
BERICHTE ZUR
KLIMAFOLGENFORSCHUNG

2014



*BIO
DIVER
SITÄT*

Inhalt

- 05** **Leben im Eisschrank**
Unterkühlte Blockschutthalden sind Sonderstandorte, die während der Vegetationsperiode deutlich niedrigere Temperaturen aufweisen als die Umgebung. Das Projekt beschäftigt sich mit der naturschutzfachlichen Bedeutung dieser Standorte.
- 13** **RADICAL**
Die zentrale Fragestellung des Projektes RADICAL war, wie sich erhöhte Wassertemperaturen, Sauerstoffknappheit und Blaualgengifte auf die Fischpopulation auswirken.
- 21** **SPEC-ADAPT**
Im Projekt SPEC-ADAPT wird das künftige Aussterberisiko von 92 ausgewählten Pflanzen-, Heuschrecken- und Schmetterlingsarten in Österreich in Bezug auf Klimawandelszenarien untersucht.
- 27** **BIO_CLIC**
BIO_CLIC erforscht das Potential von Ufervegetation, die Auswirkungen des Klimawandels auf biologische Lebensgemeinschaften in Fließgewässern zu vermindern.
- 35** **CCN-ADAPT**
Ziel von CCN-ADAPT ist es, verlässliche Vorhersagen zu den Wechselwirkungen von Klimawandel und Stickstoffeintrag zu treffen und deren Gefährdung für sensible Ökosysteme, wie Wälder, nährstoffarme Moore und extensives Grünland, ableiten zu können.
- 42** **Alle geförderten Projekte im Überblick**

” Je rascher wir die durch den Klimawandel verursachten Auswirkungen auf die Umwelt erforschen, umso schneller ist es möglich, wissenschaftlich fundierte Strategien zu entwickeln, die flankierend zur Transformation des Energie- und Mobilitätssystems eine Anpassung an den Klimawandel ermöglichen, um seine Folgen erträglich und beherrschbar zu machen.“

Ingmar Höbarth
Geschäftsführer

Vorwort

Der Klimawandel stellt unsere Gesellschaft vor neue Herausforderungen. Steigende Temperaturen, Extremwetterereignisse oder Ernteausfälle sind Beispiele für Auswirkungen, die schon heute für uns spürbar sind. Das Austrian Panel on Climate Change (APCC), ein vom Klima- und Energiefonds unterstütztes Projekt, hat mit 240 WissenschaftlerInnen im Sachstandsbericht „Klimawandel 2014“ festgestellt, dass Österreich stärker vom Klimawandel betroffen ist als der globale Durchschnitt. Beispielsweise ist die Temperatur in Österreich seit 1880 um nahezu zwei Grad Celsius gestiegen, im Unterschied dazu liegt der globale Durchschnitt bei einem Anstieg von etwa einem Grad. Umso wichtiger ist es, entsprechende Maßnahmen zu setzen, die zur Minderung und Anpassung an den Klimawandel beitragen. Neben kurz- und mittelfristig wirkenden Maßnahmen müssen auch langfristige Strategien entwickelt werden – vor allem im Bereich der Klimawandel-Anpassung.

Neben Landnutzungsänderungen beeinflusst vor allem der Klimawandel die Biodiversität. Ökosysteme sind hochkomplex und entwickeln sich teilweise sehr

langsam, deshalb ist es in diesem Bereich besonders wichtig, langfristige Strategien auszuarbeiten. Das Ziel dabei ist, die genetische Vielfalt sowie die Vielfalt an Ökosystemen und deren Leistungen und Funktionen zu erhalten.

Die Grundlagen für die notwendigen Maßnahmen werden durch das Förderprogramm „Austrian Climate Research Programme (ACRP)“ des Klima- und Energiefonds geschaffen. Seit 2007 wurden 126 Projekte gefördert, die die wissenschaftliche Basis für nationale Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel liefern.

Im Folgenden werden Ihnen ausgewählte Forschungsberichte zum Thema Biodiversität vorgestellt. Die behandelten Fragestellungen bilden eine Grundlage für die notwendigen Schritte zur Anpassung an den Klimawandel.

Eine anregende Lektüre wünscht Ihnen
Ihr Klima- und Energiefonds Team



Projektleitung

MMag. Dr. **Helwig Brunner**

ÖKOTEAM – Institut für Tierökologie und Naturraumplanung OG, Graz



Beteiligte Institutionen

- ÖKOTEAM – Institut für Tierökologie und Naturraumplanung OG, Graz
- Karl-Franzens-Universität Graz, Institut für Geographie und Raumforschung
- Lund University, Department of Physical Geography and Ecosystem Science, Schweden
- Universität Innsbruck, Institut für Zoologie (Dr.ⁱⁿ Irene Schatz)
- Universalmuseum Joanneum, Abteilung Biowissenschaften, Graz
- Kompetenzzentrum Das virtuelle Fahrzeug Forschungsgesellschaft, Graz
- Ingenieurbüro für Biologie Mag. Harald Komposch, Graz
- Naturpark Sölk-täler e. V., Stein a. d. Enns



Gute Gründe für das Projekt

- Das Projekt dokumentiert die kälteangepasste Kleintierfauna unterkühlter Blockhalden. Das Auftreten von Hochgebirgsarten weit unterhalb ihrer bisher bekannten Höhenverbreitung, eine stark erhöhte Endemismus-Rate und die trennscharfe Einnischung etlicher Arten am Temperaturgradienten begründen eine hohe Eigenständigkeit der Artengemeinschaften.
- Ein Anstieg der Außentemperaturen im Zuge des Klimawandels gefährdet mittelfristig die mikroklimatischen Standortbedingungen und die von ihnen abhängigen Arten.
- Angesichts zusätzlicher, lokal wirksamer Gefährdungsursachen werden Schutzmaßnahmen vor Ort beschrieben, die zu einer bestmöglichen Stabilisierung des Standortklimas beitragen können.

Leben im Eisschrank

Unterkühlte Blockhalden in den Alpen als schützenswerte Rückzugslebensräume einer kälteangepassten Kleintierfauna

Tierökologisch bedeutsame Sonderstandorte

Unterkühlte Blockhalden sind Sonderstandorte, die im Alpenraum vielerorts dokumentiert wurden. Die kleinklimatischen Mechanismen, die zur ihrer Ausprägung führen, wurden in der Literatur beschrieben.

Kaltluftaustritte am Hangfuß weisen während der warmen Jahreszeit gegenüber ihrer Umgebung abgesenkte Temperaturen sowie hohe Luft- und Bodenfeuchtigkeiten auf.

Im Winter tritt hingegen die im Vergleich zur Umgebungstemperatur nun relativ warme Luft im Oberhangbereich aus. Wesentlich für die Etablierung der jahreszeitlich wechselnden Luftströme im Haldenin-

neren ist neben einem durchlässigen Lückensystem die winterliche Bildung von Grundeis, das bei starker Ausprägung Permafrostcharakter hat, also ganzjährig überdauern kann.

Es handelt sich um den **Lebensraum einer kälteangepassten Kleintierfauna**, die sich aus faunistischer und tierökologischer Sicht durch zahlreiche Besonderheiten auszeichnet. Unter den Rahmenbedingungen des Klimawandels gewinnen unterkühlte Blockhalden zunehmend Bedeutung als Rückzugslebensraum dieser Fauna. Gleichzeitig ist ihr Fortbestand durch einen Anstieg der Außentemperatur und lokale Einflüsse Gefährdungen ausgesetzt.

Projekthinhalte und Methoden

In unserem Projekt untersuchten wir die tierökologische Charakteristik und naturschutzfachliche Bedeutung unterkühlter Blockhalden vor dem Hintergrund vegetationskundlicher, klimatologischer und nutzungs-geschichtlicher Aspekte.¹

Das Hauptaugenmerk galt der Eigenständigkeit und Schutzwürdigkeit der kälteadaptierten Kleintierfauna, ihrer spezifischen Gefährdungssituation sowie den Möglichkeiten konkreter Schutzmaßnahmen.

Für die Bearbeitung wurden fünf typische unterkühlte Halden in der Obersteiermark ausgewählt: Untertal bei Schladming, Bräualm und Kreuzsteg bei Sankt Nikolai im Sölketal (Schladminger Tauern) sowie Klammhöhe und Pfarrerlacke bei Tragöß (Hochschwab).

Die zoologische Beprobung erfolgte in den Jahren 2009/2010 mit Bodenfallen (Barberfallen), die in die Bodenoberfläche bzw. in das Lückensystem der Halden eingebracht wurden und umfasste insgesamt 1.470 „Fallenmonate“. Nach Vorsortierung der Proben erfolgte die Bestimmung durch TiergruppenexpertInnen.

Stellvertretend für die Kleintierfauna wurden Spinnen (*Araneae*), Weberknechte (*Opiliones*), Laufkäfer (*Carabidae*) und Kurzflügelkäfer (*Staphylinidae*) bearbeitet – sie zählen neben den nicht berücksichtigten Milben (*Acari*) und Springschwänzen (*Collembola*) zu den vorherrschenden Wirbellosen der Blockhalden. Ergänzend wurden die in den Proben enthaltenen Wanzen (*Heteroptera*) ausgewertet.

Insgesamt gelangten rund 6.000 Individuen zur Bestimmung, wobei der Großteil auf Spinnen (2.515 Individuen), Kurzflügelkäfer (2.147) und Laufkäfer (1.101) entfiel.

Die Vegetation wurde mittels pflanzensoziologischer Aufnahmen dokumentiert und anhand von Ellenberg-Zeigerwerten ökologisch charakterisiert. Es wurden Informationen zur forstlichen und touristischen Nutzung und Nutzungshistorie recherchiert.

