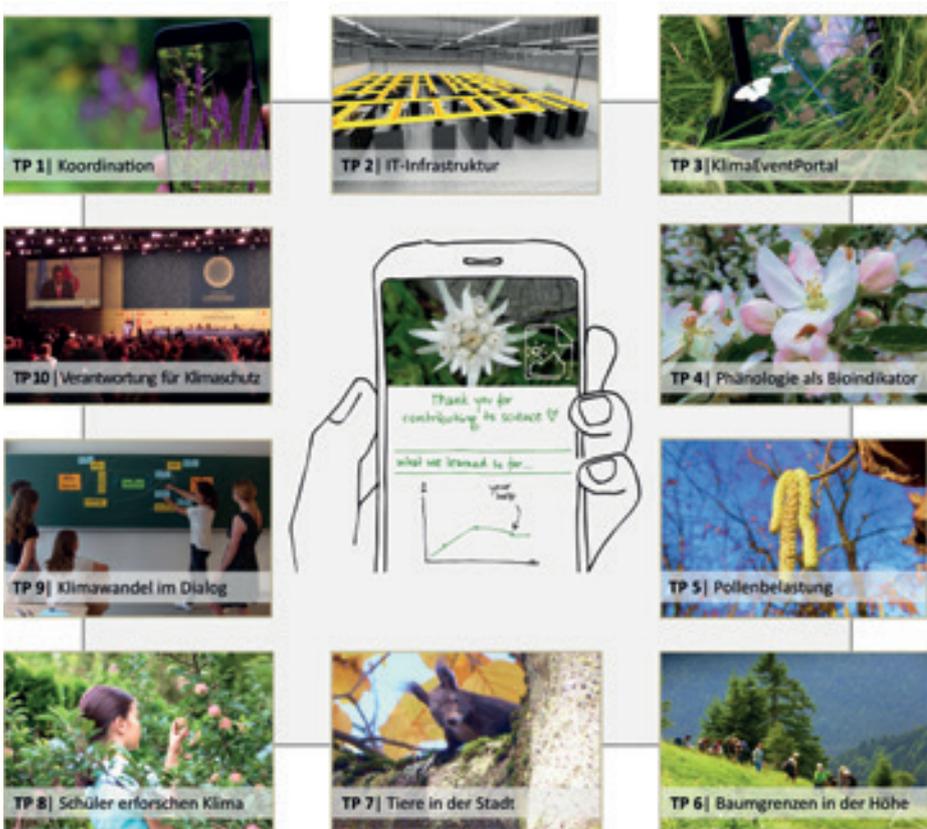
BAYSICS ermöglicht damit

-  innovative, digitale Formen der breiten Partizipation von Bürgern an aktuellen Forschungsthemen und Wissenschaft,
-  den Transfer von Wissen zur Komplexität des Klimawandels und seine regionalen Folgen in der Gesellschaft sowie
-  die Kombination von naturwissenschaftlichen und umweltbildenden Zielen.

 Deshalb richtet sich das Projekt BAYSICS gezielt an die Bürger. Es steht unter dem Motto „**Wissen vermitteln – Wahrnehmung fördern – Komplexität kommunizieren**“.

So folgt das neuartige BAYSICS-Portal dem Citizen Science Ansatz. Der Klimawandel soll durch eigene Beobachtungen in der Natur in dem konkreten Umfeld erlebbar gemacht werden. Dabei werden ausgewählte Akteursgruppen, wie zum Beispiel Erholungssuchende, Pollenallergiker, naturinteressierte Bürger und Schüler, gezielt angesprochen. BAYSICS will zudem über reine Beobachtungen hinaus Möglichkeiten schaffen, Bürger als Wissenschaftler aktiv an der Untersuchung der Auswirkungen des Klimawandels zu beteiligen. Insbesondere durch die enge Verschränkung der naturwissenschaftlichen Fragestellungen mit denen der Fachdidaktik und Umweltsoziologie, basierend auf empirischen, experimentellen und theo-

Dabei wird eine enge Kooperation mit internationalen Partner sowie nationalen und regionalen Stakeholdern aus dem Bereich Umweltbildung, Schule und Lehrerfortbildung angestrebt. Darüber hinaus arbeitet das Verbundprojekt eng mit NGOs, Behörden und Betrieben zusammen. Dank seiner offenen Struktur wird BAYSICS allen bayklif-Projekten sowie weiteren *Citizen Science Ansätzen* in Bayern langfristig und nachhaltig zur Verfügung stehen.



Übersicht der einzelnen Teilprojekte

### BAYSICS TP 1: Koordination und Kommunikation



Das Teilprojekt 1 umfasst die gesamte Koordination des BAYSICS-Verbundes mit seinen neun fachlichen Teilprojekten. Von zentraler Bedeutung ist hierbei die inhaltliche, methodische und praktische Umsetzung der inter- und transdisziplinären Ausrichtung.

Die Aufgaben beinhalten z.B. die Organisation regelmäßiger Verbundtreffen, um die Zusammenarbeit zu stärken und gemeinsame Ziele abzustimmen. Außerdem werden projektspezifische Ethik-Richtlinien sowie Strategien zur Kommunikation, Publikation und Dissemination entwickelt und umgesetzt.

Zudem ist das Teilprojekt für die Erstellung einer einheitlichen Gestaltungsrichtlinie für das Verbundprojekt zur Verwendung in Öffentlichkeitsarbeiten und Marketing verantwortlich. Des Weiteren werden mit einer Kollaborationssoftware Materialien, Texten und Dateien gesammelt als auch ein Lexikon mit Informationen bezüglich BAYSICS erstellt, welches die fachliche Zusammenarbeit und das gemeinsame Publizieren erleichtern soll.

Außerdem wird ein breites Kommunikations- und Pressenetzwerk auf- und ausgebaut sowie gepflegt werden. Besonders zielgruppengerechte Beiträge sollen das Interesse an Forschungsergebnissen und BAYSICS-Citizen Science über Fachinformationsorgane, Verbands- und Massenmedien nachhaltig fördern.

Die Konzeption der in Teilprojekt 4-7 geplanten Applikationen („Apps“) wird maßgeblich unterstützt, beginnend bei der Zielgruppenanalyse und der nutzerorientierten Gestaltung, über die Schaffung einer gemeinsamen Grundlage zum Aufbau eines modularen Systems, bis hin zur Entwicklung einer gemeinsamen intuitiven Benutzerführung.



BAYSICS Style Guide



Prof. Dr. Annette Menzel

Professur für Ökologiklimatologie  
Technische Universität München  
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2  
85354 Freising  
Tel: +49 8161 714740  
eMail: annette.menzel@tum.de



Prof. Dr. Dieter Kranzlmüller

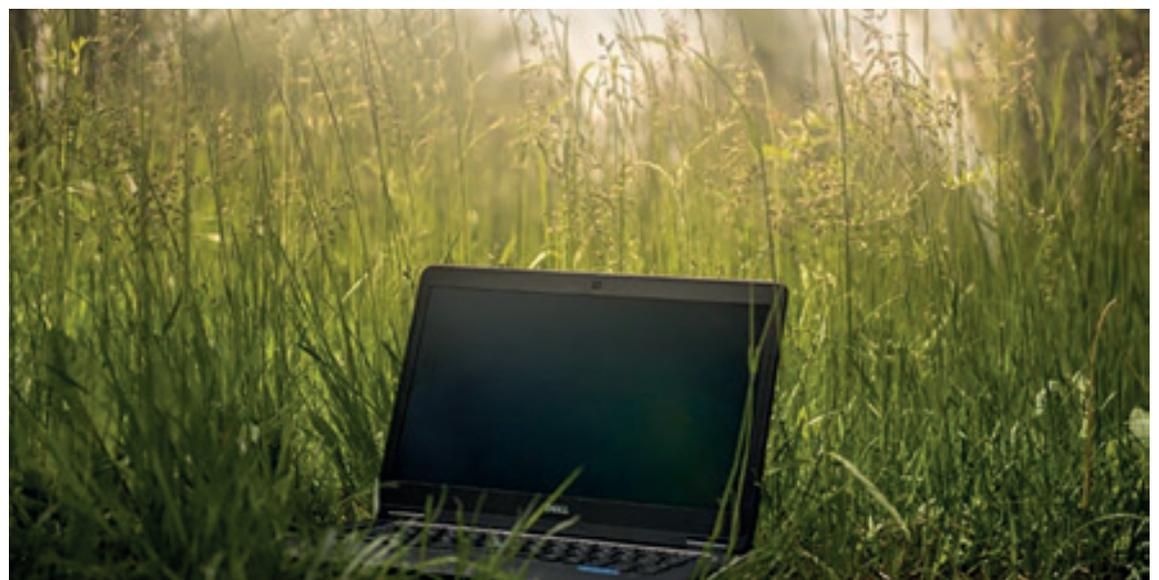
Leibniz Rechenzentrum  
Bayerische Akademie  
der Wissenschaften  
Boltzmannstr. 1  
85748 Garching  
Tel: +49 89 35831 8700  
eMail: Kranzlmuller@rli.lmu.de

### BAYSICS TP 2: Agile Benutzerinteraktion in „Citizen Science“ - Aufbau der BAYSICS IT-Infrastruktur und Implementierung einer Tool-Box



Bürger schaffen Wissen - Soziale und technologische Entwicklungen ermöglichen seit einigen Jahren neue Formen der Beteiligung von Bürgern an Forschungsthemen. Die Digitalisierung unserer Gesellschaft fordert und fördert eine neue Qualität der zivilgesellschaftlichen Mitwirkung an wissenschaftlichen Projekten. Das Internet und die mobile Kommunikation revolutioniert die Bürgerbeteiligung und Bildung

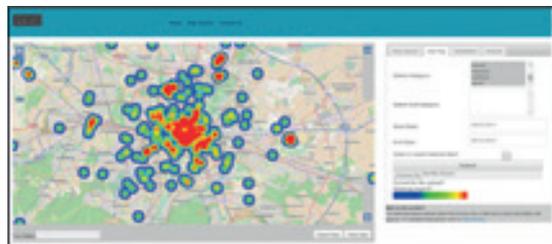
weltweit. Zusammen mit einfachen und günstigen Sensoren zur Datenerfassung sowie offene Datenbanken sind sie Voraussetzung für die Umsetzung sogenannter Citizen-Science-Projekte. Aktuell fehlt jedoch eine flexible IT-Infrastruktur, die mehr bietet als den reinen Austausch über Projekte - gerade in den Umweltwissenschaften.



## BAYSICS TP 3: Ein KlimaEventPortal zur Wissenserschließung

Das Teilprojekt befasst sich mit dem Wertschöpfungsprozess der klimabezogenen Eventdaten. Events, wie z.B. Waldbrand, Überschwemmung, Hangrutschung sind signifikante raumzeitliche Veränderungen. Jedes Event lässt sich durch die Zeitdauer (wann), die geographische Lage (wo), das Veränderungsmuster (wie), die betroffenen Leute (wer) und Objekte (was) beschreiben. In Klima- und Umweltwissenschaften werden Events als bedeutungsvolle Informationseinheiten für die Visualisierung, Analyse sowie für die Entdeckung komplexer raumzeitlicher Korrelationen und Kausalitätsbeziehungen betrachtet.

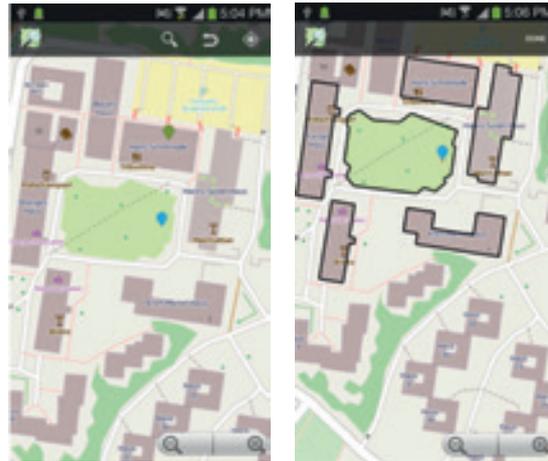
Auf Grundlage des OpenStreetMap (OSM) und des amtlichen Digitalen Landschaftsmodells in Bayern wird ein offenes „KlimaEventPortal“ aufgebaut. Es



Verteilung unterschiedlicher Events in München



dient dem Zweck, Synergieeffekte zwischen Wissenschaft, Bildung und dem öffentlichen Engagement zu demonstrieren und zugleich einen Grundstein für die wissenschaftsbasierten Bürgerinitiativen zum Klimaschutz zu legen.



In einem Event beteiligte Ge-objekte

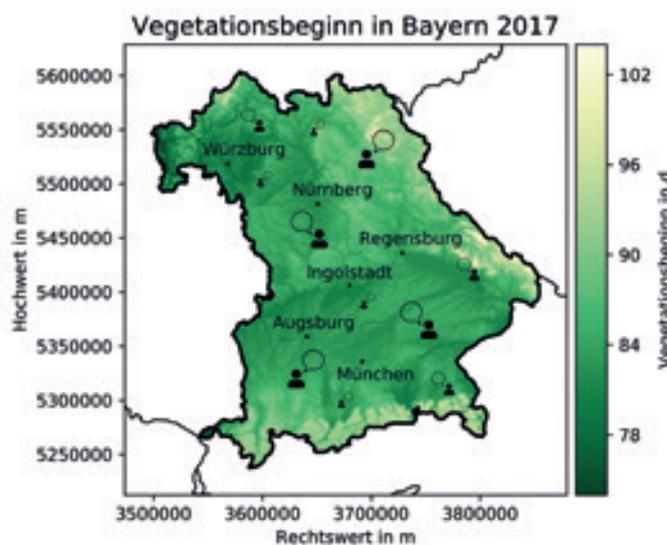
## BAYSICS TP 4: Phänologie als Bioindikator für Klimawandel

Die Erwärmung in den letzten Jahrzehnten hat bereits zu deutlichen Veränderungen in der Natur geführt, die als „Fußabdruck“ des Klimawandels bezeichnet werden. Insbesondere die Phänologie, d.h. die Lehre von den jahreszeitlich bedingten Erscheinungsformen, spielt unter den Bioindikatoren eine herausragende Rolle. Die Zeitpunkte von Austrieb und Blüte sind temperatursensitiv und ihre langen Zeitreihen zeigen eine markante Verfrühung dieser Termine auf.

Im Teilprojekt 4 wird die Pflanzen-Phänologie genutzt, um die Auswirkungen des Klimawandels besser und nachhaltig zu detektieren, regional zu kommunizieren und für unterschiedliche (schulische) Bildungsangebote einzusetzen. Entsprechende Modellierungsansätze erlauben, zukünftige Änderungen unter veränderten Umweltbedingungen besser abzuschätzen. Ein besonderes Augenmerk liegt auf Schülern, welche in verschiedenen zu entwickelnden phänologischen Experimenten als Nachwuchsforscher arbeiten können. Die BAYSICS-Tools schaffen die geeignete Infrastruktur für dieses Citizen Science Projekt, von der Datenerfassung bis zu interaktiven Wegen der Datenauswertung. Die gewonnenen Beobachtungsdaten



und Experimente können bestehende Wissenslücken über (klimatisch bedingte) Antriebsfaktoren und deren Auswirkungen auf assoziierte Ökosystemleistungen schließen. Über die didaktischen Teilprojekte von BAYSICS werden die Ergebnisse in die lokalen Klima-reports, die von Schulklassen für eine Region erstellt werden, eingehen.



Beginn der Vegetationsperiode im Jahr 2017 in Bayern Datengrundlage: Phänologisches Beobachternetzwerk des Deutschen Wetterdienstes



Prof. Dr.-Ing. Liqiu Meng

Lehrstuhl für Kartographie  
Technische Universität München  
Arcisstraße 21  
80333 München  
Tel: +49 89 28922826  
eMail: liqiu.meng@tum.de



Prof. Dr. Annette Menzel

Professur für Ökologiklimatologie  
Technische Universität München  
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2  
85354 Freising  
Tel: +49 8161 714740  
eMail: annette.menzel@tum.de



**Prof. Dr. Susanne Jochner-Oette**  
 Physische Geographie /  
 Landschaftsökologie  
 und nachhaltige Ökosystem-  
 entwicklung  
 Katholische Universität  
 Eichstätt-Ingolstadt  
 Ostenstraße 18  
 85072 Eichstätt  
 Tel: +49 8421 9321742  
 eMail: Susanne.Jochner@ku.de

## ■ Teilprojekte 5/6 BAYSICS

### BAYSICS TP 5: Klimabedingte Änderungen der Pollenbelastung



In diesem Teilprojekt wird die klimabedingte Änderung der Pollenbelastung unter Berücksichtigung des Citizen Science-Ansatzes bestimmt. Es soll unter anderem geklärt werden, in welchen Parkanlagen bzw. Stadtvierteln Pollenallergiker aufgrund der gegebenen Bepflanzung die Pollenexposition in relevanten Zeiträumen vermindern können. Die Ergebnisse zur Allergenität von Stadtgrün dienen u.a. als Grundlage für Entscheidungen bei Neuanpflanzungen oder bei der Neugestaltung von Grünflächen. Dadurch können Ökosystemdienstleistungen wie z.B. Erholung, Klimaregulierung oder Verbesserung der Luftqualität aufrechterhalten werden, während die durch Pollen entstehenden *ecosystem disservices* reduziert werden.

zung als Proxy für künftige Bedingungen dienen, sind Urbanisierungsgradienten (Space-for-Time-Ansatz) geeignet, um mit vorhandenen Informationen die Auswirkungen des Klimawandels auf allergene Pflanzen abzuschätzen. Daher werden die Pollenproduktion, Pollenbelastung sowie tageszeitliche Emissionsmuster sowie individuelle Symptome untersucht. Neben einem Messnetz, bestehend aus Pollenfallen und meteorologischen Stationen, steht die Konzeption der App im Vordergrund, mit der im Rahmen des Citizen-Science-Ansatzes Allergiesymptome eingegeben oder allergene Pflanzen gemeldet werden können.



Für eine Anpassung an den Klimawandel sind zudem detaillierte Kenntnisse zur räumlichen Variabilität der Phänologie, Pollensaison und Pollenintensität von großem Nutzen. Da urbane Gebiete mit ihrer städtischen Wärmeinsel, trockeneren Bedingungen und stärkeren Luftverschmut-



Das Projekt beschäftigt sich mit dem allergenen Potential von Parkanlagen.

Zur Bestimmung der Pollenkonzentration werden volumetrische Pollenfallen eingesetzt.

### BAYSICS TP 6: Höhengrenzen von Baumarten selbst erkunden



**Prof. Dr. Jörg Ewald**  
 Botanik, Vegetationskunde  
 Hochschule Weihenstephan-  
 Triesdorf  
 Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 3  
 85354 Freising  
 Tel: +49 8161 715909  
 eMail: joerg.ewald@hswt.de

Die Bayerischen Alpen sind besonders vom Klimawandel betroffen, da sich der Alpenraum deutlich stärker erwärmt als andere Regionen Bayerns. Nachdem die Wald- und Baumgrenzen im Gebirge temperaturbedingt sind, liegt die Vermutung nahe, dass die Baumarten des Bergwaldes in zunehmend höheren Lagen gedeihen. Aus der Mitte des 19. Jahrhunderts liegen präzise Angaben für die höchstgelegenen Fundorte von Otto Sendtner vor, die einen Vergleich mit der aktuellen Situation ermöglichen. Damals - am Ende der sogenannten «Kleinen Eiszeit» - war es fast zwei Grad kälter als heute. Wie sich die klimatische Baumgrenze seither verändert hat bzw. wo die Höhengrenzen der einzelnen Baumarten aktuell liegen, ist bisher mangels ausreichend dichter Beobachtungsnetze ungeklärt.



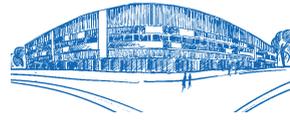
Vegetation und Bäume als Teile des Bergerlebnisses werden bewusst gemacht



Mit dem Smartphone unterwegs an der Baumgrenze

Diese Kenntnislücke soll mit unserem Citizen Science-Projekt geschlossen werden. Zigtausende von Bergwanderern ersteigen die Gipfel der Bayerischen Alpen, durchwandern die Waldgrenze und nutzen zunehmend Smartphones für Tourenplanung, Orientierung und Erinnerungsfotos. Unser Teilprojekt sensibilisiert die Zielgruppe für den Zusammenhang zwischen Klimawandel und Bergwald und schult sie im Erkennen der häufigen Baumarten. Mit der bedienerfreundlichen BAYSICS-App können die teilnehmenden Bergwanderer ihre Beobachtungen melden, mit einer großen Community teilen und selbst Auswertungen durchführen. Projekt und App werden über die Medien des Deutschen Alpenvereins und der Bayerischen Staatsforsten beworben.

## BAYSICS TP 7: Tiere in der Stadt – Umweltgerechtigkeit in Zeiten des Klimawandels



Das Wissen um den Rückgang der biologischen Vielfalt und über den Einfluss des Klimawandels auf das Vorkommen von Arten und Verschiebungen in ihrem Vorkommen ist meist auf Expert\*innen beschränkt. Dies gilt insbesondere für die Bewohner von Städten, die oft wenig Kontakt zur Natur haben. Für Stadtbewohner sind städtische Grünräume ein wichtiger Ort, um Naturerfahrungen sammeln und mit Pflanzen und Tieren in Kontakt zu kommen. Diese Grünräume sind jedoch aufgrund des aktuellen Stadtwachstums und der baulichen Verdichtung unter Druck. Gleichzeitig führt die Modifizierung älterer Gebäude und die Anpassung an den Klimawandel (Stichworte Dämmung, Klimatisierung) zu einem weiteren Verlust an Brutmöglichkeiten für Vögel, Fledermäuse und anderen Tieren. Methoden wie „Animal-Aided Design“ möchten Tiere in die städtische Planung von Gebäuden und Freiräumen integrieren, um die Erfahrungsmöglichkeiten von Natur in der Stadt zu erhöhen und zur Umweltgerechtigkeit beizutragen. Diese Methoden benötigen jedoch die Zustimmung und aktive Partizipation der Bürgerinnen und Bürger.

Das Projekt möchte Bürger\*innen in die Sammlung von Daten zum Vorkommen von Tieren in der Stadt (und außerhalb) einbeziehen, um das Verständnis für den Zusammenhang zwischen Klimawandel und Urbanisierung und dem Vorkommen und Verhalten von



*Eisvogel*

Tieren zu fördern. Die Daten zum Tiervorkommen geben zudem Auskunft über Änderungen in dem Vorkommen der Tiere aufgrund des Klimawandels. Weiterhin sollen die Präferenzen von Bürger\*innen für bestimmte Tiere untersucht werden sowie ihre Bereitschaft, bestimmte Förderungsmaßnahmen von Tieren in ihrer Umgebung zu fördern. Das Projekt wird Erkenntnisse liefern, die es erlauben, zukünftige Stadtplanungsprozesse stärker an die Bedürfnisse von Tieren und Menschen anzupassen.

## BAYSICS TP 8: Schülerinnen und Schüler erforschen den Klimawandel vor der eigenen Haustür



Was bedeutet der globale Klimawandel für unsere Region? Und wie können wir ihm hier vor Ort am besten begegnen? Im Teilprojekt 8 bekommen Schülerinnen und Schüler der gymnasialen Oberstufe die Gelegenheit, diesen Fragen nachzugehen. Sie erlernen unterschiedlichste Forschungsmethoden wie zum Beispiel Klimamessungen mit wissenschaftlichen Instrumenten, die Analyse von phänologischen oder biogeographischen Beobachtungen, oder sozialgeographische Datenerhebungen mit Fragebögen oder Interviews. Durch die Anwendung dieser Methoden in ihrer eigenen Region gelangen sie zu spannenden Erkenntnissen zu den Implikationen des Klimawandels im eigenen Lebensumfeld. Hierfür entsteht seit Mai 2018 am Lehrstuhl für Didaktik der Geographie der Universität Augsburg in Kooperation mit mehreren bayerischen Gymnasien ein umfassendes didaktisches Konzept nach dem Ansatz des „Forschenden Lernens“. Lernende werden also, anstatt lediglich Adressaten von Wissensvermittlung zu sein, ganz im Sinne der Citizen Science direkt an Forschung und Erkenntnisgewinnung beteiligt. Die kritische Auseinandersetzung im Seminar soll die Schülerinnen und Schülern dabei unterstützen, eine differenzierte Urteils- und Handlungsfähigkeit im Zusammenhang mit dem Klimawandel zu erreichen. Von Schülern mitgestaltete „lokale Klimareports“ und regionale Bürgerkonferenzen ermöglichen es außerdem, den Austausch über den Klimawandel in

der eigenen Region in die Mitte der bayerischen Bevölkerung zu tragen. Nicht zuletzt leisten die Klimaseminare an den Schulen mit den dort gesammelten Daten auch einen Beitrag zur Citizen Science Plattform und damit zur Erforschung des Klimawandels in Bayern.



*Eigene Untersuchungen im Gelände als zentrales Element forschenden Lernens*



**Prof. Dr. Wolfgang W. Weisser**

Lehrstuhl für Terrestrische Ökologie  
Department of Ecology and Ecosystemmanagement  
Technische Universität München  
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2  
85354 Freising  
Tel: +49 8161 713495  
eMail: wolfgang.weisser@tum.de



**Prof. Dr. Ulrike Ohl**

Institut für Geographie  
Lehrstuhl für Didaktik der Geographie  
Universität Augsburg  
Alter Postweg 118  
86135 Augsburg  
Tel: +49 821 5982261  
eMail:  
ulrike.ohl@geo.uni-augsburg.de

## BAYSICS TP 9: Klimawandel im Dialog – Komplexität verstehen, kommunizieren und bewerten



Welche unterrichtliche Bedeutung hat das Thema Klimawandel für Biologielehrkräfte? Wie sehen sie ihre eigene Rolle und Verantwortung, wenn es darum geht, dieses komplexe und politisch brisante Thema im Unterricht aufzugreifen und mit Schülerinnen und Schülern zu diskutieren? Die öffentliche Debatte über den Klimawandel ist stark von einer Katastrophenrhetorik und einer Durchmischung fachlicher und politischer Argumente geprägt. Ein Verständnis der Komplexität der Thematik sowie ein konstruktiver Umgang mit strittigen Positionen und unsicherer Evidenz bedarf auch eines Verständnisses des Wesens

naturwissenschaftlicher Erkenntnisprozesse und der Kommunikation wissenschaftlicher Studien in öffentlichen Medien.

Das Teilprojekt ist angesiedelt in den Bereichen Lehrerprofessionalisierung und Wissenschaftskommunikation und beschäftigt sich mit der Förderung von Kommunikations- und Bewertungskompetenz. Untersucht wird der Umgang mit Problemlagen, die u. a. durch hohe Komplexität und Ungewissheit geprägt sind.

Mit Blick auf den wissenschaftspropädeutischen Biologieunterricht ist von Interesse, wie Lehrkräfte lernen, das Thema Klimawandel angemessen in den Unterricht zu integrieren und unter Einbeziehung digitaler Medien auch die politisch-ethische Dimension des Themas zu berücksichtigen und diskursorientiert mit Schülerinnen und Schülern zu erarbeiten. Die in diesem Teilprojekt geplanten Lehrerfortbildungen zielen auf ein Verständnis von Wissenschaftskommunikation und auf eine Förderung eines kompetenzorientierten, wissenschaftspropädeutischen Fachunterrichts. Dabei dienen die BAYSICS-App und die hiermit verknüpften regionalen Forschungsprojekte als fachliche Bezugspunkte.



Lehrerfortbildungen zum Umgang mit Komplexität und Ungewissheit

## BAYSICS TP 10: Verantwortung und Wirksamkeit: Gesellschaftliche Perspektiven zum Klimaschutz



Klimaschutz kann nur dann sinnvoll und erfolgreich in die Praxis umgesetzt werden, wenn sich breite Teile der Bevölkerung daran beteiligen und die Verantwortung dafür gesamtgesellschaftlich getragen wird. Weiterhin gilt es, für Klimaschutzmaßnahmen wie den Ausbau erneuerbarer Energien bei gleichzeitiger Drosselung des Energieverbrauchs oder eine Reduzierung des Fleischkonsums die richtige Handlungsebene zu finden. Wer ist verantwortlich? Und auf welcher Ebene kann Klimaschutz am wirksamsten durchgesetzt werden? Zur Beantwortung dieser Fragen braucht es fundierte sozialwissenschaftliche Forschung, welche Verantwortung für Klimaschutz in den Mittelpunkt stellt und brauchbare Erkenntnisse für die Klimaschutzpraxis liefert. So gibt es immer noch Wissenslücken darüber, wie Bürger und Entscheidungsträger aus Politik, Wirtschaft und Zivilgesellschaft ihre eigene Rolle sowie die anderer Akteure beurteilen und ausfüllen. Auch fehlt es oftmals an Klimaschutz-Studien, die ortsspezifische Möglichkeiten zur engeren Zusammen-



Climate March München, 29. November 2015

arbeit zwischen Akteuren auf lokaler oder regionaler Ebene sowie die Identifizierung potentieller und tatsächlicher Konflikte in den Vordergrund stellen.

BAYSICS Teilprojekt 10 liefert eine sozialwissenschaftliche Analyse öffentlicher Meinungen bezüglich der Verantwortung und Wirksamkeit gesellschaftlicher Akteure im Hinblick auf Klimaschutzmaßnahmen. Dabei erfahren verschiedene Handlungsebenen in Bayern und Deutschland besondere Beachtung. Ein innovatives mehrstufiges Forschungsdesign kombiniert theoretisch-konzeptionelle Arbeiten mit stringenter empirischer Forschung. Methoden der qualitativen und quantitativen Sozialforschung (z.B. Interviews mit Experten, Politikern und Bürgern, Fokusgruppen und Online-Befragungen) liefern dabei die erforderlichen Daten, um ein möglichst breites Meinungsbild zu erfassen. Erfahrungen und Erkenntnisse aus diesem Teilprojekt werden u.a. in politik- und praxisrelevante Handlungsempfehlungen übersetzt und einem breiten Publikum zugänglich gemacht.