An Kalt- und Warmluftaustritten sowie an neutralen Referenzstandorten wurden insgesamt 13 Datenlogger ausgebracht, mit denen eine Dauerregistrierung des Temperaturganges und teilweise auch der relativen Luftfeuchtigkeit in zehnmündigen Aufnahmeintervallen erfolgte. Am Standort Untertal zeichnete zudem ein Logger die Außentemperatur unter standardisierten Bedingungen in zwei Metern Höhe über Grund auf (Referenzmessung). Weiters wurden Messungen der Luftströmungsgeschwindigkeit an den Kaltluftaustritten mittels Hitzfilm-Anemometer und Flügelrad durchgeführt. Zur Visualisierung der Austrittsstellen im Gelände wurde eine Thermografiekamera eingesetzt.

Mikroklima

Standortökologisch prägend sind die Kaltluftaustritte, an denen im Untertal gegenüber den Referenzstandorten Unterschiede der mittleren Monatstemperaturen von etwa 5–8°C während der Vegetationsperiode gemessen wurden.

Abb. 1

Im Sommer konnten bei Vergleich der Temperatur-Dauerlinien kurzfristig Unterschiede im Tagesmittel von bis zu 17°C festgestellt werden; die maximal möglichen Temperaturunterschiede betragen sogar etwa 30°C, da die Austrittstemperatur der Kaltluft

konstant nahe 0°C liegt und die Außentemperatur in diesem Gebiet knapp über 30°C erreichen kann.

Die Strömungsgeschwindigkeit der austretenden Kaltluft steigt mit zunehmender Temperaturdifferenz zwischen Haldeninnerem und Umgebungsluft und durchläuft daher einen ausgeprägten Tagesgang (zwischen etwa 0,25 und 1,0 m/s); die Temperatur der ausströmenden Luft schwankt hingegen während des mehrtägigen Messzeitraums nur um wenige Hundertstel Grad.

Abb. 2

Auch die durch Kondensation stets hohen Luft- und Bodenfeuchtigkeiten tragen zum speziellen Standortklima bei.

Pflanzendecke

An ausgeprägten Kaltluftaustritten gedeihen nur vereinzelt Bäume (Fichte, Lärche, Moorbirke) in etwa mannshohem Kümmerwuchs. Die lichtoffene Bergkiefern-Hochmoorgesellschaft herrscht vor und findet sich oft verzahnt mit Elementen der Krähenbeerenheide und des Torfmoos-Fichtenwaldes. Im Untertal verdeutlicht die vom Aussterben bedrohte, arktalpines verbreitete Zwergbirke zusammen mit weiteren Arten die Nähe zum Verband der borealen Hochmoorgesellschaften. In den Öffnungen der Kaltluftaustritte sind verschiedene Moosgemeinschaften dokumentiert. Die Zeigerwerte nach Ellenberg belegen die Auswirkungen der Vermoorung auf Reaktions-, Stickstoff- und Lichtverhältnisse und das Vorherrschen von Kühlezeigern. In den Randbereichen und an moderierten Kaltluftstandorten vermittelt wüchsigerer Torfmoos-Fichtenwald zu den Waldgesellschaften des Umlandes.

1] Die Projektergebnisse sind in umfangreicher Form in folgender Publikation nachzulesen: H. Brunner, T. Friess, M. Borovsky, C. Komposch, H. Komposch, R. Lazar, B. Lechner, O. Mariani, B. Maurer, W. Pail, I. Schatz & C. Stiegler (2013): Kleintierfauna unterkühlter Blockhalden in den Ostalpen: Ausprägung, Bedeutung, Gefährdung und Schutz in Zeiten des Klimawandels. Naturschutz und Landschaftsplanung 45 (1): 5-12.

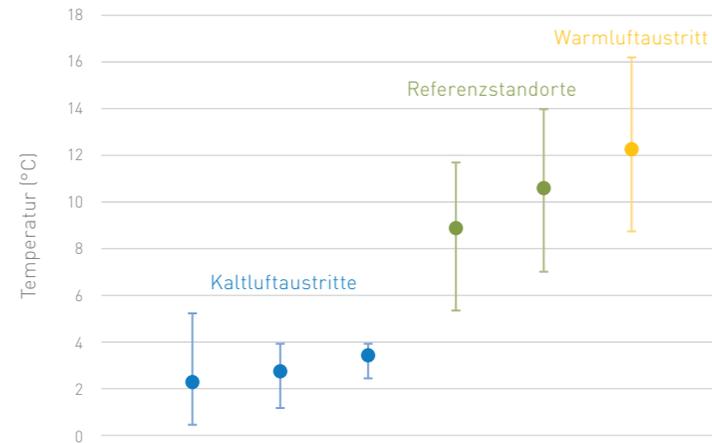


Abb. 1

Temperaturen im oberflächennahen Lückensystem des Steilhangmoores Untertal während der Vegetationsperiode Mai bis September 2010 (Mittelwert, höchstes/niedrigstes Monatsmittel) an drei Kaltluftaustritten am Hangfuß, einem Warmluftaustritt am Oberhang und zwei Referenzstandorten.

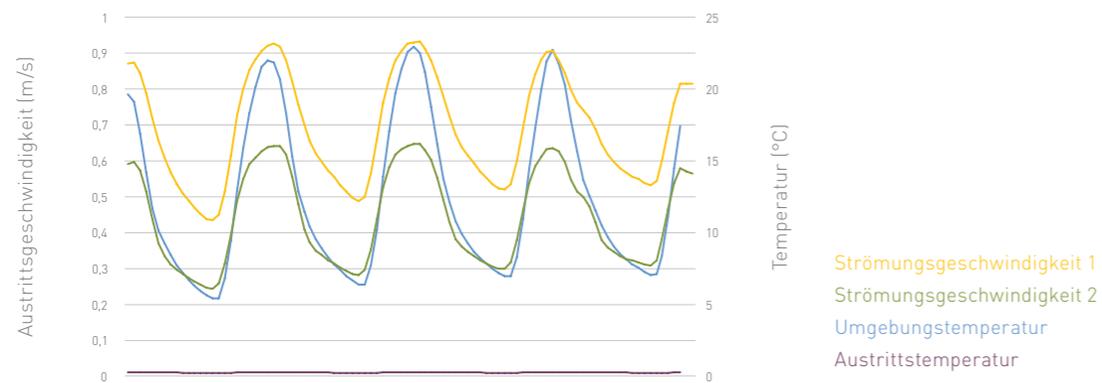


Abb. 2

Luftströmungsgeschwindigkeit und Temperaturen an einem Kaltluftaustritt im Untertal im Juli 2010.

Tierwelt

Es wurden Spinnen mit 116 Arten, Weberknechte mit 13 Arten, Laufkäfer mit 36 Arten, Kurzflügelkäfer mit 128 Arten und Wanzen mit 13 Arten festgestellt. Aus faunistischer Sicht sind 13 Erstnachweise von Spinnenarten für die Steiermark hervorzuheben. Die Kleintiergemeinschaften der unterkühlten Blockhalden zeichnen sich durch faunistische Raritäten, Arten mit eiszeitlich bedingten Verbreitungsarealen sowie teilweise durch hohe Anteile (sub)endemischer (d. h. kleinräumig verbreiteter), gefährdeter und ökologisch spezialisierter Arten aus. Viele Nachweise betreffen kälteangepasste Gebirgsarten, deren Vorkommen sich in den Blockhalden markant auf die Bereiche der Kaltluftaustritte konzentriert. Die Kombination dieser Gegebenheiten verleiht den Artengemeinschaften der unterkühlten Blockhalden gegenüber jenen des Umlandes einen hohen Grad an Eigenständigkeit.

Abb. 3

Gleichzeitig bestehen aber zwischen den verschiedenen Blockhaldenstandorten deutliche Unterschiede: so wurden beispielsweise nur drei Kurzflügelkäfer-Arten in allen fünf untersuchten Blockhalden gefunden, während 37 Arten nur in jeweils einem Untersuchungsgebiet auftraten.

Temperatur als entscheidender Faktor

Für mehrere Arten der Lauf- und Kurzflügelkäfer wurde eine statistisch signifikante Einnischung am Temperaturgradienten nachgewiesen. Ein gutes Beispiel dafür ist die Laufkäferart *Oreonebria austriaca*. Anderenorts als Bewohnerin kalter und feuchter Gebirgsstandorte meist in Lagen von 2.000 bis 2.300 Metern Seehöhe bekannt, erreicht sie in den Blockhalden sehr hohe Individuendominanzen von bis zu 98 % an den Kaltluftstandorten, während sie an den Referenz- und Warmluftstandorten nahezu ganz fehlt. Im Gegensatz zu den kälteangepassten Arten wurden auch Arten(gruppen) mit Präferenzen für höhere Temperaturen identifiziert, etwa die Großlaufkäfer der Gattung *Carabus* mit nur spärlichen Einzelnachweisen in den Kaltbereichen und stark zunehmenden Individuenanteilen an den wärmsten Standorten ab etwa 5°C Jahresmittel.

Auf Ebene der Artengemeinschaften wird die Temperaturabhängigkeit durch markante Gruppierung der Kaltluftstandorte in der Clusteranalyse vor allem bei den Spinnen und Laufkäfern deutlich.

Abb. 3

Innerhalb der Gemeinschaften ist zudem der Anteil (sub)endemischer Arten negativ mit der Temperatur korreliert, wobei der Fanganteil solcher Arten an den Kaltluftaustritten Werte von 90–100 % erreichen kann.