Degrowth Picnic, München, 2. Juni 2018



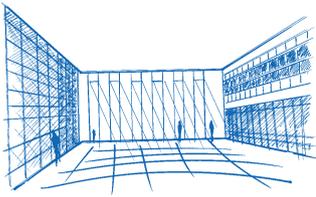
Prof. Dr. Arne Dittmer

Professur für Didaktik der Biologie  
Universität Regensburg  
Universitätsstr. 31  
93053 Regensburg  
Tel: +49 941 9433114  
eMail: Arne.Dittmer@ur.de



Prof. Dr. Henrike Rau

Lehr- und Forschungseinheit Mensch-Umwelt-Beziehungen  
Ludwig-Maximilians-Universität München  
Luisenstraße 37  
80333 München  
Tel: +49 89 21804179  
eMail: henrike.rau@lmu.de



Prof. Dr. Stefan Peiffer

Lehrstuhl für Hydrologie  
Universität Bayreuth  
Universitätsstraße 30  
95447 Bayreuth  
Tel: +49 921 55 2251  
eMail: S.Peiffer@uni-bayreuth.de

## AQUAKLIF: Einfluss multipler Stressoren auf Fließgewässer im Klimawandel

Fließgewässer zählen in Bayern zu den für die Biodiversität besonders wichtigen, gleichzeitig aber vom Klimawandel besonders betroffenen Ökosystemen. Im Verbundprojekt AQUAKLIF werden die Auswirkung klimatischer Einflussfaktoren - Temperatur, niederschlagsbedingter Feinsedimenteintrag, schwankende Abflussmengen - auf die Gewässerökologie und Wasserqualität untersucht und für Managementfragen Lösungsansätze entwickelt.

Im Verbundprojekt liegt der Fokus der Untersuchungen auf der Wirkung von Klimaeinflüssen auf die Gewässerökologie in der hyporheischen Zone. Diese Zone stellt ein hochaktives Ökosystem dar im Übergang zwischen Fließgewässern und Grundwasser und ist in seiner ökologischen Funktion vor allem durch Niedrigwasser sowie Feinsedimenteintrag als Folge von Starkregenereignissen bedroht.

Das Gesamtprojekt gliedert sich in die Forschungsphase 2018-2021 und die sich anschließende Umsetzungsphase 2021-2023. Im Vordergrund der Untersuchungen stehen folgende Fragestellungen:

- Was genau passiert, wenn unterschiedliche Stress-Faktoren zusammenwirken?  
Diese Untersuchungen werden im «künstlichen Bach» eines Fließbrinnenexperiments durchgeführt mit dem Ziel der Modellierung und Vorhersage.

- Inwieweit finden sich die Beobachtungen aus Fließbrinnenexperimenten in der hyporheischen Zone von ausgewählten Fließgewässern wieder - und lassen sich die Auswirkungen der Stressoren auf ganze Regionen Bayerns hochskalieren? Der Fokus liegt hierbei auf den nicht alpinen Regionen Bayerns.

- Welche Informationen lassen sich statistisch aus den langjährigen Monitoring-Messreihen wasserchemischer Parameter des bayerischen Landesamts für Umwelt zum Einfluss von klimatischem Stress ableiten - und welche Effekte sind für die Lebensräume in Bächen und Flüssen auf Basis zukünftiger Klimawandel-Szenarien zu erwarten?

In der Umsetzungsphase liegt der Schwerpunkt auf Implementierung und Management sowie Umweltbildung und Öffentlichkeitsarbeit. Der Übergang zwischen den beiden Phasen wird 2021 durch einen Workshop „Ergebnisse und Handlungsempfehlungen“ begleitet. Dazu werden die Forschungsergebnisse im Hinblick auf die gesellschaftliche, politische und administrative Umsetzung von Maßnahmen hin ausgewertet und die Zielrichtungen einer Implementierung zusammen mit den Interessensgruppen definiert. Das gesamte Verbundvorhaben wird durch eine projektbezogene Arbeitsgruppe begleitet.



Die Bachforelle benötigt als kieslaichende Fischart ein gut durchströmtes Sedimentlückensystem



Prof. Dr. Jürgen Geist

Lehrstuhl für Aquatische Systembiologie  
Technische Universität München  
Mühlenweg 22  
85354 Freising  
Tel: +49 8161 713947  
eMail: geist@wzw.tum.de

## ■ Teilprojekte 1/2 AQUAKLIF



### AQUAKLIF TP 1: Effekte von Feinsediment- und Temperaturstress auf aquatische Lebensgemeinschaften

Der Gewässerboden von Bächen und Flüssen bildet für viele gefährdete Fließgewässerarten wie die Larven der Flussperlmuschel und die Eier der Bachforelle einen wichtigen Lebens- und Refugialraum. In diesem Teilprojekt wird untersucht, welche Effekte Feinsedimentbelastungen der Gewässer im Kontext des Klimawandels mit veränderten Temperaturen und veränderter Abflussdynamik auf Gewässerorganismen haben. Hierzu werden Rinnenexperimente unter kontrollierten Bedingungen mit Freilandexperimenten kombiniert, um die Auswirkungen einzelner und in Kombination auftretender Stressfaktoren (Feinsi-

ment, Temperatur und Wassermenge und -geschwindigkeit) auf Arten und Prozesse im Gewässersediment bewerten zu können. Daraus sollen Maßnahmen abgeleitet werden, die in Zukunft zum Schutz und zur Restaurierung von Fließgewässern beitragen können.



Probenahme von Makrozoobenthos



Probenahme eines Gefrierkerns aus dem Bachbett



Ei einer Bachforelle im Bioindikations-System



Prof. Johannes Barth, Ph. D.

Lehrstuhl für Angewandte Geologie  
Friedrich-Alexander-Universität  
Erlangen-Nürnberg  
Schlossgarten 5  
91054 Erlangen  
Tel: +49 9131 85 22620  
eMail: johannes.barth@fau.de

### AQUAKLIF TP 2: Stabile Isotopen – Indikatoren für veränderte Fließbedingungen und biologische Umsätze in hyporheischen Zonen



Für die „Gesundheit« eines Gewässers spielt vor allem der gelöste Sauerstoff im Wasser eine wichtige Rolle, da aquatische Organismen wie zum Beispiel Fische, Muscheln und Insektenlarven auf einen ausreichenden Sauerstoffgehalt des Wassers angewiesen sind. In diesem Teilprojekt von AQUAKLIF werden die Auswirkungen des Klimawandels auf die Stoffumsätze – insbesondere des Sauerstoffs in Bächen – und damit verbunden auf die Ökologie untersucht. Dafür werden in einem Abstand von mehreren 100 Metern bis wenigen Kilometern Wasserproben aus dem Bach, Bachgrund und wenn möglich aus dem Grundwasser genommen. Besonderes Augenmerk wird dabei auf das im Bachgrund vorhandene Sediment gelegt, da dies als wichtige ökologische Nische zum Beispiel für Fischeier fungiert. Mit den Resultaten sollen Empfehlungen für geeignete Maßnahmen zum Gewässerschutz abgeleitet werden, um eine gute Wasserqualität auch für die Zukunft zu garantieren. Hierbei bietet eine neue Messmethode der «stabilen Isotope» des Sauerstoffs die Möglichkeit, die Pfade des gelösten Sauerstoffs im Bach, Bachgrund und im Grundwasser näher zu bestimmen. Dies ermöglicht uns herauszufinden, ob dieses lebenswichtige Element aus Photosynthese oder aus der Atmosphäre stammt. Zudem kann geklärt werden, wie der Sauerstoff umgesetzt wird, sei es durch bakterielle Atmung oder Ausfällung in beispielsweise eisenhaltige Minerale.

Darüber hinaus kann durch die Erfassung stabiler Kohlenstoff-Isotope auch das Gesamtgefüge der zusammenhängenden Kohlenstoff- und Sauerstoffzyklen in Porenwasser, Grundwasser und freiem Wasser besser verstanden werden. Nähere Untersuchungen dieser Zyklen sind besonders wichtig, weil O und C zu den am intensivsten umgesetzten Elementen in aquatischen Fließgewässern gehören. Die Arbeitsgruppe Angewandte Geologie der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg stellt dem Projekt eines der wenigen Labore weltweit zur Verfügung, welches die neue Methode für Isotopenmessungen bei gelöstem Sauerstoff und anderen Elementen anwendet.



Erste Messkampagne im Verbundprojekt - Probenahme an einem «Muschelbach» in Oberfranken.

## AQUAKLIF TP3: Einfluss multipler Stressoren auf N-, C- und Fe-Umsätze in der hyporheischen Zone



Die Trockenjahre 2015, 2016 und vor allem 2018 sind Situationen, die künftig immer häufiger zu erwarten sind. Sie führen zu Niedrigwasser in den Bächen und insbesondere in Nordbayern im Hoch- und Spätsommer zu erheblichen gewässerökologischen Problemen. In solchen Perioden steigt die Gefahr, dass stellenweise wenig oder kein Sauerstoff mehr in der hyporheischen Zone zwischen Fließgewässer und Grundwasser vorhanden ist. Dies setzt eine ganze Reihe chemischer Reaktionen in Gang, gut zu erkennen durch «Verockerung» beim Ausfällen von rotbraunen Eisenhydroxiden.

In diesem Teilprojekt untersuchen wir die Frage, wann und wo es zu solchen sauerstofffreien Zonen kommt. Welchen Einfluss haben erhöhte Temperaturen, niedrige Abflussmengen sowie der Sedimenteintrag auf die Ausbildung sauerstofffreier Zonen? Die Ergebnisse dieses Teilprojekts sind wichtig, um die Selbstreinigungskraft der Gewässer unter Klimastress etwa im Hinblick auf die Emission von Stickstoffverbindungen (Lachgas) bzw. den Rückhalt von Nitrat einzuschätzen.



Hier ist aller Sauerstoff verbraucht: es kommt zur sogenannten Verockerung durch rotbraune Eisenhydroxide.

## AQUAKLIF TP4: Quellen als Indikationssysteme für die Auswirkungen des Klimawandels in Wäldern



Quellen, und insbesondere Waldquellen der silikatischen Mittelgebirge, spiegeln die klimatischen Bedingungen ihrer Einzugsgebiete wider. Da der Großteil der Wetterstationen in der Nähe von oder innerhalb von Siedlungen gelegen ist, benötigen wir Kenntnisse zum klimatischen Zustand in Wäldern, welche große Flächen Bayerns bedecken, und sowohl ökonomisch als auch ökologisch von herausragender Bedeutung sind. Quellen informieren uns über deren Temperatur- und Niederschlagsbedingungen.



Wie ändert sich die Vegetation an Waldquellen - und was sagt dies über Wasserchemie und den Zustand der Wälder im Klimawandel aus?

Waldquellen zeigen darüber hinaus aber auch den ökochemischen Zustand ihrer Einzugsgebiete, wenn sie wie in den Mittelgebirgen in engem zeitlichen und räumlichen Kontakt mit den Vorgängen in der Atmosphäre stehen. Oberflächennah transportiertes Hangzugswasser tritt schon nach kurzer Zeit in solchen Quellen wieder zutage. Es repräsentiert deshalb die chemischen Eigenschaften der Böden, welche in Wäldern im Wesentlichen durch natürliche Prozesse gesteuert werden. Die Lebensgemeinschaften der Quellen reagieren sensibel auf Unterschiede und Veränderungen in Temperatur, Schüttung und chemischen Eigenschaften der Quellwässer.

Wir betrachten vor diesem Hintergrund die silikatischen Waldquellen als ein sehr effizientes Indikationssystem für die physikalischen und chemischen Prozesse in ihren Einzugsgebieten. Bisher wurden die stofflichen Auswirkungen des Klimawandels weitgehend vernachlässigt. Mit unserem Ansatz können wir aufbauend auf einer nahezu 30-jährigen Zeitreihe die Wechselwirkungen zwischen Temperaturveränderungen, Niederschlagsfluktuationen und den Reaktionen der Biosphäre untersuchen. Dies erfolgt auf landschaftlicher Skala in den nordostbayerischen Mittelgebirgen und somit für eine bedeutsame Fläche des Freistaats.



**Prof. Dr. Stefan Peiffer**

Lehrstuhl für Hydrologie  
Universität Bayreuth  
Universitätsstraße 30  
95447 Bayreuth  
Tel: +49 921 55 2251  
eMail: S.Peiffer@uni-bayreuth.de



**Dr. Ben Gilfedder**

Lehrstuhl für Hydrologie  
Universität Bayreuth  
Universitätsstraße 30  
95447 Bayreuth  
Tel: +49 921 55 2223  
eMail: benjamin-silas.gilfedder@uni-bayreuth.de



**Prof. Dr. Carl Beierkuhnlein**

Lehrstuhl für Biogeographie  
Universität Bayreuth  
Universitätsstraße 30  
95447 Bayreuth  
Tel: +49 921 552270  
eMail: carl.beierkuhnlein@uni-bayreuth.de



**Dr. Britta Aufgebauer**

Ökologische Modellbildung  
Universität Bayreuth  
Dr.-Hans-Frisch-Straße 1-3  
95448 Bayreuth  
Tel: +49 921 55 5653  
eMail: britta.aufgebauer@  
uni-bayreuth.de



**Dr. Sven Frei**

Lehrstuhl für Hydrologie  
Universität Bayreuth  
Universitätsstrasse 30  
95447 Bayreuth  
Tel: +49 921 55 2297  
eMail: sven.frei@uni-bayreuth.de



**Prof. Dr. Thomas Koellner**

Professur für ökologische  
Dienstleistungen  
Universität Bayreuth  
Universitätsstraße 30  
95447 Bayreuth  
Tel: +49 921 55 2373  
eMail: thomas.koellner@  
uni-bayreuth.de

## ■ Teilprojekte 5/6 AQUAKLIF

### AQUAKLIF TP 5: Prognose und Analyse des Verhaltens kleiner Einzugsgebiete im Kontext des lokalen Klimawandels

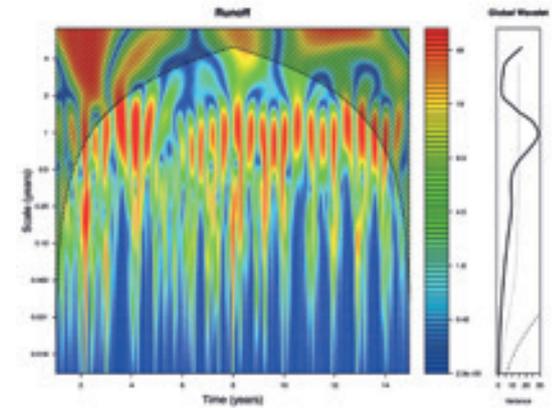


Ziel dieses Teilprojektes ist ein besseres Verständnis der Auswirkungen des lokalen Klimawandels auf kleine Einzugsgebiete in Bayern. Für den Trink- und Hochwasserschutz ist es von besonderer Bedeutung, langfristige Veränderungen der Abflussmenge und wichtiger wasserchemischer Parameter wie z.B. die Konzentration von Nitrat, Sulfat und gelöstem organischem Kohlenstoff zu erkennen und vorauszusagen.

Zu diesem Zweck durchleuchten wir die wasserchemischen Langzeitdaten aus dem Monitoring-Programm des LfU Bayern und das Quellenarchiv an der Universität Bayreuth. Wir suchen nach Korrelationen und Mustern, die sich auf Veränderungen in den Einzugsgebieten aufgrund des lokalen Klimawandels zurückführen lassen. Die Zeitreihenanalyse stellt ein breites Spektrum an Methoden bereit, Erkenntnisse über das Gesamtsystem zu erlangen, ohne auf die Modellierung interner Prozesse angewiesen zu sein. Dies ist von Vorteil, da sich die Auswirkungen einzelner geochemischer und hydrologischer Prozesse in den Einzugsgebieten, die die Wasserchemie der Bäche beeinflussen, messtechnisch kaum erfassen lassen.

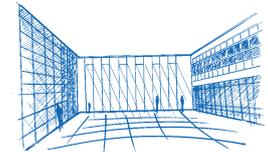
Zur Prognose der Reaktion kleiner Einzugsgebiete auf den Klimawandel verwenden wir Methoden aus der

Informatik wie z.B. Neuronale Netze, die mit den vorhandenen Daten trainiert werden. In Abhängigkeit verschiedener lokaler Klimaszenarien lässt sich so die Entwicklung wichtiger wasserchemischer Parameter prognostizieren. Erkenntnisse aus diesem Teilprojekt sollen in praxisorientierte Handlungsempfehlungen für Entscheidungsträger auf lokaler und regionaler Ebene einfließen.



Aus der Werkzeugkiste Zeitreihenanalyse: mit «Wavelets» lässt sich die Stärke von periodischen Antrieben wie dem Jahresgang sichtbar machen.

### AQUAKLIF TP 6: Klimawandel in Bayern: Gewässergüte und nachhaltige Landwirtschaft in hyporheischen Zonen



Zunehmende Extremereignisse wie Hitzeperioden, Trockenheit und Starkregen als Folge des globalen Klimawandels stellen für die Gewässergüte in landwirtschaftlich geprägten Regionen Bayerns eine große Herausforderung dar. Zum einen kann es zu deutlich höheren Gewässerbelastungen durch Düngemittelaustrag kommen, zum anderen können aber auch die Ernteerträge höheren Schwankungen unterliegen. Ziel dieses Teilprojektes ist es daher, mögliche Anpassungsstrategien durch landwirtschaftliche Managementmaßnahmen zu erarbeiten, um den Folgen des Klimawandels sowohl für Gewässerqualität (insbesondere Stickstoff- und Phosphorfrachten) als auch für die Nahrungsmittelproduktion in Bayern effizient entgegenzuwirken. Mithilfe des Soil and Water Assess-

ment Tools (SWAT) sollen für Klimawandelszenarien eine Reihe von Managementvarianten simuliert und deren Auswirkungen auf die Retentionskapazität von Nährstoffen und die Produktion von Nahrungsmitteln in ausgewählten bayerischen Flusseinzugsgebieten untersucht werden. Untersucht werden die Effekte von „Greening“-Maßnahmen (wie Anbaudiversifizierung, Grünlandbewirtschaftung und Ecological Focus Areas), Fruchtartenwechsel sowie effizientes Düngemittelmanagement. Aus den Modellergebnissen sollen im Anschluss potentielle Maßnahmenkombinationen abgeleitet werden, welche am effizientesten Nährstofffrachten in die Gewässer reduzieren und gleichzeitig stabile Nahrungsmittelproduktion für die Bayerische Landwirtschaft erzielen können.



Wenn der ersehnte Regen mit Sturmfront oder Gewitter kommt: Wie lässt sich verhindern, dass wertvoller Boden abgeschwemmt wird? (© Agrarfoto.com)

## AQUAKLIF TP 7: Implementierung und Öffentlichkeitsarbeit



**Prof. Dr. Stefan Peiffer**

Lehrstuhl für Hydrologie  
Universität Bayreuth  
Universitätsstraße 30  
95447 Bayreuth  
Tel: +49 921 55 2251  
eMail: S.Peiffer@uni-bayreuth.de



**Dr. Birgit Thies**

Bayreuth Center of Ecology  
and Environmental Research  
Universität Bayreuth  
Dr.-Hans-Frisch-Straße 1-3  
95448 Bayreuth  
Tel: +49 921 55 5700  
eMail:  
birgit.thies@uni-bayreuth.de



*Bild 1-3: In der vom BUND Naturschutz zur Landesgartenschau 2016 konzipierten «Rotmainsafari» erkundeten Schulklassen das Leben im Roten Main und lernten, wie sich hieraus Rückschlüsse auf die Wasserqualität ziehen lassen*

Was tun, um die sensiblen Ökosysteme unserer Bäche und Flüsse in Zeiten des Klimawandels bestmöglich zu schützen? Die Erkenntnisse und Empfehlungen aus der Forschungsphase von AQUAKLIF werden auf zwei Ebenen aufbereitet und umgesetzt: zum einen im aktiven Austausch mit den Praktikern aus Naturschutz, Land- und Wasserwirtschaft, zum anderen durch aktive Umweltbildungs- und Öffentlichkeitsarbeit.

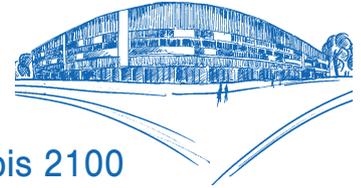
Die Verbindung zur Praxis wurde schon in der Antragsphase gelegt, wird im projektbegleitenden Austausch mit einer Arbeitsgruppe aus „Stakeholdern“ gepflegt und kommt im zentralen Workshop „Ergebnisse und Handlungsempfehlungen“ beim Übergang zwischen Forschungs- und Implementierungsphase zum Tragen. Geplant sind Leitfäden zur Revitalisierung von Fließgewässern, die Weitergabe der Handlungsempfehlungen in Workshops sowie die Begleitung erster Pilotprojekte.

Um die Bevölkerung für den Zustand unserer Fließgewässer zu sensibilisieren, werden die Ergebnisse der Forschung und empfohlene Maßnahmen in Pressemitteilungen, Vorträgen und Diskussionsrunden kom-

muniziert. Im Fokus stehen darüber hinaus Schüler und Schülerinnen als zukünftige Entscheidungsträger: Konzepte zur Umweltbildung im Bereich Klimaschutz und Gewässerökologie werden durch die Weiterentwicklung des Schüler-Freilandlabors „Rotmain-Safari“ sowie im Rahmen des Schülerforschungslabors der Universität Bayreuth getestet und verfeinert in einem Leitfaden „Umweltbildung Klimawandel und Gewässerökologie“ zusammengefasst.



## BLIZ: Blick in die Zukunft – Wechselwirkungen zwischen Gesellschaft, Landnutzung, Ökosystemleistungen und Biodiversität in Bayern bis 2100



Prof. Dr. Anja Rammig

Professur für Land Surface-  
Atmosphäre Interactions  
Technische Universität München  
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2  
85354 Freising  
Tel: +49 8161 714768  
eMail: sandra.grosskopf@  
wzw.tum.de

Wie entwickeln sich Ökosystemleistungen und Biodiversität in Bayern? Das interdisziplinäre Verbundprojekt BLIZ wirft einen Blick in die Zukunft und entwickelt Szenarien für ein nachhaltiges Management von Ökosystemen in Bayern. Wir untersuchen Wechselwirkungen zwischen ökologischen und sozioökonomischen Systemen in ländlichen Räumen Bayerns und schätzen mögliche zukünftige Veränderungen ab. BLIZ ist ein Verbundprojekt der Technischen Universität München (TUM), der Julius-Maximilians-Universität Würzburg (JMU), der Universität Regensburg (UR) und der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU).

Das Verbundprojekt untersucht die Auswirkungen von Klima- und Landnutzungswandel auf bayerische Ökosysteme mit dem Ziel, nachhaltige gesellschaftliche und wirtschaftliche Landnutzungsstrategien für Bayern zu entwickeln. In Zusammenarbeit mit Akteuren aus Politik, Umweltorganisationen, Wirtschaft und Zivilgesellschaft erarbeiten wir konkrete Handlungsanweisungen für ein nachhaltiges Management, die dem Verlust von Ökosystemleistungen und Biodiversität entgegenwirken und ökologische und sozioökonomische Kipppunkte vermeiden.

Mit Hilfe von computergestützten Simulationsmodellen erforschen wir, welche Anpassungsstrategien die Produktivität und Stabilität der Ökosysteme erhalten, und unter welchen Umständen drastische ökologische Degradierung oder sozioökonomische Veränderungen, sogenannte Kipppunkte, auftreten können.

Der methodische Ansatz ist es, (1) basierend auf neu erhobenen und bestehenden empirischen Daten dynamische Modelle zu entwickeln und anzuwenden, (2) eine Schätzung der Unsicherheiten zu generieren und diese Unsicherheit ökonomisch zu bewerten, (3) geeignete Anpassungs- und Managementstrategien zu entwickeln und (4) diese Strategien für Interessensvertreter zu kommunizieren

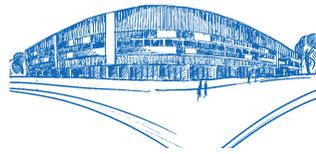
BLIZ besteht aus 6 Teilprojekten:

- 1) Auswirkungen von Landnutzungs- und Klimawandel auf terrestrische Ökosysteme und Biodiversität (Anja Rammig und Wolfgang Weisser, TUM)
- 2) Biodiversitätskipppunkte im Klima- und Landnutzungswandel (Juliano Cabral, UW)
- 3) Kipppunkte in limnischen Systemen (Uta Raeder und Markus Hoffmann, TUM)
- 4) Einfluss des Klimawandels auf Landnutzung und Multifunktionalität (Thomas Knoke und Johannes Sauer, TUM)
- 5) Unsicherheit und Risiko in Systemmodellen zu Klimafolgen in Bayern – BayRisk (Florian Hartig, UR)
- 6) Multifunktionale ländliche Räume in Bayern im Kontext des Klimawandels: Wahrnehmung und Bewertung sozial-ökologischer Transformationen und Akzeptanz von nachhaltigen Landnutzungsoptionen (Perdita Pohle, FAU)



Blick auf die Osterseen in Bayern. Wie wird sich diese Landschaft in der Zukunft entwickeln?  
BLIZ entwickelt Zukunftsszenarien für Bayern. (Quelle: Archiv LSI)

## BLIZ TP 1: Auswirkungen von Landnutzungs- und Klimawandel auf terrestrische Ökosysteme und Biodiversität

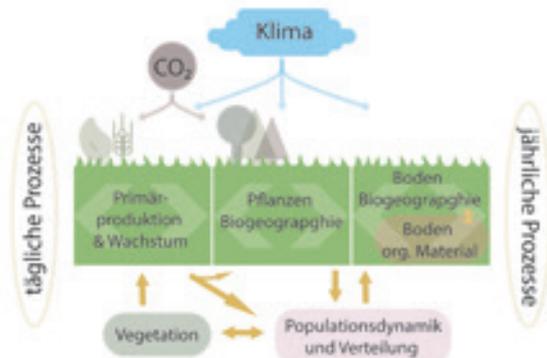


Klimawandel und Umweltveränderungen stellen eine Bedrohung für die Funktionen von Ökosystemen und die Biodiversität, und damit für die Bereitstellung von Ökosystemleistungen in Bayern dar.

Um Ökosystemleistungen, wie z.B. land- und forstwirtschaftliche Produktivität, Klimaregulierung, Wasserqualität, Bestäubung und Kohlenstoffspeicherung in Boden und Biomasse und den Erhalt der Biodiversität sicherzustellen, gilt es, nachhaltige Strategien der Bewirtschaftung für Bayern zu entwickeln und zu operationalisieren. Wir untersuchen, wie Klimawandel die Landnutzung beeinflusst und welche Konsequenzen dies für die biologische Vielfalt und die Ökosystemleistungen in Bayern hat.

Wir wenden das Ökosystemmodell LPJ-GUESS an, um klimabedingte Änderungen der Wachstumsbedingungen für Wälder und landwirtschaftlich genutzte Ökosysteme zu berechnen. Diese Ergebnisse werden in Teilprojekt 4 genutzt, um die Änderungen der Landnutzung vorherzusagen, woraus wiederum Vorhersagen zur Gefährdung von Biotopen und Arten abgeleitet werden. In unserem Teilprojekt werden die einzigartigen Daten Bayerns zum Vorkommen von Arten und Biotopen verwendet. In einem „Big data“-Ansatz

werden diese mit den Landnutzungsszenarien verknüpft. Produktionsfunktionen werden erzeugt, die die Landnutzung und die Biodiversität in Beziehung zu Ökosystemleistungen setzt. Es werden „Impact Maps“ erzeugt, die Hotspots der Biodiversität identifizieren und die Gefährdung für ein „Umkippen“ von Ökosystemleistungen zeigen. Basierend auf unsere Ergebnisse wird ein Szenarienraum für ein angepasstes Management aufgespannt, der mit Praxispartnern diskutiert wird.



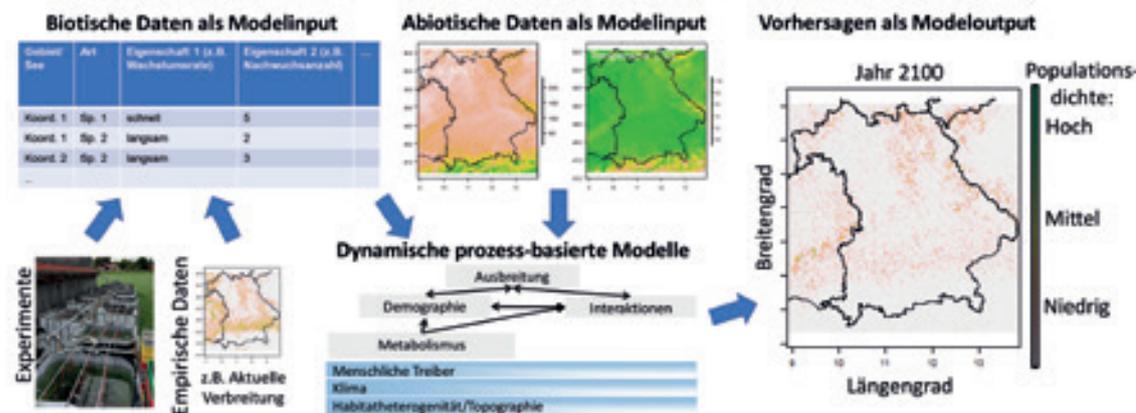
Vereinfachtes Schema des Ökosystemmodells LPJ-GUESS, das die Interaktionen zwischen Klima, Landnutzung und Vegetation darstellt

## BLIZ TP 2: Biodiversitätskipppunkte im Klima- und Landnutzungswandel



Klima- und Landnutzungswandel haben dramatische Auswirkungen auf die Biodiversität. Dies macht sich bemerkbar durch Veränderungen der Verbreitungsgebiete von Arten und der Zusammensetzung von Artengemeinschaften. Manche Arten können sich weiter ausbreiten, während andere Arten aussterben. Die langfristige Folge dieser Veränderungen sind für lokale Artengemeinschaften noch nicht absehbar. Mit Hilfe von Simulationsmodellen, die in unserem Teilprojekt entwickelt werden, wird untersucht, wie aktueller und zukünftiger Klima- und Landnutzungswandel die Zusammensetzung und Verbreitung verschiedener

Artengemeinschaften in bayerischen Wiese, Wäldern und Seen beeinflussen. Aus dem Zusammenspiel der verschiedenen relevanten ökologischen Prozesse im Modell, wie z.B. Vermehrung und Ausbreitung, ergeben sich Vorhersagen für die räumliche Verteilung und das Vorkommen der Pflanzen- und Tierarten. Aus den Modellergebnissen werden bayernweit schutzrelevante Biodiversitäts-Hotspots abgeleitet, in Kartenmaterial dargestellt (Abb. 1). Die Ergebnisse unserer Modelle fließen in die Teilprojekte I, III und VI ein und werden mit Interessensvertretern diskutiert.