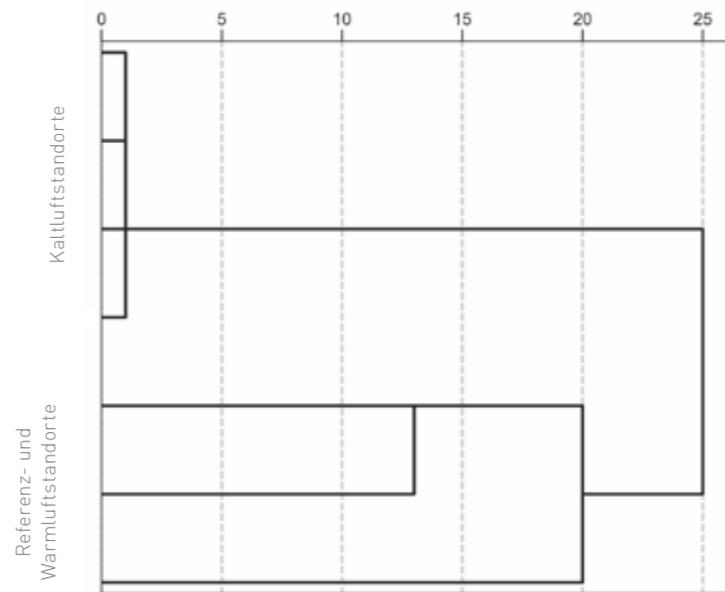


Abb. 3

Die Laufkäfergemeinschaften der Kaltluftaustritte zeigen gegenüber den Referenz- und Warmluftstandorten eine hohe Eigenständigkeit.

Gefährdungsszenarien und Maßnahmen

Nach gängigen Modellen prognostizierte Veränderungen des Großklimas hinsichtlich des Temperaturgangs lassen für die Blockhalden mittelfristig einen Verlust des perennierenden Eiskerns und damit eine im Jahreslauf rascher eintretende Erwärmung des Luftkörpers im Haldeninneren erwarten.

Bedingt durch das dem Umland zunehmend angeglichene Standortklima ist an bislang waldfreien Standorten der Bergkiefern-Hochmoorgesellschaft zunächst mit einem Aufkommen des Torfmoos-Fichtenwaldes, in weiterer Folge mit einer Etablierung zonaler Waldgesellschaften zu rechnen. Eine gewisse ausgleichende Wirkung des Hohlraumsystems der Blockhalden wird zwar weiterhin bestehen, mit dem Wegfallen der Unterkühlungseffekte werden jedoch die vorkommenden kälteangepassten Pflanzen- und Tierarten verschwinden. Eine Trivialisierung der Artengemeinschaften und ein damit verbundener naturschutzfachlicher Wertverlust ist die Folge. Durch die Einbuße isolierter Lokalpopulationen endemischer Arten ist auch mit dem Verlust von genetisch und taxonomisch möglicherweise bereits eigenständigen Formen zu rechnen. Vor Ort ist, bei insgesamt geringem Nutzungsdruck auf waldfreie Blockhalden, mit schädigenden Einflüssen auf den Lebensraum infolge gebietsüblicher Nutzungen der Rand- und Nahlagen sowie der weniger stark unterkühlten, bewaldeten Standorte zu rechnen.

Eine Gefährdung geht von Eingriffen aus, die zu einer Verfüllung des Lückensystems durch Feinmaterialien führen, die örtliche Hydrologie verändern oder die Moosdecke mechanisch schädigen können. Neben konkret beobachteten Eingriffen wie Holzeinschlag,

Forstwegebau und Wildfütterung sind Beeinträchtigungen etwa durch Betritt, Beweidung, Quellfassung oder Stromleitungsbau denkbar. Ähnlich wie die prognostizierten Auswirkungen des Klimawandels können auch diese lokalen Einflüsse zu einer Schädigung des standorttypischen Mikroklimas führen.

Die Zukunft der unterkühlten Blockhalden und ihrer Kleintierfauna erscheint aus heutiger Sicht ungewiss und hängt einerseits von den Erfolgen übergeordneter Klimaschutzbemühungen, andererseits von der standortbezogenen Naturschutzarbeit ab.

Als Mosaikstein im Gesamtbild der Auswirkungen des Klimawandels auf die Biodiversität unterstreichen die vorliegenden Ergebnisse die Bedeutung von Maßnahmen zur Eindämmung der globalen Erwärmung. Daneben gewinnen jedoch unter den Rahmenbedingungen des Klimawandels Maßnahmenanforderungen des örtlichen Naturschutzes an Dringlichkeit. Lokale Schutzmaßnahmen für unterkühlte Blockhalden und deren Kleintierfauna umfassen Schutzgebietsausweisungen, das Fernhalten von Beweidung und Betritt, den Verzicht auf Wildfütterungen im Nahbereich, besondere Vorsicht bei Eingriffen wie Holzeinschlag, Holzbringung oder Forststraßenbau in umliegenden Waldflächen, den Verzicht auf Quellfassungen und wasserbauliche Maßnahmen im Einzugsbereich der Blockhalden sowie die Informationsarbeit bei lokalen VertreterInnen des Naturschutzes und bei NutzerInnenengruppen.

Helwig Brunner



Projektleitung

Univ. Doz. Dr. **Josef Wanzenböck**

Universität Innsbruck, Forschungsinstitut für Limnologie, Mondsee



Beteiligte Institutionen

- Universität Innsbruck, Forschungsinstitut für Limnologie, Mondsee
- Veterinärmedizinische Universität Wien, Aquatische Ökotoxikologie



Gute Gründe für das Projekt

- Der Klimawandel und die daraus resultierenden erhöhten Wassertemperaturen führen zu Sauerstoffknappheit in den österreichischen Seen.
- Die erhöhten Temperaturen und verlängerten Vegetationsperioden begünstigen das verstärkte Wachstum giftiger Blaualgen und können Blaualgenblüten verursachen.
- Wie sich erhöhte Wassertemperaturen, Sauerstoffknappheit und Blaualgengifte auf die Fischpopulationen, am Beispiel der Reinanken im Mondsee, auswirken war die zentrale Fragestellung im Projekt RADICAL.

Die österreichischen Voralpenseen durchliefen in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts eine Phase der Überdüngung (*Eutrophierung*) durch ungereinigte Abwässer. Die gesteigerte Nährstoffzufuhr bewirkte Algenblüten und in der Folge Sauerstoffschwund in den tiefen Gewässerzonen. Schwere Einbußen für die österreichische Tourismusindustrie und die lokale Fischereiwirtschaft waren die Folge.

Nach großen Anstrengungen in der Wasserreinigung befindet sich die überwiegende Zahl der heimischen Seen wieder in einem guten ökologischen Zustand und die Bestände von empfindlichen Fischarten wie Saiblinge und Renken (*Coregonen*, *Felchen*) haben sich weitgehend erholt.

Im Zuge der weltweiten Klimaveränderung wird jedoch eine neuerliche Gefährdung der Voralpenseen befürchtet, da die Nährstoffzufuhr durch klimatische Faktoren eher zunehmen wird. Dies kann einerseits direkt durch Temperaturanstiege im Tiefenwasser erfolgen oder indirekt durch veränderte Niederschlagscharakteristika und damit verbundene Erosionsereignisse. Die Bestände von Fischarten, deren ökologische Ansprüche eng an kühle, sauerstoffreiche und daher nährstoffarme Gewässer gebunden sind (Lachsverwandte wie Saiblinge, Forellen und Renken), könnten dadurch wieder gefährdet sein: einerseits durch Habitat einschränkungen durch mächtigere und wärmere Oberflächenschichten und gleichzeitig sauerstoffärmere Tiefenschichten und andererseits durch Störungen des Fortpflanzungserfolges durch Sauerstoffmangel der sich am Gewässerboden entwickelnden Eier.

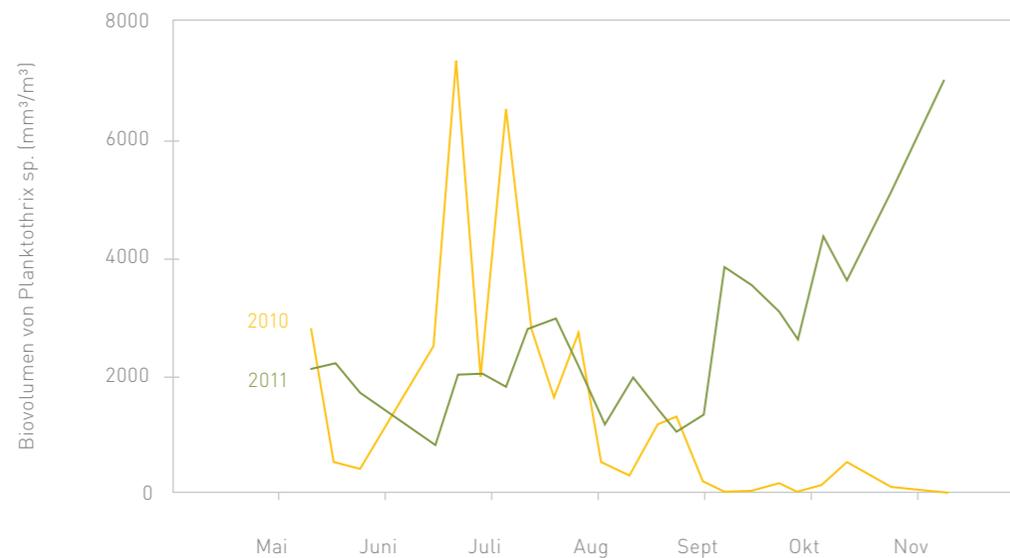


Abb. 1

Durchschnittliche Dichte von Planktothrix im Mondsee

Neben den direkten Effekten von Temperaturveränderungen müssen auch indirekte Effekte der Klimaänderung über die Planktongemeinschaft berücksichtigt werden. **Verstärktes Algenwachstum kann aufgrund längerer Vegetationsperioden und verstärkter Nährstoffzufuhr erwartet werden.**

Besonders Blaualgen der Art *Planktothrix rubescens* sind von Bedeutung, da diese in unseren Seen stark verbreitet sind und dazu noch Gifte, sogenannte *Microcystine*, produzieren, die andere Komponenten der Planktongemeinschaft beeinflussen und eine leberschädigende Wirkung auf Wirbeltiere zeigen. Negative Auswirkungen dieser Gifte auf das Überleben von empfindlichen Fischembryonen und Larven wurden in früheren Untersuchungen gezeigt, jedoch bestehen noch Wissenslücken in Bezug auf die Wirkungen sublethaler Konzentrationen dieser Gifte. Welche Rolle diese Blaualgen und ihre Gifte unter derzeitigen bzw. zukünftigen Verhältnissen bei Klimaveränderungen in den Planktongemeinschaften unserer Seen spielen und welche Wirkungen auf die Populationen von Renken zu erwarten sind, wurde im Projekt RADICAL untersucht.