Schema mit den Arbeitsschritten um das zukünftige Verbreitungsgebiet einer Pflanzen-Art unter der Annahme einer Temperaturerhöhung um 4°C vorherzusagen. In diesem Beispiel würden für die Art sowohl Gebietsvorkommen als auch Populationsdichte zurückgehen. Für diese Art könnten somit gezielt Naturschutzmaßnahmen eingeleitet werden



Prof. Dr. Wolfgang W. Weisser

Lehrstuhl für Terrestrische Ökologie  
Department of Ecology and Ecosystemmanagement  
Technische Universität München  
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2  
85354 Freising  
Tel: +49 8161 713495  
eMail: wolfgang.weisser@tum.de



Prof. Dr. Anja Rammig

Professur für Land Surface-Atmosphere Interactions  
Technische Universität München  
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2  
85354 Freising  
Tel: +49 8161 714768  
eMail: sandra.grosskopf@wzw.tum.de



Prof. Dr. Juliano Sarmiento Cabral

Ecosystem Modeling, CCTB  
Julius-Maximilians-Universität Würzburg  
Würzburg  
Emil-Fischer-Str. 32  
97074 Würzburg  
Tel: +49 931 3182667  
eMail: juliano.sarmiento\_cabral@uni-wuerzburg.de



Dr. Uta Raeder

Limnologische Station Iffeldorf  
Lehrstuhl für Aquatische  
Systembiologie  
Technische Universität München  
Hofmark 1-3  
82393 Iffeldorf  
Tel: +49 8856 81022  
eMail: uta.raeder@tum.de



Prof. Dr. Thomas Knoke

Institute of Forest Management  
Technische Universität München  
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2  
85354 Freising  
Tel: +49 8161 714701  
eMail: knoke@tum.de



Prof. Dr. Johannes Sauer

Agricultural Production  
and Resource Economics  
Technische Universität München  
Alte Akademie 14  
85354 Freising  
Tel: +49 8161 714008  
eMail: jo.sauer@tum.de

## ■ Teilprojekte 3/4 BLIZ

### BLIZ TP3: Kippunkte in limnischen Systemen

Seen sind ein prägender Bestandteil des Landschaftsbildes und werden häufig als Augen der Landschaft bezeichnet, da sich in den Gewässern die Landnutzung und Veränderungen in ihrem Umland widerspiegeln. Aus diesem Grund ist es notwendig, frühzeitig abzuschätzen, ab wann und wie sich die Seen in Folge des Klima- und Landnutzungswandels verändern werden. Beide Entwicklungen führen zu erhöhten Einträgen in Seen. D.h. es gelangen vermehrt Schweb- und Huminstoffe bzw. Nährstoffe, die Algenblüten fördern, in die Gewässer. Diese Stoffe wirken direkt bzw. indirekt als optisch aktive Substanzen und beeinflussen das pflanzenverfügbare Licht in Gewässern. Dadurch verändert sich die Wasserpflanzengemeinschaft, die wesentliche Funktionen im Ökosystem See erfüllt und diesen Lebensraum strukturiert. Auf diese Weise verursachte Änderungen in der Zusammensetzung der Wasserpflanzen wirken sich auf die gesamte Biodiversität von Gewässern aus. Das Ziel von TP3 ist es, (1) die Folgen der erhöhten Einträge von optisch aktiven Stoffen in Seen auf die Zusammensetzung der Unterwasservegetation und somit die gesamte Biodiversität zu untersuchen sowie (2) die Schwellenwerte (Kippunkte) für Stoffeinträge zu ermitteln, die zu signifikanten Veränderungen in der Unterwasservegetation führen.



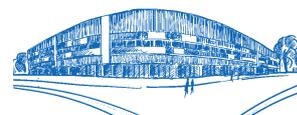
Im Rahmen des TPs 3 werden in Experimenten die Präferenzen und die Toleranzen hinsichtlich der Lichtverhältnisse ausgewählter Wasserpflanzen (Makrophyten) bestimmt, so dass die darauf aufbauende Makrophyten- und Biodiversitätsmodelle in TP2 optimiert werden können. Als Grundlage für diese Untersuchungen werden die in TP 1/TP 4 entwickelten Klima- und Landnutzungsszenarien genutzt.

Auf diese Weise sollen (1) Daten zur Optimierung von Biodiversitätsmodellen gesammelt werden und die (2) die Prognosen der Modelle bestätigt werden.



Hochwässer infolge des Klimawandels bedingen Stoffeinträge und somit veränderte Lichtverhältnisse in Seen, was sich auf die Entwicklung und Zusammensetzung der Unterwasservegetation auswirkt.

### BLIZ TP4: Einfluss des Klimawandels auf Landnutzung und Multifunktionalität



In unserem Teilprojekt möchten wir Entwicklungen der Landnutzung in Bayern einerseits rückblickend und andererseits in die Zukunft schauend analysieren. Mit modernen Fernerkundungstechniken werden dazu in einem ersten Schritt die bisherigen Veränderungen der bayerischen Landschaft untersucht. Anschließend dienen Prognosen des klimasensitiven Ökosystemmodells LPJ-GUESS (Teilprojekt 1) dazu, Entscheidungen der Land- und Forstwirte über die zukünftige Landnutzung zu modellieren.

Uns interessiert beispielsweise, wie Land- und Forstwirte ihre Ressourcen (z.B. Landflächen) verschiedenen Nutzungsoptionen zuordnen. Dazu werden moderne Landnutzungsmodelle auf der Ebene repräsentativer landwirtschaftlicher Modell-Höfe bzw. für repräsentative Modell-Forstbetriebe eingesetzt. So kann eine Abschätzung der Landverteilung auf Landnutzungsoptionen vorgenommen werden. Für diese Modelle dienen zum Beispiel die Produktivität und deren Schwankungen, Marktpreisentwicklungen, Ernteausfälle oder Kalamitäten im Wald als Eingangsinformationen.

Auch Zielkonflikte, z.B. zwischen Produktivität und Biodiversität bzw. Multifunktionalität, werden bei der Analyse schwerpunktmäßig betrachtet. Bereits existierende Modellierungsansätze möchten wir dazu zu einer Optimierung unter multiplen Zielsetzungen erweitern. So wird die Möglichkeit geschaffen, Ökosys-

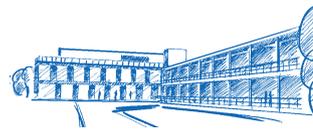
temleistungen bzw. Umweltprobleme (z.B. Erosion, bzw. übermäßiger Einsatz von Gülle) aktiv in den Optimierungsprozess zu integrieren.

Unsere Ergebnisse schließen sowohl vornehmlich ökonomisch getriebene als auch multifunktionale Entwicklungen (unter Berücksichtigung von Ökosystemleistungen) der zukünftigen Landnutzung in Bayern ein. Auch die Bewertung alternativer Landnutzungsoptionen (z.B. Agroforstwirtschaft, Energieholzplantagen) wird darin integriert.



BLIZ Teilprojekt 4 analysiert das Verhältnis von Wirtschaftlichkeit und Multifunktionalität in der bayerischen Land- und Forstwirtschaft

## BLIZ TP 5: Unsicherheit und Risiko in Systemmodellen zu Klimafolgen in Bayern

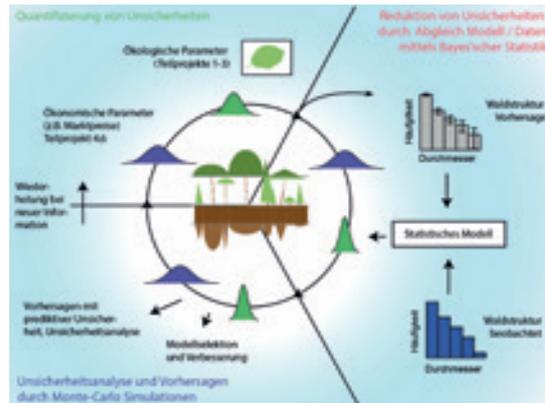


„Prognosen sind schwierig, besonders wenn sie die Zukunft betreffen.“

Dieses Sprichwort, oft dem bayrischen Kabarettisten Karl Valentin zugeschrieben, fasst nahezu perfekt den Ausgangspunkt von Teilprojekt 5 zusammen: durch Forschung, Daten und ökologische Modelle können zwar Erwartungen über die zukünftige Entwicklung von Ökosystemen unter dem Klimawandel generiert werden. Diese Erwartungen beinhalten aber unweigerlich signifikante Unsicherheiten. Um unter diesen Umständen richtige ökonomische und gesellschaftliche Entscheidung treffen zu können, ist es essentiell, nicht nur die Prognosen an sich, sondern auch deren Unsicherheit zu kennen.

Der an der Universität Regensburg angesiedelte Projektteil von BLIZ befasst sich mit genau diesem Thema: wie können wir wissenschaftlich fundiert die Unsicherheit von Modellvorhersagen quantifizieren. Hierzu wird das Teilprojekt zunächst die parametrischen Unsicherheiten der in BLIZ benutzten Systemmodelle mit Methoden der Bayes'schen Statistik quantifizieren (siehe Abbildung links oben) und reduzieren (siehe Abbildung rechts), und danach mithilfe von Monte-Carlo Simulationen Inputunsicherheiten mit den internen Modellunsicherheiten zu einer Gesamtvor-

hersageunsicherheit verbinden (siehe Abbildung links unten). Das Teilprojekt bildet so ein Bindeglied zwischen den ökologischen Projektteilen von BLIZ, die sich mit den Mechanismen und Prozessen von Klimafolgen befassen, und den sozial-ökonomischen Projektteilen, die zu Landnutzungsentscheidungen und der Bewertung von Risiken und Handlungsoptionen forschen.



Prinzip des Bayes'schen Datenintegrationszyklus, von der Quantifizierung der initialen Unsicherheiten (oben links) über den Vergleich mit Daten (rechts) hin zu Vorhersagen und Unsicherheitsanalyse.

## BLIZ TP 6: Multifunktionale ländliche Räume in Bayern im Kontext des Klimawandels: Sozial-ökologische Transformationen und Akzeptanz von nachhaltigen Landnutzungsoptionen



Die ländlichen Räume Bayerns erfüllen vielfältige Funktionen: Sie sind Hauptproduktionsräume von Nahrungs- und Futtermitteln, Holz und Energie, sie besitzen wichtige ökologische Funktionen und leisten einen wesentlichen Beitrag zum Umwelt-, Natur- und Landschaftsschutz und sind darüber hinaus Lebens-, Wirtschafts- und Erholungsraum für einen Großteil der Bevölkerung. Umweltveränderungen, energie- und klimapolitische Entwicklungen sowie der gesellschaftliche und demographische Wandel stellen für die ländlichen Räume Bayerns komplexe Herausforderungen dar. Welche Veränderungen werden ländliche Räume zukünftig erfahren? Wie wird sich der Klimawandel auf die Multifunktionalität auswirken? Welche gesellschaftlichen Ansprüche werden zukünftig an die ländlichen Räume in Bayern gestellt? Diesen Fragen widmet sich Teilprojekt 6 mit Hilfe eines transdisziplinären Forschungsansatzes.

Durch den Einbezug verschiedener Akteure aus Politik, Umwelt, Wirtschaft und Zivilgesellschaft sollen die unterschiedlichen Perspektiven auf die Entwicklung ländlicher Räume identifiziert werden und es soll aufgezeigt werden, inwiefern Klimaveränderungen in den Praktiken der Akteure bereits eine Rolle spielen bzw. von ihnen antizipiert werden.

Teilprojekt 6 gliedert sich in zwei Phasen: In der ersten Phase werden sozial-ökologische Transformationsprozesse in ländlichen Räumen Bayerns identifiziert, dokumentiert und aus Sicht unterschiedlicher Akteure bewertet. Vor dem Hintergrund des Klimawandels liegt der Fokus auf sozial-ökologischen Transformationen in den Bereichen Land-, Forst- und Wasserwirtschaft (z.B. Zunahme der Energieproduktionsflächen oder Vorrangflächen für den Naturschutz). In der zweiten Projektphase stehen Modelle und Szenarien, die in den Teilprojekten 1-5 entwickelt wurden, sowie die daraus abgeleiteten Handlungsoptionen zur Diskussion. In diesem Projektteil sollen die identifizierten Landnutzungsoptionen einer Akzeptanz- und Präferenzanalyse durch die jeweiligen Akteursgruppen unterzogen werden. Auf Basis dieser Ergebnisse können schließlich Umsetzungsmöglichkeiten unter Berücksichtigung zukünftiger gesellschaftlicher Entwicklungen in den ländlichen Räumen Bayerns analysiert und diskutiert werden.



Entwicklung klimaresilienter multifunktionaler ländlicher Räume in Bayern (Foto: P. Pohle)



Prof. Dr. Florian Hartig

Theoretische Ökologie  
Fakultät für Biologie und  
Vorklinische Medizin  
Universität Regensburg  
Universitätsstraße 31  
93053 Regensburg  
Tel: +49 941 9434316  
eMail: florian.hartig@  
biologie.uni-regensburg.de



Prof. Dr. Perdita Pohle

Institut für Geographie  
Lehrstuhl für Geographie  
und Entwicklungsforschung  
Friedrich-Alexander-Universität  
Erlangen Nürnberg  
Wetterkreuz 15  
91054 Erlangen  
Tel: +49 9131 85 22639  
eMail: perdita.pohle@fau.de



Prof. Dr.  
Ingolf Steffan-Dewenter

Department of Animal Ecology  
and Tropical Biology  
Universität Würzburg  
Biocenter - Am Hubland  
97074 Würzburg  
Tel: +49 931 31-84352  
eMail:  
ingolf.steffan@uni-wuerzburg.de

## ■ Verbundprojekt LandKlif

# LandKlif: Auswirkungen des Klimawandels auf Artenvielfalt und Ökosystemleistungen in naturnahen, agrarischen und urbanen Landschaften und Strategien zum Management des Klimawandels

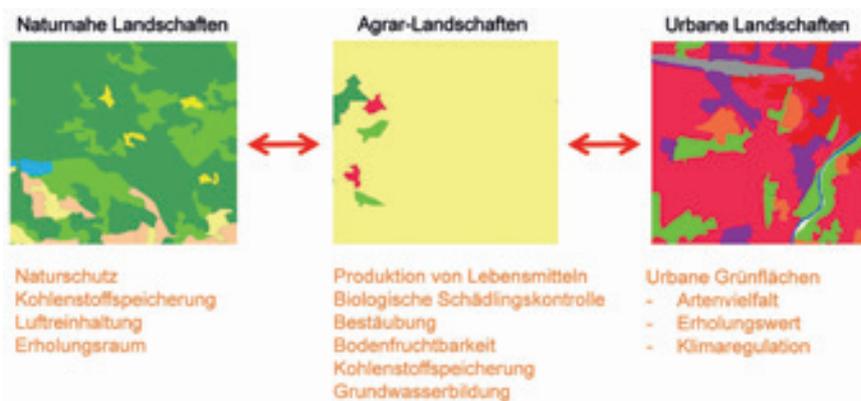


Der Klimawandel hat weitreichende Folgen für Artenvielfalt und Ökosystemleistungen in Bayern. Gleichzeitig bestimmen die Landnutzungsintensität und die Struktur von Landschaften wesentlich die Auswirkungen der veränderten klimatischen Bedingungen. Denn die Umwandlung naturnaher Lebensräume in Agrar- oder Siedlungsflächen verändert das Arteninventar, die Bereitstellung von Ökosystemleistungen und folglich das Anpassungspotential von Ökosystemen an den Klimawandel. Obwohl auf lokaler Ebene oft ein positiver Zusammenhang zwischen Biodiversität und Ökosystemfunktionen besteht, bleiben somit viele Fragen offen: wie beeinflussen klimatische Gradienten und die Zusammensetzung und Konfiguration von Landschaftsräumen die Artenvielfalt und die Bereitstellung von Ökosystemleistungen? Welche Wechselwirkungen bestehen zwischen den klimatischen Rahmenbedingungen und der Landnutzung? Kann Biodiversität auf Populations-, Artengemeinschafts- und Landschaftsebene die Resilienz gegenüber Klimawandel und klimatischen Extremereignissen erhöhen? Um diese Fragen zu beantworten untersucht der Verbund LandKlif in einem gemeinsamen Versuchsdesign die Biodiversität und Multifunktionalität naturnaher, agrarischer und urbaner Landschaftsräume, die sich grundlegend in dem Grad des anthropogenen Einflusses, der Biodiversität und somit auch den bereitgestellten Ökosystemleistungen unterscheiden (Abb 1). Insgesamt 60 dieser repräsentativen Landschaften werden in fünf unterschiedlichen Klimazonen Bayerns ausgewählt, und decken Temperatur-, Niederschlags- und Höhengradienten von trocken-warmen Regionen in Unterfranken bis in die Hochlagen der Nationalparks Bayerischer Wald und Berchtesgaden ab. Für jeden Landschaftsraum werden vorhandene



Abb 2: Konzeptioneller Ansatz des Forschungsverbundes LandKlif

Datengrundlagen genutzt und neue Daten erhoben, um ein verbessertes Verständnis für Wechselwirkungen zwischen Landnutzung, regionalem Klimawandel und den Reaktionen der Ökosysteme zu erzielen. Die zehn eng vernetzten Teilprojekte übernehmen dabei jeweils komplementäre Aufgaben zur Untersuchung von Landnutzung, Klima, Biodiversität und Ökosystemleistungen, und vereinen empirische, experimentelle und theoretische Forschungsansätze aus den Natur- und Sozialwissenschaften. Ein weiterer wichtiger Bestandteil des Projektes ist die Kooperation mit außeruniversitären bayerischen Forschungseinrichtungen und Verbänden aus Naturschutz, Forst- und Landwirtschaft, um einen umfassenden Wissenstransfer in Gesellschaft und Politik zu gewährleisten. Eine zentrale Datenbank mit flächenbezogenen Daten zu Artenverbreitung, Landnutzung und Klima sowie ein Bayerischer Atlas zur Verfügbarkeit versorgender, regulierender und kultureller Ökosystemleistungen bilden die Basis für ein webbasiertes Informationsportal zur Abschätzung von Klimarisiken. In dem Portal werden außerdem Handlungsstrategien zum Erhalt von Ökosystemleistungen für Klima- und Naturschutz,



Forst- und Landwirtschaft sowie Stadt- und Raumplanung vermittelt, welche die ökologische, ökonomische und gesellschaftliche Resilienz Bayerns gegenüber dem Klimawandel langfristig verbessern (Abb. 2).



Abb 1: Landschaftsräume und Ökosystemleistungen in Bayern

## LandKlif TP 1: Klimawandel im Landschaftskontext: Funktionelle Biodiversität, biotische Ökosystemleistungen und Datensynthese

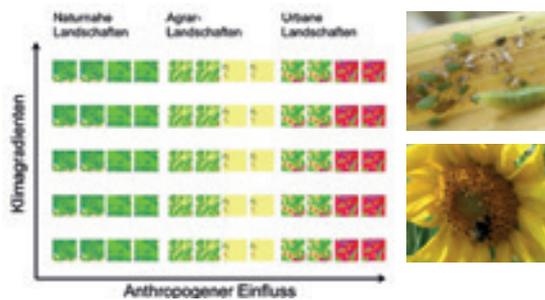


**Prof. Dr. Ingolf Steffan-Dewenter**

Department of Animal Ecology and Tropical Biology  
Universität Würzburg  
Biocenter - Am Hubland  
97074 Würzburg  
Tel: +49 931 31-84352  
eMail: [ingolf.steffan@uni-wuerzburg.de](mailto:ingolf.steffan@uni-wuerzburg.de)

Der Klimawandel und anthropogene Einflüsse gelten als Hauptursachen für die Gefährdung von Biodiversität und Ökosystemfunktionen, doch Wechselwirkungen zwischen diesen Einflussfaktoren sind nur unzureichend erforscht. Das gemeinsame Versuchsdesign, welches in Teilpaket 1 koordiniert und implementiert wird, soll diese Wissenslücke schließen. Hierzu werden entlang unabhängiger Klima- und Landnutzungsgradienten 60 Untersuchungsflächen ausgewählt und beprobt. Der Fokus liegt dabei auf einer Tiergruppe, die im Naturschutz aufgrund ihrer großen Artenvielfalt eine wichtige Stelle einnimmt: Insekten. Diese erbringen vor allem als Bestäuber und Gegenspieler von Schädlingen unverzichtbare ökologische Leistungen. Mittels Metabarcoding werden die gefangenen Insekten bestimmt, um Einblicke in die funktionelle Diversität von Herbivoren, Prädatoren, Parasitoiden und Bestäubern in unterschiedlichen Lebensräumen zu erlangen. Experimente und Beobachtungen zur biologischen Schädlingsbekämpfung und Bestäubung, sowie zu möglichen Anpassungsstrategien werden durch Fernerkundungsdaten aus Teilprojekt 7 ergänzt. Ein letzter Schritt ist dann die zentrale Synthese aller im Verbundprojekt erhobenen Daten und die Analyse der kombinierten Effekte von Klima

und Landnutzung auf die Multifunktionalität und Resilienz von Ökosystemen. Gleichzeitig werden Landschaftstypen und -strukturen identifiziert, die das Anpassungspotential an künftige Klimaveränderungen fördern. Die Ergebnisse liefern die Handlungsgrundlage für ein nachhaltigeres Management naturnaher, agrarischer und urbaner Landschaften, und leisten so einen wichtigen Beitrag zum Erhalt der Artenvielfalt und ihrer ökologischen Leistungen im Kontext des Klimawandels.



Das gemeinsame Versuchsdesign des Verbundprojektes (links) ermöglicht es, die kombinierten Einflüsse von Klima und Landnutzung auf Biodiversität und assoziierte ökologische Leistungen (rechts oben: biologische Schädlingsbekämpfung, rechts unten: Bestäubung) zu untersuchen.

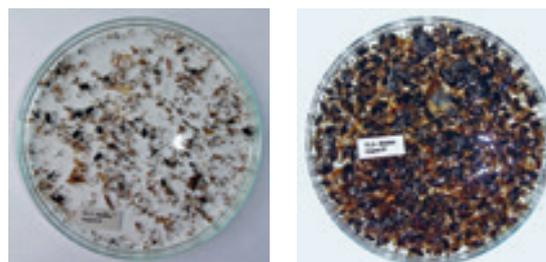
## LandKlif TP 2: Auswirkungen des Klimas auf funktionale Diversität, naturschutzfachliche Priorisierung und Zersetzer-Gemeinschaften im Landnutzungsgradienten



**Prof. Dr. Jörg Müller**

Lehrstuhl für Tierökologie und Tropenbiologie  
Universität Würzburg  
Am Hubland  
97074 Würzburg  
Tel: +49 931 31 83378  
eMail: [joerg.mueller@uni-wuerzburg.de](mailto:joerg.mueller@uni-wuerzburg.de)

Wichtige Ökosystemdienstleistungen in unserer Landschaft werden in der Regel von kleinen Organismen wie Insekten oder Pilzen getragen. Immer öfter wird ein Rückgang auch dieser schwer zu erfassenden Dark diversity beobachtet und weckt Besorgnis in breiten Teilen der Öffentlichkeit. Da es sich um Ursachenkomplexe zu handeln scheint, fehlt es an einfachen Antworten. Das Teilprojekt 2 beabsichtigt die möglichen Ursachen für diesen Rückgang in der Landschaft, wie Landnutzung, Verkehr und Klimawandel, zu identifizieren. Dazu werden Biomassen mit Malaisefallen erhoben, die Arten mit modernen Sequenzierverfahren über alle Insektengruppen bestimmt und funktionalen Gruppen zugeordnet. Zusätzlich werden Lebensgemeinschaften von Mikroorganismen erfasst, die am Abbau von Biomasse wie Zellulose, Holz, Aas oder beteiligt sind. Um den Wechselwirkung von Klima und Landnutzung weiter auf den Grund zu gehen, werden die die Beobachtungsdaten entlang der Gradienten mit gezielten Feld- und Laborexperimenten ergänzt. Wir erhoffen uns daraus Antworten, welche Ursachenkomplexe, insbesondere auf Landschaftsebene, besonders kritisch für den Artenschwund sind. Daraus sollen für die verschiedenen Landschaftsräume unter Berücksichtigung des Klimawandels differenzierte Strategien zum Stopp des Artenschwundes entwickelt werden.



Malaisefalle (oben) zur Bestimmung der Artenvielfalt und Biomasse im Wald (unten)



Prof. Dr. Jörg Ewald

Botanik, Vegetationskunde  
Hochschule Weihenstephan-  
Triesdorf  
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 3  
85354 Freising  
Tel: +49 8161 715909  
eMail: joerg.ewald@hswt.de

## ■ Teilprojekte 3/4 LandKlif

### LandKlif TP3: Vegetation der bayerischen Normal- landschaft zwischen Klimaerwärmung und Hemerobie



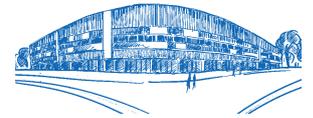
Die Erkenntnis des Insektensterbens zeigt, dass ein auf Schutzgebiete beschränkter Naturschutz den Verlust der Artenvielfalt und der damit verbundenen Ökosystemfunktionen in der modernen Kulturlandschaft nicht aufhalten kann. Wildwachsende Pflanzenarten und die von ihnen gebildete Vegetation sind die Grundlage der Nahrungskette und stellen die Lebensraumstrukturen für Tiere und Menschen in der Landschaft bereit. Neben den klassischen Objekten



Vegetationshalle der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf am Forstgebäude

des Arten- und Biotopschutzes werden normale Wälder, Waldränder, Hecken, Grünland, Ackerränder und städtisches Grün als Korridore und Pufferzonen für ökologische Dienstleistungen benötigt. Unser Teilprojekt untersucht die Vegetation dieser wenig beachteten Ökosysteme im Rahmen des Landklif-Designs im Hinblick auf ihre Empfindlichkeit gegenüber Erwärmung, Landnutzung und Urbanisierung und auf ihr Potential als Rückzugs-, Austausch- und Vernetzungsräume für Wildpflanzen und die davon abhängigen Lebensgemeinschaften. Die landesweite Verbreitung der Pflanzenarten und Lebensräume in Abhängigkeit von Gradienten des Klimas und der Landnutzungsintensität wird auf mehreren Maßstabebenen an Hand eigener Aufnahmen, vorhandener Biotop- und Florenkartierungen untersucht. An lebensraumtypischen, häufigen Pflanzenarten werden funktionelle Pflanzenmerkmale in ihrer Reaktion auf Makro- und Mikroklima gemessen, um Resilienz und Anpassungsfähigkeit im Klimawandel abzuschätzen. Daraus werden Empfehlungen für die gezielte Optimierung der grünen Infrastruktur durch Wald- und Landschaftspflege, Agrarumweltmaßnahmen und Grünflächengestaltung abgeleitet.

### LandKlif TP4: Renaturierung von Artenvielfalt und Ökosystemleistungen urbaner Landschaften zur Ver- besserung der Klimaresilienz und Invasionsresistenz



Prof. Dr. Johannes Kollmann

Lehrstuhl für Renaturierungs-  
ökologie  
Technische Universität München  
Emil-Ramann-Str. 6  
85354 Freising-Weihenstephan  
Tel: +49 8161 714144  
eMail: jkollmann@wzw.tum.de

Grüne Infrastruktur in Städten hat eine große Bedeutung bei der Abschwächung negativer Folgen des Klimawandels, da sie die Durchschnittstemperaturen senkt und die Luftfeuchtigkeit erhöht. Weitere Ökosystemleistungen sind Wasserretention bei Starkregen, Verminderung von Erosion, Bindung von Kohlenstoff und Nährstoffen sowie eine Förderung der Biologischen Vielfalt. Zudem begünstigt grüne Infrastruktur die Erholung der Stadtbewohner. Wichtige Herausforderungen bei der Gestaltung solcher Grünflächen sind Resilienz gegenüber extremer Witterung, Resistenz gegen invasive Fremdarten und ein günstiges Kosten-Nutzen-Verhältnis.

Bisher werden bei der Gestaltung der Siedlungsvegetation diese ökologischen Aspekte nicht ausreichend berücksichtigt. Ziel des Teilprojekts 4 ist deshalb, die Auswirkungen natürlicher und neu zusammengestellter Pflanzengemeinschaften auf die Ökosystemleistungen unter verschiedenen Klimabedingungen und in Interaktion mit invasiven Fremdarten auf urbanen Grünflächen zu untersuchen. Die Artengemeinschaften werden zusammengesetzt aus verschiedenen Gruppen einheimischer krautiger Arten. Die Ökosystemleistungen werden entlang eines Klimagradienten in 20 urbanen Landschaften Bayerns sowie in Versuchsgärten und Klimakammern nach Einbringen invasiver Arten bei variierender Temperatur und Trockenheit erfasst.



Urbane grüne Infrastruktur mit Zierpflanzen und Pflasterung sowie mit naturnahen Blümmischungen und unversiegelter Bodengestaltung in Immenstaad (links) und Kopenhagen (links). Die Auswirkungen dieser Varianten auf Bestäuber und andere Nützlinge sind noch weitgehend unbekannt.

Diese Analyse der Veränderung von Ökosystemleistungen trägt zu einem besseren Verständnis und einem angepassten Management urbaner Landschaften im Klimawandel bei. Ökonomische Vorteile der Ergebnisse des Teilprojekts sind reduzierte Kosten öffentlicher Siedlungsvegetation sowie eine bessere Anpassung bayerischer Gemeinden an den Klimawandel.