Folgende spezifische Ziele wurden verfolgt:

- Klassenstrukturierte (Altersklassen oder Größenklassen) Populationsmodelle von Renken in österreichischen Voralpenseen zu erstellen, die die demographische Entwicklung unter gegenwärtigen Managementszenarien vorhersagen.
- Populationsmodelle der Blaualge *Planktothrix rubescens* zu erstellen die das Risiko für Massenerkrankungen unter verschiedensten klimatischen

Einflüssen wie Temperatur, Strahlungsstärke, Seeschichtung und Saisonalität prognostizieren.

- Die ökotoxikologischen Auswirkungen der Blaualgen bzw. ihrer Gifte auf demografische Parameter der Renken zu quantifizieren, insbesondere auf frühe Lebensstadien und Reproduktion.
- Die vorgenannten Ergebnisse zu integrieren um Populationsentwicklungen der Renken unter künftigen Klimaszenarien vorherzusagen (direkte Effekte) und den Einfluss möglicher Blaualgenblüten, gesteigerter Toxinproduktion und die Wirkung auf die Planktongemeinschaft und auf Renkenbestände abzuschätzen (indirekte Effekte).

Im Rahmen einer Dissertation wurden demografische Modelle für Renken der Voralpenseen entwickelt und verglichen, die sich auf Datenmaterial aus den Jahren 2000–2010 stützten. Aus diesen Ergebnissen konnten neue Modelle entwickelt werden, in die Parameter wie Alter, Länge, Wachstum, Populationsentwicklung (wie Erlangung der Geschlechtsreife), Räuberdruck und veränderte Temperaturszenarien berücksichtigt wurden. Die Simulation ergab einen deutlich negativen Einfluss der Temperaturerhöhungen auf die Populationsentwicklung der Renken, wenn Bewirtschaftung und Besatz unberücksichtigt blieben. [Abb. 3](#)

Bei einer Temperaturerhöhung von nur 2°C konnte der Ausgang, ohne gleichzeitigen Besatz, nicht aufrechterhalten werden. Die Population würde innerhalb von 19 Jahren aussterben.

Parallel dazu wurde die Algengemeinschaft des Mondsees über zwei Jahre untersucht. Die giftige Blaualge *Planktothrix* erreichte mit maximal fünf Prozent des Biovolumens nur einen geringen Anteil der Algenge-

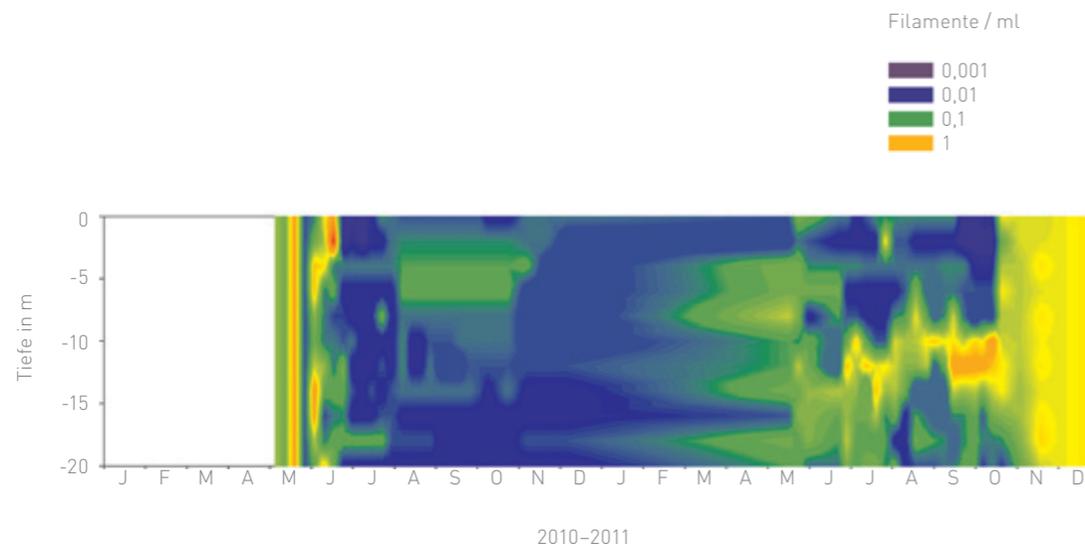


Abb. 2

Saisonale Entwicklung der Zellkonzentration (Filamente/ml) des blütenbildenden *Cyanobacterium Planktothrix* in der Wassersäule des Mondsees von Frühjahr 2010 bis Herbst 2011.

Die dunkel gefärbten Regionen zeigen eine höhere Zellkonzentration und eine beginnende Blütenbildung in ca. 10 Meter Tiefe an, die dann durch die schlechten Wachstumsbedingungen im Winter beendet wurde.

meinschaft. Es konnte festgestellt werden, dass relativ kleine Änderungen in der Stabilität der Wassersäule entscheidende Vorteile für das Wachstum von *Planktothrix* im sogenannten *Metalimnion* (Übergang zwischen oberer und unterer Wasserschicht im See) durch höhere Temperaturen und Lichtverfügbarkeit bieten.

Abb. 2 und Abb. 3

Eine Zunahme der Wassertemperatur kann daher das Wachstum der Blaualge *Planktothrix* begünstigen und Algenblüten verursachen.

Im ökotoxikologischen Teil des Projekts wurden umfangreiche Untersuchungen zur biologischen Verfügbarkeit und Wirkung der *Microcystine* auf Renken durchgeführt. Für die Expositionsanalysen bezüglich der biologischen und toxikologischen Verfügbarkeit der Giftstoffe (*Microcystine*) wurden Proben des Darmgewebes, der Darminhalte und Leberproben von adulten Fischen aus dem Freiland (Mondsee) und von juvenilen Fischen aus den Fressversuchen im Labor mit immunhistochemischen Methoden untersucht. Zusätzlich wurden die Leberproben einer histopathologischen Untersuchung zugeführt. Die Experimente wurden nach den gängigen Richtlinien für die Chemikalienprüfung (OECD 2000, 2003; DIN 2009) und nach Literaturerfahrungen durchgeführt. In den Prüfungen der Adultfische im Mondsee zeigten die histologischen Befunde in den Eingeweiden und in der Leber negative Ergebnisse, also keine Hinweise auf die Anwesenheit der Gifte. Auch die Juvenilfische in den Futterexperimenten zeigten keine eindeutigen Nachweise der *Microcystine*. Auch die Ei- bzw. Embryonalentwicklung erbrachte keine nachweisbaren Effekte auf die Entwicklungs- und Überlebensraten in den verwendeten Konzentrationen.

Entgegen früherer Studien zeigen die Ergebnisse nur einen vernachlässigbaren Effekt der *Microcystine* auf die Renken, zumindest unter ökologisch relevanten, realistischen Bedingungen.

Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Fischökologie:

Die Modellsimulationen ergaben negative Effekte steigender Habitatterperaturen auf die Populationsentwicklung der Renken, wenn ausschließlich die Temperatureffekte aber weder Besatz noch Ausfang berücksichtigt wurden. Wenn das derzeitige Ausmaß des Ausfanges durch die Angelfischerei (3.000 Renken pro Jahr) berücksichtigt wurde, ging das Populationswachstum weiter zurück. Trotzdem erreichte die Population die Habitatkapazität innerhalb des Simulationszeitraumes auch unter erhöhten Temperaturen. Der Ausfang kann jedoch nicht nachhaltig sichergestellt werden, wenn keine Besatzmaßnahmen durchgeführt werden und die Wassertemperaturen um 2 °C steigen würden. Das Verschwinden des Renkenbestandes wäre in diesem Szenario zu erwarten.

Der Besatz stellt, zumindest in manchen Populationen, eine wichtige Managementmaßnahme dar – besonders wenn der Ausfang relativ hoch ist. Die durchgeführten Besatzmaßnahmen mit Larven und einsömmrigen Jungfischen in Kombination mit dem Ausfang ergaben etwas niedrigere Populationswachstumsraten im Vergleich zu den Simulationen ohne Management. In diesem Szenario erreichte die Population die Habitatkapazität im siebten Jahr bei derzeit beobachteten Temperaturen, im neunten Jahr bei 1°C Temperaturerhöhung und im 12. Jahr bei 2°C Erhöhung.