Prof. Dr. Annette Menzel

Professur für Öklimatologie  
Technische Universität München  
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2  
85354 Freising  
Tel: +49 8161 714740  
eMail: annette.menzel@tum.de



Dr. Wibke Peters

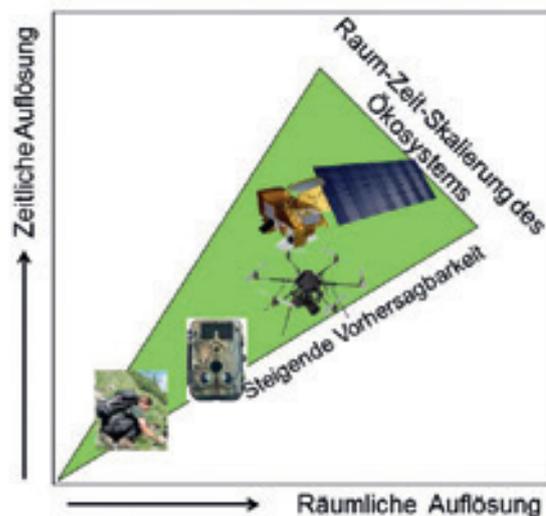
Bayerische Landesanstalt  
für Wald und Forstwirtschaft  
(LWF)  
Abteilung Biodiversität,  
Naturschutz, Jagd  
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1  
85354 Freising  
Tel: +49 8161 714899  
eMail:  
wibke.peters@lwf.bayern.de

## LandKlif TP 5: Auswirkungen des Klimawandels auf Pflanzenphänologie und Schalenwild - Die Rolle von zeitlicher Synchronisierung und skalenübergreifender Variabilität in der Landschaft

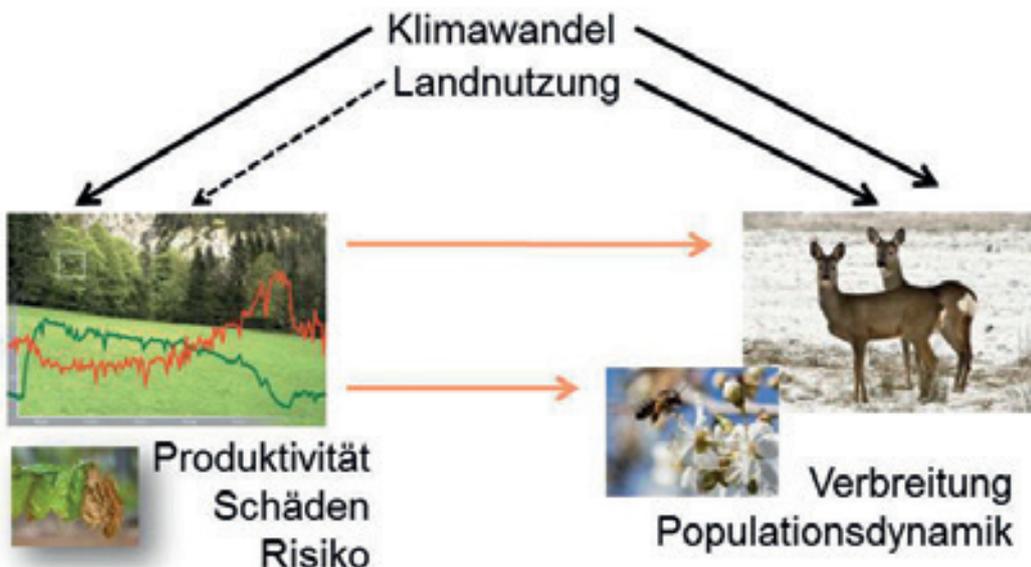


Klimawandel und Landnutzungsänderungen sind derzeit wohl die wichtigsten Faktoren die Fauna und Flora beeinträchtigen, da vor allem Habitate verändert und fragmentiert werden. Um langfristig bestehen und überleben zu können, müssen sich Pflanzen- und Tierarten diesen Veränderungen anpassen. Grundsätzlich sind zwei Wege denkbar, Anpassung vor Ort in den ursprünglichen Lebensräumen und/oder Verschiebung der Verbreitungsgebiete in Richtung günstigerer Lebensraumbedingungen. Zu der Anpassung vor Ort zählt v.a. eine bessere zeitliche Abstimmung (Synchronisation) von phänologischen Abläufen im Jahresverlauf, wie Zeitpunkt der Blühtentfaltung kurz nach dem letzten Spätfrost oder Zeitpunkt des Kitzsetzens, wenn optimale Nahrung im Frühjahr verfügbar ist. Um essentielle Ökosystemdienstleistungen unter diesen sich rasch ändernden Umweltbedingungen zu erhalten, sind zukunftsfähige Landschafts- und Managementkonzepte erforderlich. Dazu müssen jedoch zunächst fundierte Daten entlang von Gradienten der menschlichen Beeinflussung und der klimatischen Veränderungen erfasst werden, die in das Gesamtkonzept des Landklif-Verbundes eingebettet sind. In dem Teilprojekt werden dabei sowohl räumliche Strukturen, z.B. von der Einzelbaumebene bis hin zur Landschaftsebene, als auch zeitliche Zusammenhänge, z.B. vom Zeitpunkt des Ergrünens der Einzelpflanze bis hin zur saisonalen Variabilität der Landschaft, betrachtet.

Zusammenhänge in Raum und Zeit sind dabei ein zentraler, Flora und Fauna verbindender Aspekt. Phänologische Pflanzenaufnahmen erfolgen mit klassischen und innovativen Methoden, wie Feldaufnahmen, Wild-/ Webkameras, Oktokopterbefliegungen und Satellitendaten. In einem ähnlichen Ansatz werden Daten der vorhandenen Wildarten mit Schwerpunkt auf Rehwild und Wildschwein erfasst und ausgewertet. Hier werden z.B. das tägliche Raum-Zeitverhalten und die jahreszeitliche Habitatnutzung in Abhängigkeit von Pflanzenphänologie und Landnutzung betrachtet. Diese systematische Erfassung von phänologischen Änderungen in Flora und Fauna, von der individuellen bis zur Landschaftsebene entlang aussagekräftiger Gradienten des anthropogenen Einflusses, bildet den Grundstein für die Ableitung der erforderlichen praktischen Managementmaßnahmen.



Die Untersuchungen konzentrieren sich dabei auf Zusammenhänge zwischen pflanzenphänologischer Variabilität in Abhängigkeit von Mikro-, Meso- und Makroklima und die Raumnutzung und Populationsdynamik von Wildarten unter Berücksichtigung zeitlicher Veränderungen. Diese skalenübergreifenden





## LandKlif TP 6: Landschaftsbasierte Modellierung von Anpassungsreaktion an neue klimatische Bedingungen



PD Dr. Thomas Hovestadt

Theoretical Evolutionary Ecology Group  
 Universität Würzburg  
 Emil-Fischer-Str. 32  
 97074 Würzburg  
 Tel: +49 931 3183083  
 eMail: hovestadt@biozentrum.uni-wuerzburg.de

Systematische Trends in Umweltbedingungen, wie sie mit dem Klima- oder Nutzungswandel in der Landschaft einhergehen, erzeugen zwangsläufig „Stress“, da Individuen bzw. Populationen an die neuen Bedingungen (noch) nicht angepasst sein können. Entsprechender Stress kann z.B. durch ungewöhnliche physiologische Belastung (Hitze, Trockenheit) ausgelöst werden und zu einer Reduktion der Fitness und damit auch von z.B. Biomasseproduktion oder anderen Ökosystemleistungen führen. Gleichzeitig erzeugt Stress einen Selektionsdruck zur Anpassung an veränderte Bedingungen; Anpassung kann dabei sowohl lokal durch Selektion als auch durch Immigration besser angepasster Individuen oder sogar besser angepasster Arten erfolgen. Unter Einsatz von Computer-

simulationen und in Kooperation mit den empirisch arbeitenden TPs erforscht in TP6 das Team von PD Dr. Thomas Hovestadt am LS für Tierökologie und Tropenbiologie der Universität Würzburg welche Auswirkung die Landschaftskonfiguration für die Fähigkeit lokaler Populationen und Lebensgemeinschaften hat, sich an neue Bedingungen anzupassen und damit den Gesamtstress gering zu halten. Ziele sind (1) Landschaftselement bzw. -konfigurationen zu identifizieren, deren Lebensgemeinschaften voraussichtlich besonders anfällig gegenüber Umweltänderungen sein werden und (2) Strategien und Managementmaßnahmen zu identifiziert, die helfen, negative Effekte des Klimawandels auf Ökosystemleistungen abzumildern.

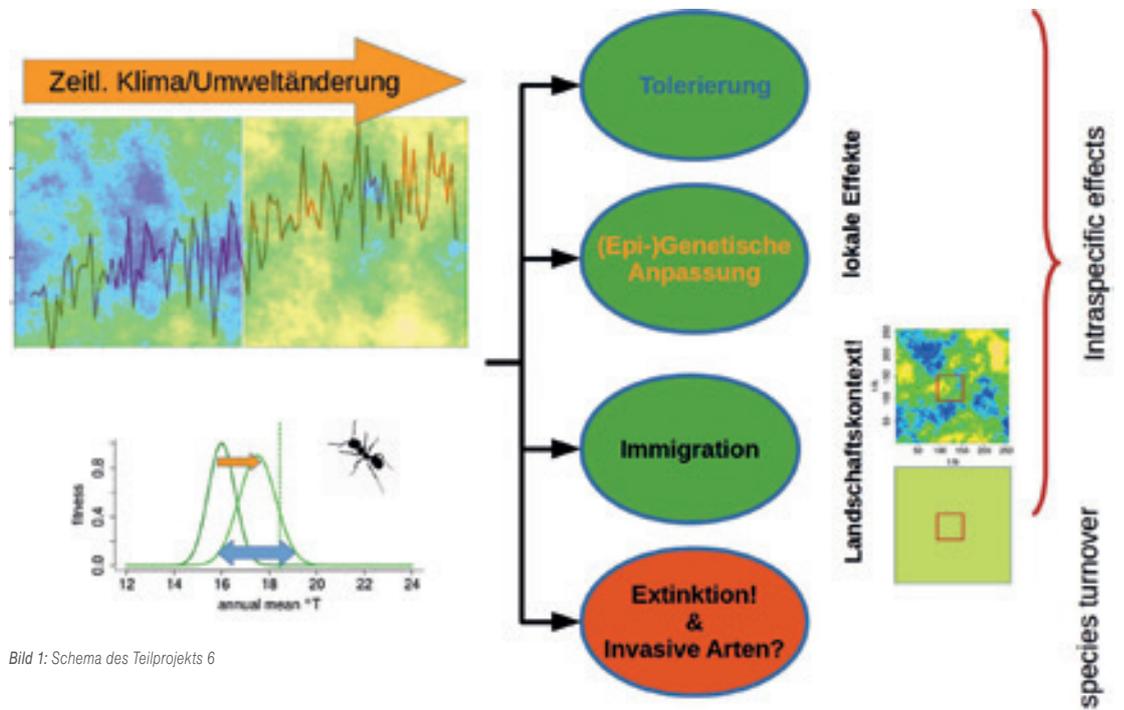


Bild 1: Schema des Teilprojekts 6

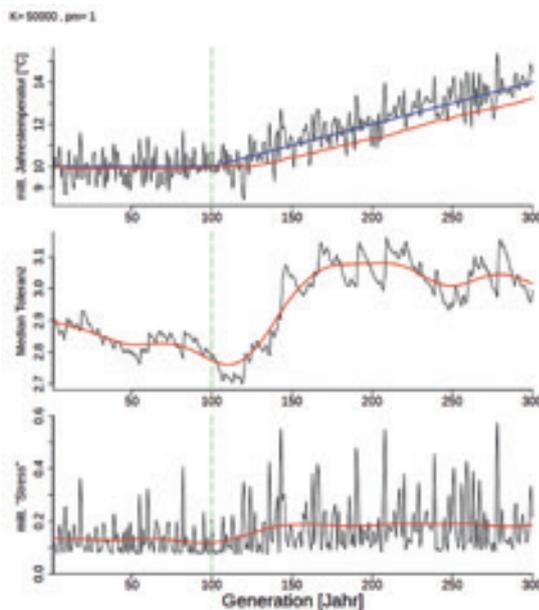


Bild 2: Mit Einsetzen eines systematischen Klimawandels im Jahr 100 baut sich eine „Anpassungslücke“ auf – der Abstand zwischen der blauen Linie (aktueller Temperaturmittelwert) und der roten Linie (mittlere Optimaltemperatur der Population); gleichzeitig steigt die Toleranz. Insgesamt führt dies zu einem zunehmenden Stress, der sich z.B. in einer Reduktion von Erträgen, höherer Mortalität, oder niedriger Zahl von Nachkommen (Samen) niederschlagen kann.

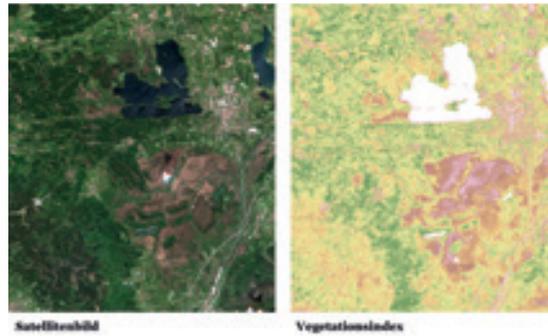
## LandKlif TP 7: Erfassung von Landnutzung und Ökosystemleistungen mit Fernerkundung



PD Dr. habil.  
Christopher Conrad

Institut für Geographie  
und Geologie  
Universität Würzburg  
Oswald-Külpe-Weg 86  
97074 Würzburg  
Tel: +49 931 31 88493  
eMail: christopher.conrad@  
uni-wuerzburg.de

Die Fernerkundung ermöglicht die Aufnahme und Auswertung genauer, zuverlässiger und flächendeckender Daten aus dem Weltall, in thematische Informationen über die Landbedeckung und den Zustand der Vegetation umwandeln können. Dabei helfen uns Verfahren der digitalen Bildverarbeitung, Geographische Informationssysteme (GIS) und Modelle (z.B. Biomassemodelle, agrarische Erntemodelle) sowie die in anderen Teilprojekten erhobenen Daten. Zu den Indikatoren, die wir in diesem Teilprojekt mit Fernerkundungsdaten ableiten, gehören beispielsweise NDVI (ein Maß für die Vegetationsdichte), Ergrünungsbeginn, Biomasse, Ernteerträge oder Diversitätsmaße, welche dann wiederum den Projektpartnern zur Verfügung stehen. Räumlich sind sie innerhalb der einzelnen Untersuchungsflächen ebenso divers wie für ganz Bayern entlang der Klima- und Landnutzungsgradienten. Auch die Zeit spielt eine wichtige Rolle, da sich unsere Landschaften – beispielsweise im jahreszeitlichen Verlauf - stetig verändern. Zeitreihen der Indikatoren geben Aufschluss darüber, wie sich die Vegetation in naturnahen, agrarischen und urbanen Landschaften innerhalb eines Jahres und im Vergleich zu anderen Jahren. Jährliche Abweichungen wie Trockenstress durch Niederschlagsmangel oder Wachstumsverzögerungen auf Grund von küh-



Staffelsee und Murnauer Moos im Bayerischen Alpenvorland im Satellitenbild (links) und die Grünheit und Dichte der Vegetation (dargestellt durch den Vegetationsindex NDVI, rechts).

len Frühlingstemperaturen sind in fernerkundlichen Zeitserien der Vegetationsindikatoren sehr gut sichtbar. Dadurch können wir analysieren, welche Landschaftsteile anfällig bzw. widerstandsfähig für die zu erwarteten Klimaänderungen sind. Die standortoptimierte und ökologisch angepasste Landwirtschaft wird unter sich ändernden Klimabedingungen ein Schlüsselement sein, um Ertragsniveaus zu halten, nachhaltig mit Boden- und Wasserressourcen umzugehen und die Artenvielfalt nicht zu gefährden.