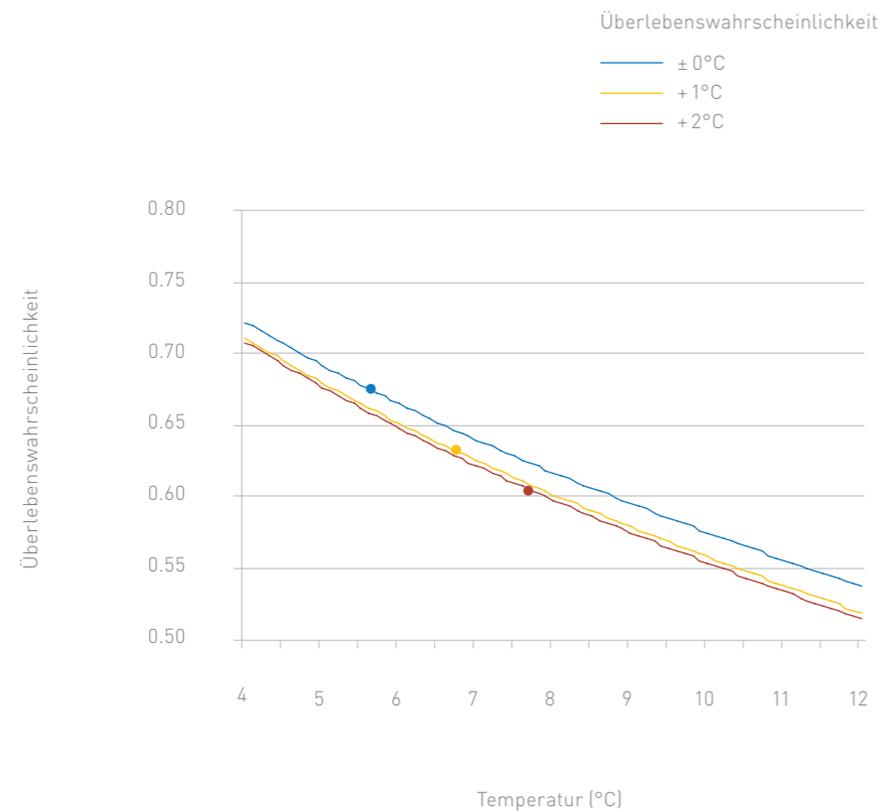


Abb. 3

Temperaturabhängigkeit der Renkenpopulationen.

Das vollständige, längenbasierte Matrizenmodell berücksichtigte unterschiedliche Szenarien der Temperaturentwicklung, Managementmaßnahmen und zusätzlich erhöhtem Raubdruck auf die Renkenlarven. Besonders die Einbeziehung von 4% Mortalität in den beiden ersten Längenklassen der Matrize hatte eine deutliche Wirkung auf die Populationsentwicklung. Letztere war deutlich schwächer und die Biomasse reduzierte sich auf die Hälfte innerhalb der 20 Simulationsjahre, wenn die Habitattemperaturen um 1°C erhöht wurden. Die Habitatkapazität wurde erst im vierzehnten Jahr und nur unter den derzeitigen Temperaturen erreicht, unter erhöhten Temperaturregimen gar nicht. Beim wärmsten Temperaturregime war ein deutlich erhöhtes Risiko für das völlige Aussterben der Population zu verzeichnen.

Die indirekten Wirkungen über die toxischen Blaualgen wurden als vernachlässigbar eingestuft, weswegen diese Wirkungen in unseren Modellen nicht explizit berücksichtigt wurden. Den Fischereiberechtigten und ManagerInnen wird empfohlen, das verminderte Populationswachstum unter erhöhten Temperaturen zu berücksichtigen und die Managementmaßnahmen wie Ausfangbeschränkungen und Besatz anzupassen.

Zusammenfassend wurden aber keine unmittelbaren Gefahren für den Bestand der Renkenpopulationen gesehen. Sollte sich der derzeitige zeitliche Abstand zwischen dem Schlupf der Larven und der Aktivität der Räuber (z.B. Flussbarsch, *Perca fluviatilis*) hin zu einer zeitlichen Überlappung verändern, würden die Simulationen ein hohes Risiko für den Fortbestand der Renkenpopulationen vorhersagen. Ein solcher Wechsel ist derzeit aber nicht zu befürchten.

Algenökologie:

Das Wachstumsmodell erlaubte nicht nur die Beschreibung der saisonalen und jährlichen Schwankungen der Biomasse von *Planktothrix* sondern half die entscheidenden physikalischen Faktoren zu erkennen. Es konnte gezeigt werden, dass ein nur moderater Anstieg in der Stabilität der Wassersäule im Herbst 2011 für zwei Monate zu einem starken Anstieg der *Planktothrix*-Biomasse führte. Nachdem unerwünschte Blaualgen wie z.B. *Planktothrix* allgemein zu den relativ langsam wachsenden Gruppen gehören und daher erst im Spätsommer und Herbst Algenblüten ausbilden, ist jede Verlängerung der Wachstumsperiode im Herbst von entscheidender, ökologischer Relevanz. *Planktothrix* zeigte auch einen deutlichen Biomasseanstieg beim Eintritt einer stabilen Wassersäule im Mai bis Juni 2010. Das Modell legte nahe, dass der folgende Biomasseabfall eher durch Temperatur und Lichtverfügbarkeit verursacht wurde, er konnte jedoch nicht auf die Schmidt-Stabilität zurückgeführt werden. Daher könnten wiederholte Mischungsergebnisse aufgrund unsteter Witterungsbedingungen zu diesem Rückgang der *Planktothrix*-Biomasse im Sommer 2010 beigetragen haben.

Ökotoxikologie:

Im Gegensatz zu vorangegangenen Studien zeigten die Ergebnisse, dass die Blaualgengifte (*Microcystine*) nur einen vernachlässigbaren Einfluss auf die Renkenpopulationen haben, zumindest unter realistischen ökologischen Bedingungen.

Josef Wanzenböck



Projektleitung

PD Dr. Franz Essl
Umweltbundesamt GmbH, Wien



Beteiligte Institutionen

- Vienna Institute for Nature Conservation & Analyses (VINCA)



Gute Gründe für das Projekt

- Es ist anzunehmen, dass sich potentielle Verbreitungsgebiete von Tier- und Pflanzenarten in den Ostalpen klimawandelbedingt bergwärts und in Richtung Norden verlagern werden.
- Es ist fraglich, in welchem Umfang die einzelnen Populationen in der Lage sind in unseren stark fragmentierten Landschaften ihren potenziellen Verbreitungsgebieten zu folgen.
- Strategien zur Vermeidung von Arealverlusten wie die Erweiterung von Schutzgebieten, ökologische Korridore und verbesserte Habitatqualität in den ungeschützten Flächen sind zu evaluieren.

SPEC-ADAPT

Klimawandelbedingte Migration von Tier- und Pflanzenarten, Schutzgebietsnetzwerke und mögliche Adaptationsstrategien

Forschungsfragen

SPEC-ADAPT ist ein Forschungsprojekt, das die Verbreitungsdynamik von 92 beispielhaft ausgewählten Gefäßpflanzen-, Heuschrecken- und Schmetterlingsarten mit unterschiedlichen ökologischen Eigenschaften analysiert. SPEC-ADAPT erarbeitet für diese Arten die Antworten auf folgende Fragen:

- Wie verschieben sich klimawandelbedingt reale Verbreitungsgebiete der Tier- und Pflanzenarten im Untersuchungsraum „Ostalpen“ (Österreich, Schweiz, Bayern, Baden-Württemberg, Südtirol) unter Berücksichtigung der Landbedeckung im stark fragmentierten Gebiet und der ökologischen Eigenschaften der Arten?
- Wie groß sind die Netto-Flächenveränderungen der Verbreitungsgebiete und wie groß ist der Anteil der unter Schutz stehenden Fläche zukünftiger Verbreitungsgebiete?
- Wie effizient sind verschiedene reale Strategien zur Vermeidung von Arealverlusten, wie die Erweiterung von Schutzgebieten, eine verbesserte Durchlässigkeit der ungeschützten Bereiche durch ökologische Korridore und eine verbesserte Habitatqualität in den ungeschützten Flächen?
- Welche konkreten Vorschläge können aus den Forschungsergebnissen für NaturschutzmanagerInnen abgeleitet werden, die für die Klimawandelanpassung der Artenschutzbemühungen verantwortlich sind?

Ökosystemtypen

- Nadelwald
- Laubwald
- Heideflächen
- Ackerfläche
- intensiv genutztes Grünland
- Weinbaugebiet
- Obstgarten
- Seen
- Hauptflüsse
- Hauptbahnstrecken
- Hauptstraßen
- bebaute Fläche
- extensiv genutztes Grünland
- alpine Grundlandflächen, Almen
- Moore und Feuchtwiesen
- Trockenrasen
- Schottergruben
- Fels
- Gletscher

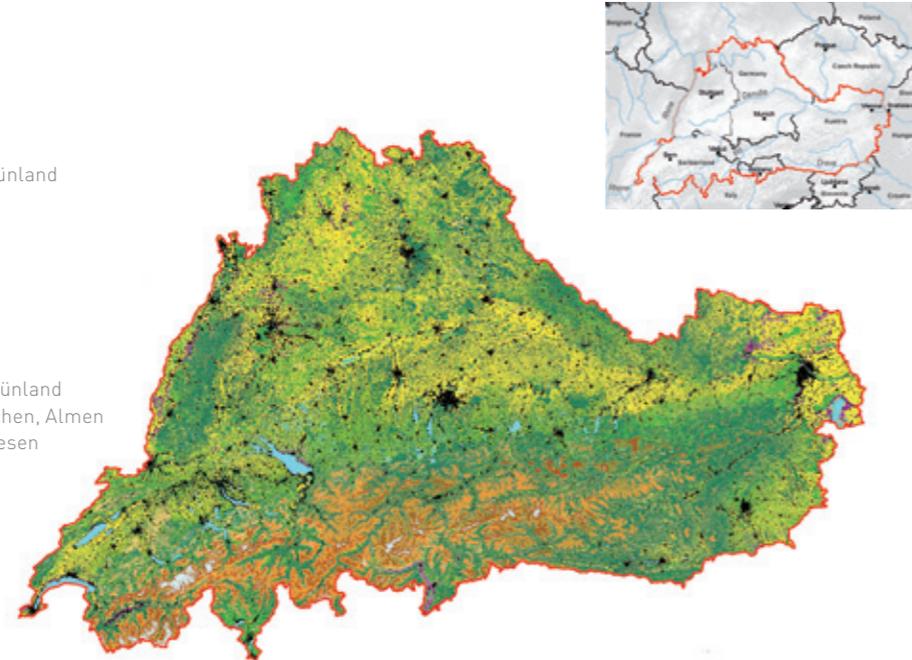


Abb. 1

Feinmaßstäbliche (100x100m) Karte zur Landbedeckung des Untersuchungsgebiets "Ostalpen" mit einer thematischen Auflösung von 19 Kategorien.

Natura 2000

- A
- B
- C
- D
- E
- F
- G
- H
- I
- J
- K

IUCN Kategorien

- Ia
- Ib
- II
- III
- IV
- V
- UNESCO Weltkulturerbe

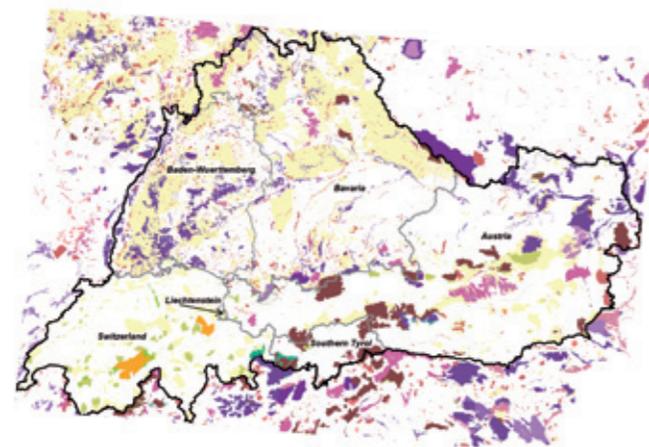


Abb. 2

Die Schutzgebiete des Untersuchungsgebiets (18 Kategorien).

Datengrundlagen

Zur Beantwortung der Forschungsfragen verwendet SPEC-Adapt eigens zusammengestellte Datensätze. Die Datenbank zur aktuellen Verbreitung aller 92 Tier- und Pflanzenarten umfasst mehr als 300.000 Einträge. Die für dieses Projekt erstellte GIS-Landbedeckungskarte des gesamten Untersuchungsgebiets hat eine Auflösung von 100x100 Metern und eine thematische Auflösung von 19 Landbedeckungskategorien. Die GIS-Karte der Schutzgebiete des Untersuchungsraums umfasst 18 Schutzgebietskategorien.

Abb. 1 und Abb. 2

Die neusten IPCC-Klimaszenarien für das 21. Jahrhundert wurden basierend auf 1x1 km WorldClim-Daten auf die Auflösung 100x100 m herabskaliert. Eine Zusammenstellung der aktuell verfügbaren Information zu den wichtigsten ökologischen Eigenschaften aller 92 Arten wurde erstellt und umfasst beispielsweise Ausbreitungsdistanzen, Reproduktionsraten, Generationen pro Jahr, Mortalitätsraten, Entwicklungs- bzw. Lebensdauer von Eiern, Larven, Puppen und Imagos, Nahrungsspektren und Habitatbindungen.

Managementszenarien

Verschiedene Strategien zur Vermeidung von Biodiversitätsverlust durch Klimawandel wurden im Rahmen von SPEC-Adapt erstellt und so implementiert, dass umwandelbare „Matrix“-Flächen (d. h. Intensivgrünland, Ackerland und Nadelbaumforste) in jeweils drei Intensitätsausformungen in naturschutzrelevante Zielhabitate umgewandelt werden.

- Im Rahmen des Szenarios „Erweiterung von Schutzgebieten“ werden 1, 3 und 5% der Gesamtfläche der umwandelbaren Matrix zuerst innerhalb der Schutzgebiete, dann als Puffer um die Schutzgebiete umgewandelt.
- Im Szenario „Verbesserte Durchlässigkeit durch ökologische Korridore“ werden 2 km breite Korridore im Ausmaß von 1, 3 und 5 % der Gesamtfläche des Untersuchungsgebiets räumlich so angeordnet, dass die Konnektivität der Schutzgebiete im Gebiet optimiert wird. In diesen Korridoren werden 100% der Matrixhabitate in Zielhabitate umgewandelt.
- Im Szenario „Verbesserte Habitatqualität in ungeschützten Flächen“ werden 1, 3 und 5 % der Matrixfläche in Zielhabitate umgewandelt.

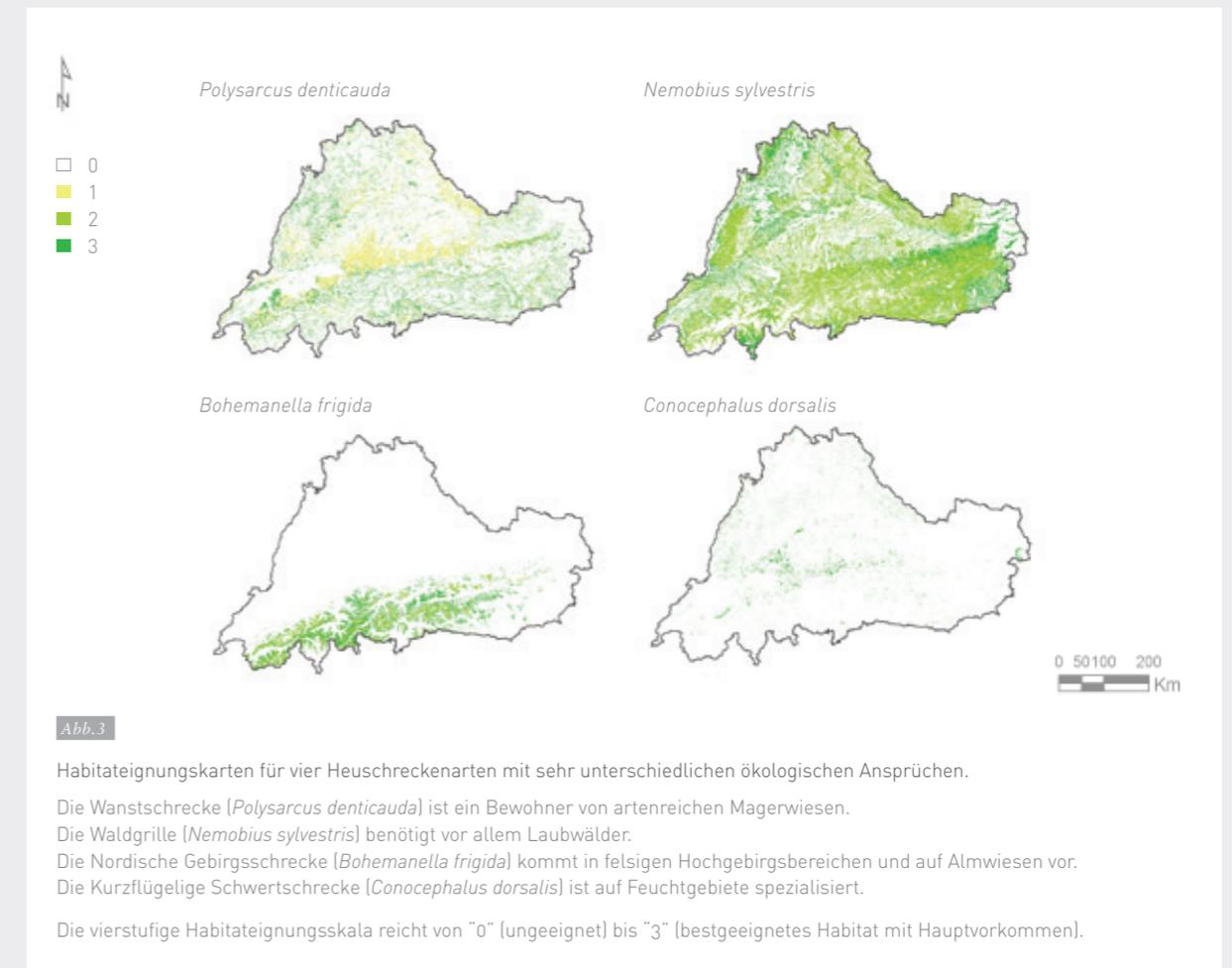
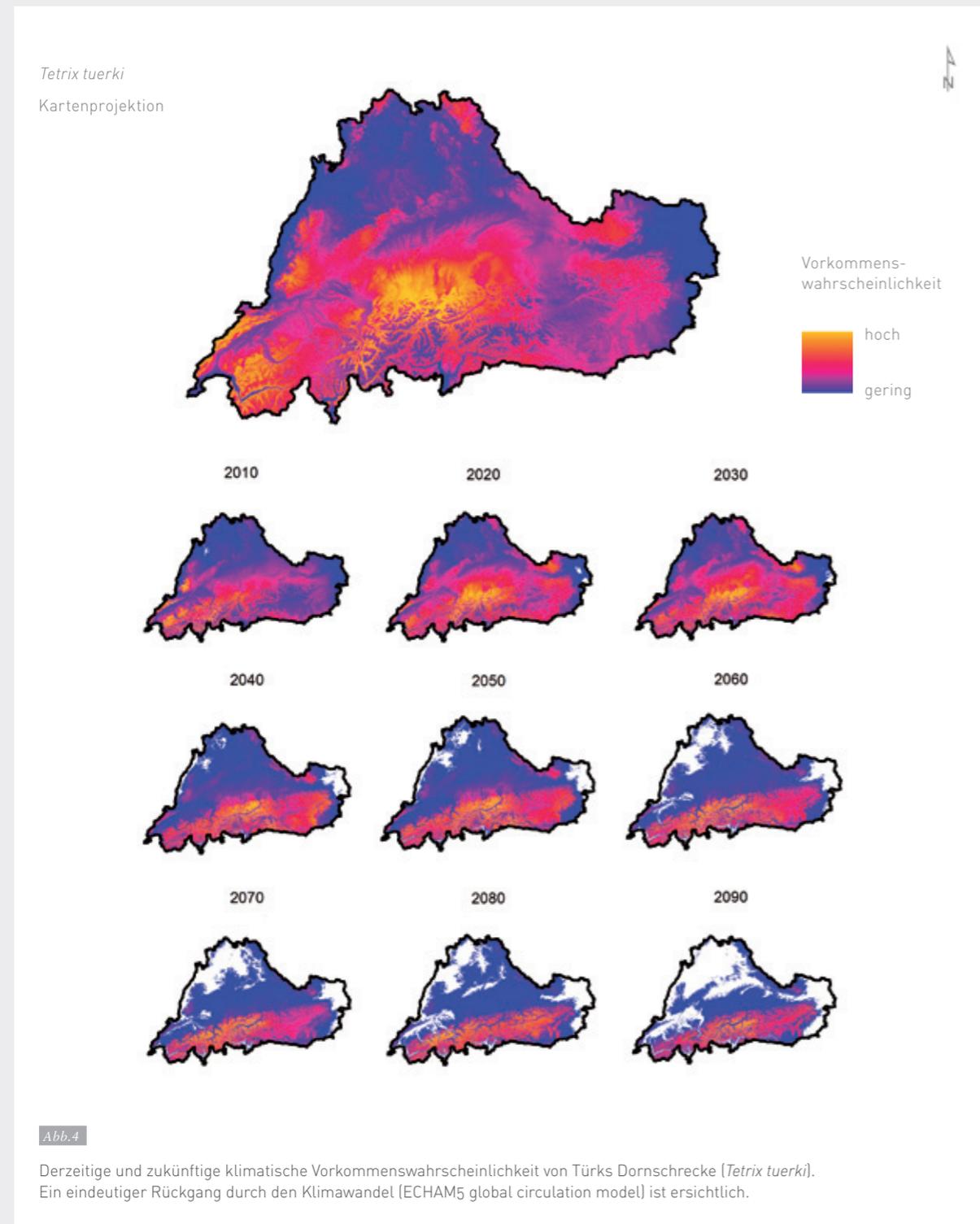
Analysen