## LandKlif TP 8: Klima- und Wasserhaushaltsanalyse für Bayern mittels extrem hochaufgelöster regionaler Erdsystemmodellierung



Prof. Dr. Harald Kunstmann

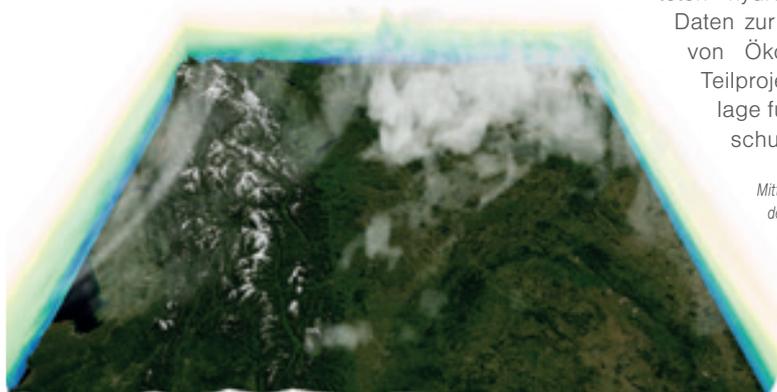
Lehrstuhl für Regionales Klima  
und Hydrologie  
Institut für Geographie  
Universität Augsburg  
Alter Postweg 118  
86135 Augsburg

und Karlsruher Institut für  
Technologie, Campus Alpin  
Institut für Meteorologie und  
Klimaforschung  
82467 Garmisch-Partenkirchen  
Tel: +49 8821 183208  
eMail: harald.kunstmann@kit.edu

Die globale Erwärmung wirkt sich regional sehr unterschiedlich aus. Die Landmassen und insbesondere die Bergregionen zeigen weit größere Temperaturerhöhungen als das globale Mittel. Klimaänderungen sind hier häufig amplifiziert. Das gilt gerade für eine Region wie Bayern, die sich durch eine sehr hohe Spannweite an Höhenlagen auszeichnet. Um Klima-Wechselwirkungen der Atmosphäre mit Boden, Vegetation und Gelände regional genauer quantifizieren zu können, und um damit Hochwasser und Dürreperioden besser vorhersagen zu können, werden wir in diesem Teilprojekt insbesondere die Wasserflüsse zwischen allen Kompartimenten weit detaillierter berücksichtigen als bisher. Das geschieht durch die Weiterentwicklung, Anpassung und den Einsatz eines

hochaufgelösten regionalen Erdsystemmodells, das erstmals den gesamten Wasserkreislauf zwischen Atmosphäre, Landoberfläche und Untergrund, also vom oberen Atmosphärenrand bis hin zum Flussbett und zum Grundwasser für die Region Bayern in einem numerischen Computermodell rechnet. Wir werden dabei für die Atmosphäre räumliche horizontale Auflösungen im Kilometerbereich verwirklichen und für die Landoberfläche etliche hundert Meter. Damit werden schließlich auch Klimaszenarien gerechnet, was uns erlaubt, das Klima und die Entwicklung und Veränderung des gekoppelten atmosphärisch-terrestrischen Wasserhaushalts im weiteren Verlauf dieses Jahrhunderts für die Region Bayern abzuschätzen.

Für das Verbundprojekt werden die hieraus abgeleiteten hydrologischen und meteorologischen Daten zur weiteren Analyse und zum Antrieb von Ökosystemmodellen verwendet. Das Teilprojekt bildet damit eine zentrale Grundlage für die ökosystembezogene Klimaforschung im gesamten Verbundprojekt.



Mittels eines sehr hoch aufgelösten regionalen Erdsystemmodells wird das Klima und der gesamte Wasserhaushalt von Atmosphäre, Landoberfläche und Untergrund berechnet. Diese Rechnungen sind Grundlage für die ökosystembezogene Klimaforschung im gesamten Verbundprojekt. Aus der Vielzahl der insgesamt berechneten Variablen ist exemplarisch eine Momentaufnahme von simuliertem atmosphärischem Wasserdampf und Wolkenwasser für die Region Alpen und Bayern dargestellt.



**Prof. Dr. Thomas Koellner**

Professur für ökologische  
Dienstleistungen  
Universität Bayreuth  
Universitätsstraße 30  
95447 Bayreuth  
Tel: +49 921 55 2373  
eMail: thomas.koellner@  
uni-bayreuth.de

## ■ Teilprojekte 9/10 LandKlif

### LandKlif TP 9: Modellierung und Bewertung von Ökosystemleistungen unter Klimawandel



Die Ökosystemleistungen der Landschaften Bayerns sind für die hier lebenden Menschen unverzichtbar. Aus einer sozioökonomischen Perspektive profitieren Wirtschaft und Gesellschaft von den vielfältigen Versorgungsleistungen, den Regulationsleistungen sowie von kulturellen Dienstleistungen der bayerischen Natur und Landschaften. Klimawandel kann weltweit und auch bei uns die Leistungsfähigkeit der Ökosysteme erheblich reduzieren. Im Teilprojekt 9 werden wir daher die Auswirkungen des Klimawandels auf relevante Ökosystemleistungen (z. B. pflanzliche Agrarproduktion, Erosionsregulation, Hochwasserschutz, Kohlenstoffspeicherung) flächendeckend für ganz Bayern und für die im Projekt ausgewählten Land-

schaftsausschnitte modellieren. Da wir mit SWAT+ ein integriertes Modell nutzen, ist es erstmalig möglich die Auswirkungen der Klimaveränderung auf multiple Ökosystemleistungen in Szenarien zu betrachten. Mittels Umfragen werden wir die Wahrnehmung von Klimawandel und den Wert von Ökosystemleistungen durch Bürger und bestimmte Berufsgruppen bewerten lassen. In einem Bayerischen Atlas der Ökosystemleistungen werden die Ergebnisse des Projektes in Hinblick auf Hotspots und Coldspots von individuellen Ökosystemleistungen, Synergien und Konflikte multipler Ökosystemleistungen, sowie deren Bewertung geographisch dargestellt und damit raumwirksam kommuniziert.



*Dauergrünland als Teil von Agrarlandschaften in Bayern stellt wichtige Ökosystemleistungen bereit.*

### LandKlif TP 10: Anpassungsstrategien an den Klimawandel im Landschaftsmanagement sowie der Landschafts- und Raumplanung



**Prof. Dr. Christoph Moning**

Lehrstuhl für Zoologie,  
Tierökologie  
Hochschule Weihenstephan-  
Triesdorf  
Weihenstephaner Berg 5  
85354 Freising  
Tel: +49 8161 712220  
eMail: christoph.moning@hswt.de

Der Klimawandel stellt auch Landschaftsplanung und Naturschutz vor neue Herausforderungen. Landschaftspflegemaßnahmen beziehen sich aktuell auf Lebensraumtypen, die überwiegend als Produkt historischer Landnutzungsformen entstanden sind. Die Persistenz dieser Lebensraumtypen bedingt die Beibehaltung solcher Nutzungsformen, die in der Regel durch aktive Pflegemaßnahmen sichergestellt werden. Unter dem Einfluss des Klimawandels werden Lebensräume sich dynamisch verändern, was entsprechende Anpassungsstrategien in Landschaftspflege und -planung erfordern wird. Unser Teilprojekt untersucht, wie sich Klimawandel im Zusammenspiel mit Landnutzung und unterschiedlichen Hemerobie-stufen auf die verschiedenen Ebenen der Biodiversität in der Normallandschaft auswirkt. Anhand der aus anderen Teilprojekten gewonnenen Ergebnisse

werden Lebensräume und Artengemeinschaften identifiziert, die im Zuge des Klimawandels besonders unter Druck geraten, und entsprechende Strategien zur Anpassung von Biotopverbund und grüner Infrastruktur entwickelt. Dabei wird abgeschätzt, welche Beiträge die vorhandenen Instrumente Landschafts- und Raumplanung, ländliche Entwicklung, Agrarumweltmaßnahmen, ökologische Kompensation und Naturschutzmanagement zur notwendigen Anpassung leisten können und in welchen Aspekten Änderungen des vorhandenen Instrumentariums nötig sind. Unter Berücksichtigung unterschiedlicher Klimabedingungen, Landnutzungsintensitäten und Urbanisierungsgrade werden differenzierte Vorschläge zur Verbesserung und Erweiterung ausgewählter Instrumente in Bayerns Landschaften abgeleitet.



*Teilprojekt 10 transferiert die Ergebnisse der anderen Teilprojekte in planerisch umsetzbare Einheiten und entwickelt Anpassungsstrategien auf Lebensraum-, und Landschaftsebene (links: bayerische Normallandschaft nördlich von Freising) sowie auf instrumenteller Ebene (rechts: Schutzgutanalyse Arten und Lebensgemeinschaften)*



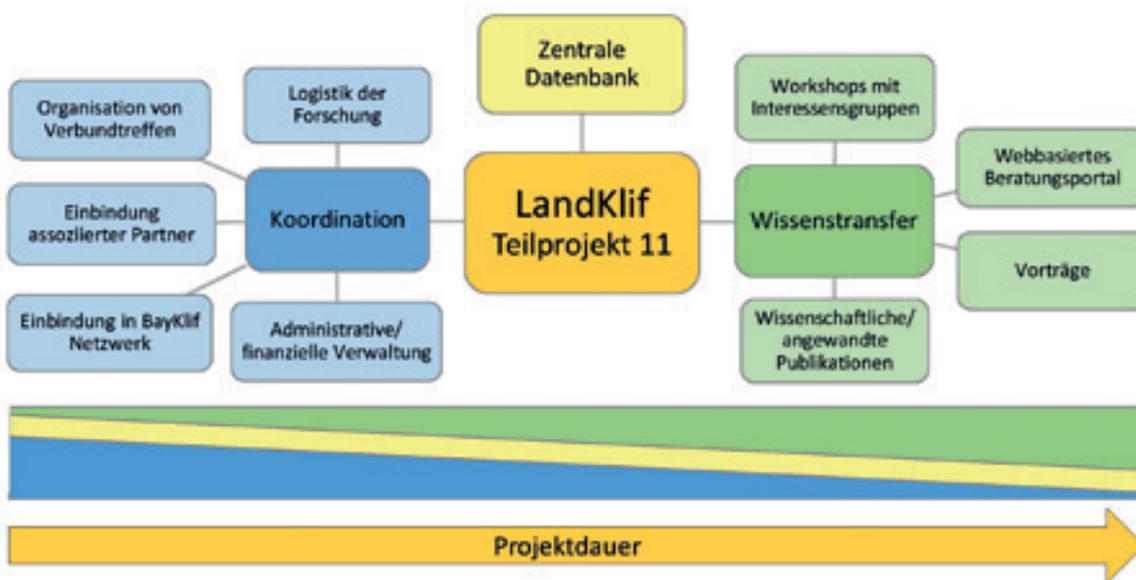
**Prof. Dr. Ingolf Steffan-Dewenter**

Department of Animal Ecology and Tropical Biology  
 Universität Würzburg  
 Biocenter - Am Hubland  
 97074 Würzburg  
 Tel: +49 931 31-84352  
 eMail:  
 ingolf.steffan@uni-wuerzburg.de

## LandKlif TP 11: Koordinationsprojekt

Der Verbund LandKlif umfasst zehn Teilprojekte, die in einem gemeinsamen Versuchsdesign mit komplementärer Expertise die Folgen des Klimawandels für Biodiversität, Ökosystemleistungen und die Resilienz von naturnahen, agrarischen und urbanen Landschaftsräumen auf unterschiedlichen räumlichen Ebenen (lokal, regional) untersuchen. Gleichzeitig werden Klima- sowie Ökosystemveränderungen modelliert. Das Koordinationsprojekt übernimmt hierbei in drei Arbeitspaketen die (1) administrative und finanzielle Verwaltung des Verbundes, die logistische Koordination der Forschungsarbeiten in den Teilprojekten, die Organisation der Verbundtreffen und die Einbindung der assoziierten Partner; (2) den Aufbau und die Pflege einer zentralen Projektdatenbank mit GIS-Funktionalität, in der Daten zu Artenvielfalt von Pflanzen und Tieren, versorgenden, regulierenden und kulturellen

Ökosystemleistungen, Landnutzung, regionalen Klimaprognosen und Anpassungsstrategien dokumentiert und archiviert werden; (3) die Koordination des Wissenstransfers in Gesellschaft und Politik. Letzteres umfasst die Organisation und Durchführung von Workshops und Vortragsveranstaltungen in enger Zusammenarbeit mit den Teilprojekten, weiteren bayklif-Verbänden und relevanten staatlichen Einrichtungen und gesellschaftlichen Interessengruppen und Verbänden. Des Weiteren werden Forschungsergebnisse in wissenschaftlichen und angewandten Zeitschriften veröffentlicht. In einem raumbezogenen, webbasierten Beratungsportals werden Klimarisiken und Informationen zu Anpassungsstrategien für Naturschutz, Forst- und Landwirtschaft sowie Stadt- und Raumplanung anschaulich dargestellt und nutzbar gemacht.



Das LandKlif Teilprojekt 11 beinhaltet drei Arbeitspakete: Während die Koordinationsarbeit vor allem in den ersten Jahren vorrangig ist, spielt mit zunehmender Projektdauer der Wissenstransfer eine immer größere Rolle. Ergebnis und Grundlage beider Arbeitspakete ist die zentrale Datenbank.



Beispiele für Wissenstransfer auf den Feldtagen der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft 2016 (links) und der Landesgartenschau in Würzburg 2018 (rechts)

## Die Umweltforschungsstation Schneefernerhaus (UFS)

### Umweltforschungsstation:

Betriebsgesellschaft  
Umweltforschungsstation  
Schneefernerhaus GmbH  
Zugspitze 5  
D-82475 Zugspitze



Schneefernerhaus, Foto: M. Neumann UFS GmbH

Das ehemalige Hotel Schneefernerhaus, auf 2650 Metern Höhe zwischen Zugspitzgipfel und dem Zugspitzplatt gelegen, beherbergt heute eine moderne Höhen- und Klimaforschungsstation – die Umweltforschungsstation Schneefernerhaus (UFS). Unter der Federführung des Bayerischen Umweltministeriums wird hier universitären und außeruniversitären Forschungseinrichtungen die Möglichkeit geboten, an einem außergewöhnlichen Standort ihre Forschungsprojekte durchzuführen. Im Vordergrund stehen dabei die kontinuierlichen Beobachtungen der Zusammensetzung der Atmosphäre sowie aktuelle Fragestellungen der Höhen- und Klimaforschung: Der Klimawandel trifft die sensiblen Alpenregionen besonders stark. Aber welche Parameter sind hier besonders betroffen? Welche Auswirkungen hat das auf die Region? Viele geophysikalische und chemische Prozesse lassen sich in Höhenforschungsstationen aufgrund ihrer exponierten Lage besonders gut untersuchen. Aber auch medizinische Untersuchungen sind hier besonders gut möglich. Saubere Luft, wenig störendes künstliches Licht und die große Höhe stellen hervorragende Bedingungen für qualitativ hochwertige Messungen dar, um die vielfältigen Vorgänge im System Erde besser zu verstehen.

Da die Veränderungen in dem Ökosystem jedoch nicht an den Staatsgrenzen halt machen, arbeitet die UFS in dem Netzwerk „Virtuelles Alpenobservatorium“ (VAO) eng mit anderen Höhenforschungsstationen aus mittlerweile acht Ländern (Deutschland, Frankreich, Georgien, Italien, Norwegen, Österreich, Schweiz und Slowenien) zusammen, um die Forschung im Alpenraum durch die länder- und fachübergreifende Kooperation auf ein höheres Niveau zu heben.

### Weitere Information:

[www.schneefernerhaus.de](http://www.schneefernerhaus.de)  
<https://www.facebook.com/schneefernerhaus/>  
[www.vao.bayern.de](http://www.vao.bayern.de)





Genzentrum der LMU  
Feodor-Lynen-Str. 25  
D-81377 München  
[www.bayklif.de](http://www.bayklif.de)