Die Analysen basieren auf dem neuen Modellierungswerkzeug CATS, das Artverbreitungs-, Demografie- und Ausbreitungsmodelle vereinigt, um räumlich explizite Vorhersagen unter Berücksichtigung ökologischer Eigenschaften zu treffen. Zuerst werden GIS-Habitatignungskarten für alle 92 Arten erstellt.

Abb. 3

Ein weiterer Schritt ist die Erstellung von GIS-Karten zur Vorkommenswahrscheinlichkeit basierend auf heutigem und zukünftigem Klima. Abb. 4

Anschließend werden CATS-Modellierungen durchgeführt, bei denen die populationsbiologischen Parameter (z. B. Dispersionsfähigkeit, Reproduktionsrate, Mortalitätsrate) simuliert werden, um die räumlich



explizite Ausbreitung der einzelnen Arten unter realer Landbedeckung darzustellen. Diese Modellierungen starten mit dem Jahr 2015 und enden mit dem Jahr 2100. Ab dem Jahr 2025 wird die derzeitige Landbedeckungskarte mit jenen der drei Szenarien ersetzt, die zehnjährige Verzögerung soll den Zeitraum der politischen Entscheidungsfindung und der Entstehung gut ausgebildeter neu geschaffener Habitatflächen simulieren.

Durch die Mitberücksichtigung von Habitatsignschaften, Schutzgebietsgrenzen und artspezifischer biologischer Eigenschaften evaluiert SPEC-Adapt, wie sich die Verbreitungsgebiete verändern werden und ob die Arten mit dem Klimawandel Schritt halten können.

Franz Essl

Projektleitung



Dipl.-Ing. Dr. **Johann Peter Rauch**

Projektkoordination: DI Gerda Holzapfel

Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau, Universität für Bodenkultur Wien

Beteiligte Institutionen



- Universität für Bodenkultur Wien (BOKU)
 - Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau
 - Institut für Meteorologie
 - Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement

Gute Gründe für das Projekt



- Fließgewässer sind sensible Ökosysteme, welche besonders auf Temperaturänderungen und die Folgen des Klimawandels reagieren. Grundlegende Zusammenhänge können nur dann erkannt werden, wenn neben einer umfassenden Analyse von abiotischen Parametern auch Temperaturansprüche von einzelnen aquatischen Organismen und Gruppen untersucht werden.
- Eine vorhandene Ufervegetation kann Auswirkungen des Klimawandels auf den Fluss potentiell mindern und sich positiv auf die Vergesellschaftung von kälteliebenden Fischen und anderen Wasserorganismen auswirken.
- In diesem Projekt werden wissenschaftliche Grundlagen für ein modernes Gewässermanagement erarbeitet, wobei auch nachhaltige Flussrevitalisierungen in Hinblick auf den Klimawandel und damit verbundener Ökosystem-Leistungen berücksichtigt werden.

BIO_CLIC

Das Potential der Ufervegetation zur Minderung von Effekten des Klimawandels auf biologische Lebensgemeinschaften kleiner bis mittelgroßer Fließgewässer

Bei einer hochkomplexen Fragestellung wie sie im Projekt BIO_CLIC gegeben ist, kann nur ein interdisziplinärer Ansatz ein möglicher Lösungsweg sein. Basierend auf wissenschaftlichen Methoden von IngenieurbiologInnen, HydrobiologInnen und MeteorologInnen steht das Erkennen und Verstehen von Prozessen betreffend Ufervegetation, Wassertemperatur und Besiedlung der Flusslebensräume im Mittelpunkt der Projektarbeit, um in weiterer Folge richtige Schlüsse für ein flussökologisches Handeln ziehen zu können.

Durch unterschiedlichste anthropogene Nutzungsansprüche werden Fließgewässer in Zentraleuropa sehr stark genutzt und sind in einem weitgehend mäßigen ökologischen Zustand.

Dynamische Fließgewässer mit typspezifischen Habitatausstattungen in ihrer natürlichen Ausprägung sind rar. Für die Temperatur, einem zusätzlichen Stressor, sagen die Klimaszenarien des Weltklimarates (IPCC) einen Anstieg für alle Jahreszeiten voraus. Im Osten und Südosten Österreichs sind sogar Anstiege von 2–2,5°C bis zur Mitte des Jahrhunderts möglich. Dabei werden besonders Extremwetterereignisse wie länger anhaltende Hitze- und Trockenperioden sowie ein häufigeres Auftreten von Starkregenereignissen im Sommer erwartet.



Abb. 1

Links: naturbelassener, stark beschatteter Abschnitt der Lafnitz
Rechts: begradigter, unbeschatteter Abschnitt der Pinka

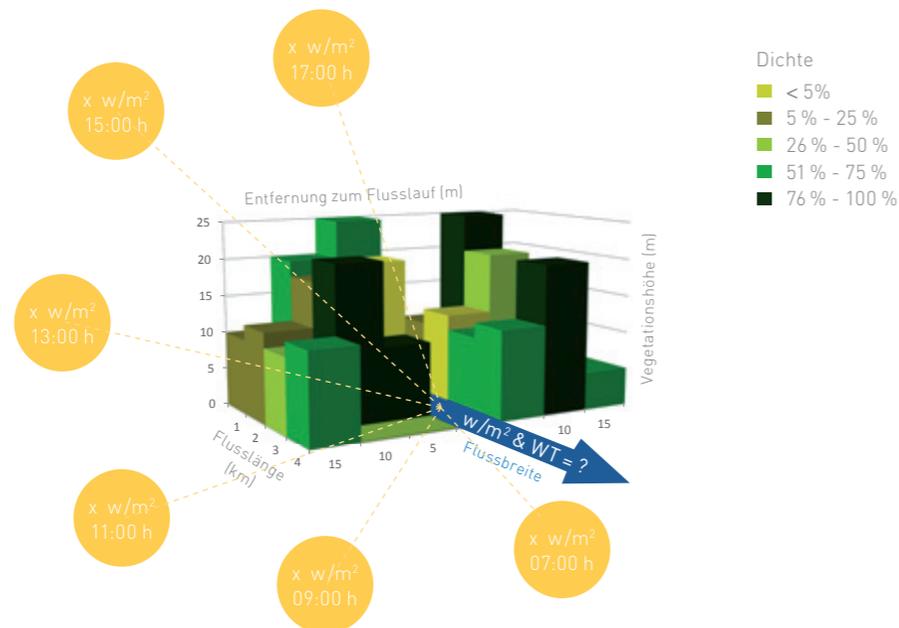


Abb. 2

Arbeitsweise des Modells Heatsource 9.0.
Durch die Eingabe von Vegetations-, Morphologie-, Klima- und Hydrologiedaten wird die resultierende Wassertemperatur berechnet.

Die globale Erwärmung zeigt bereits Auswirkungen auf die europäischen Fließgewässersysteme und die mit ihnen verbundenen Ökosystem-Leistungen. In Kombination mit zusätzlichen negativen, anthropogen verursachten Einflüssen wie Monotonisierung der Flüsse (z. B. Begradigung, Uferbefestigung), intensiver agrarischer Nutzung des Umlandes oder Rodung der Ufervegetation, spitzt sich die Situation vor allem in Tieflandflüssen zu. Im Speziellen bei Niederwasserabfluss kann die Wassertemperatur durch fehlende Ufervegetation kritische Werte erreichen und für wesentliche Änderungen in der Flussfauna verantwortlich sein. Eine intakte Ufervegetation kann hingegen die einfallende Strahlung bis zu 95% vermindern und somit Einflüsse der Klimaerwärmung auf die Wassertemperatur reduzieren.

Ziel des Projektes BIO_CLIC ist es (1) potentielle Minderungseffekte der Ufervegetation betreffend einer veränderten Wassertemperatur als Folge des Klimawandels und deren Auswirkungen auf Makrozoobenthos (MZB = wirbellose Wasserkleinlebewesen) und Fischgesellschaften aufzuzeigen und (2) Grundlagen für die Erstellung von einheitlichen Richtlinien für nachhaltige Flussrevitalisierungen in Bezug auf Einflüsse des Klimawandels auf Ökosystemleistungen bereitzustellen.

Im Untersuchungsgebiet an den Flüssen Lafnitz und Pinka im Südosten Österreichs (Abb. 1), wurden die Parameter Wassertemperatur (über Temperaturlogger), die Ausprägung der Ufervegetation (Kartierung in einem Pufferstreifen von 50m) und die Solarstrahlung (mithilfe von hemisphärischen Fotografien) im gesamten Längsverlauf der beiden Flüsse aufgenommen. Parallel dazu wurden Daten der Fischfauna und

des MZB hinsichtlich Artenzusammensetzung und Bestandsgröße erhoben.

Die Auswertungen der Vegetationskartierung streichen folgende Parameter als maßgeblich für die Wassertemperatur heraus:

- Zusammensetzung der Ufervegetation
- Dichte, Höhe und Breite des Uferstreifens
- Überhang der Vegetation in den Fluss

Diese sind räumlich als sogenannte Vegetationspolygone angegeben und wurden anschließend in vergleichbare Vegetationstypen zusammengefasst. Die Vegetationskartierung wurde mithilfe eines geografischen Informationssystems (GIS) digital erfasst.

Zusammen mit Informationen zum Gewässerlauf wurden diese Daten für die weitere Verwendung im Modell Heatsource 9.0, entwickelt vom Oregon Department of Environmental Quality, aufbereitet.

Abb. 2

Mit diesem Modell wird das Wassertemperaturregime in Pinka und Lafnitz simuliert. Das heißt auf Basis der Vegetationsbedeckung, Gewässermorphologie und Gewässerhydrologie wird die Wassertemperatur unter Berücksichtigung des aktuellen Klimas berechnet.

Nachdem das Modell kalibriert ist, können unterschiedliche Vegetationszenarien, wie z. B. eine durchgehend dichte Vegetation, verstreute Vegetation, etc. herangezogen werden, um den Einfluss auf das Wassertemperaturregime quantitativ darzustellen. Für die Abschätzung des Klimawandeleinflusses werden zusätzlich modellierte Klimadaten bis zum Jahr

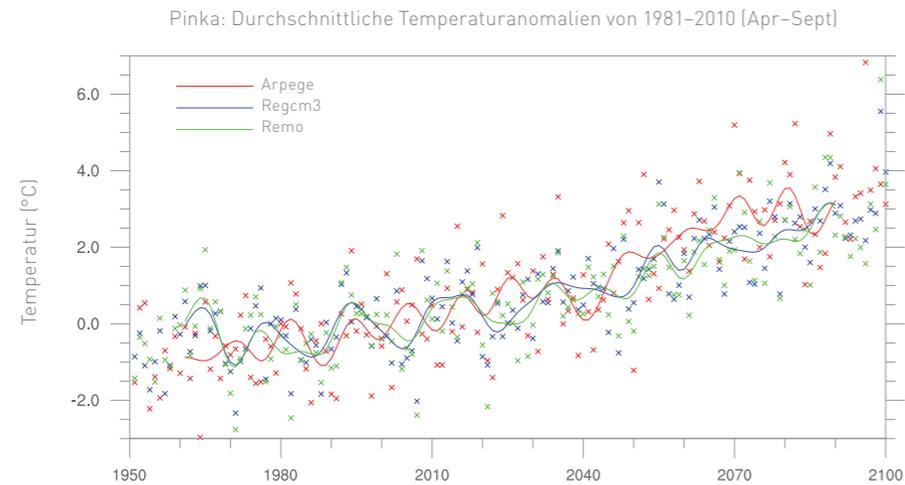


Abb. 3

Lufttemperaturberechnungen (Klimaszenarien) für das Pinka-Einzugsgebiet im Sommer. Alle drei Modelle zeigen einen klaren Temperaturanstieg bis zum Ende des Jahrhunderts.

Wassertemperatur [°C]
Vegetationsindex

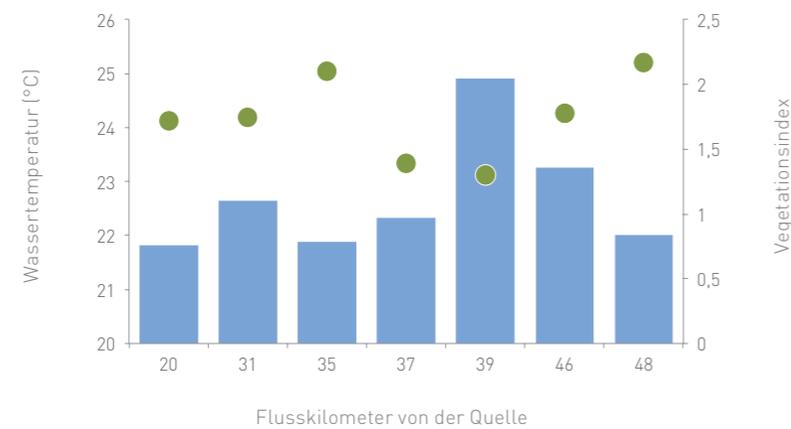


Abb. 4

Mittelwerte der maximalen Wassertemperaturen der Schönwettertage in Juli und August 2013 im Bereich Sinnersdorf (Flusskilometer 20) bis Jabing (Flusskilometer 48). Der Vegetationsindex spiegelt die Ufervegetation der letzten 5 km vor dem jeweiligen Temperaturmesspunkt wider. Je kleiner der Vegetationsindex, desto weniger dicht, hoch und breit ist die Ufervegetation.

2100 berücksichtigt (Lufttemperatur, Einstrahlung, Niederschlag, Oberflächenabfluss). Alle verwendeten Klimamodelle zeigen einen klaren mittleren Temperaturanstieg um 4°C im Projektgebiet bis zum Ende des Jahrhunderts, einzelne Jahreszeiten könnten bis zu 8°C wärmer werden als die Referenzperiode 1981 bis 2010. **Abb. 3** Weitere Parameter des Klimawandels sind noch in Ausarbeitung und die Verschneidung mit Vegetation, Wassertemperatur und aquatischer Fauna ist Inhalt des gerade laufenden Arbeitspaketes.

Bei kleinen bis mittelgroßen Fließgewässern wird die Wassertemperatur nachweislich von der Ufervegetation beeinflusst.

Der mittlere Abfluss der Pinka beträgt zwischen Sinnersdorf und Jabing 1,4 bis 1,7 m³/s. **Abb. 4** zeigt den Zusammenhang der mittleren maximalen Wassertemperatur mit der vorherrschenden begleitenden Ufervegetation. Die Wassertemperatur wurde an Schönwettertagen von Juli bis August 2013 gemessen. Die Haupteinflussgrößen der Ufervegetation sind deren Bestandshöhe, Bestandsbreite und Bestandsdichte, sowie die von der Vegetation überschirmte Wasseroberfläche. Hierbei gilt je höher, dichter und breiter die Ufervegetation ist, desto stärker ist deren beschattende Wirkung. Dies spiegelt sich im ermittelten integralen Vegetationsindex wider.

An den ersten drei Standorten (Flusskilometer 20, 31, 35) ist deutlich zu erkennen, dass ein hoher Vegetationsindex eine niedrigere Wassertemperatur bewirkt. Bei Flusskilometer 37 sinkt der Vegetationsindex auf 1,4 m³/s – die Wassertemperatur beginnt infolge der fehlenden Beschattung zu steigen und erreicht bei Flusskilometer 39 mit 25°C den höchsten Wert.

Anschließend sinkt die Temperatur aufgrund der Beschattung auf 22°C.

Zusätzlich zu Vegetations- und Temperaturdaten, werden biotische Daten von Fischen und MZB in die Analysen miteinbezogen, um abschließend ein nachhaltiges ökologisches Gewässermanagement entwickeln zu können.

In unterschiedlichen Abschnitten von Fließgewässern kommen, geprägt durch abiotische Parameter und die Wassertemperatur, sogenannte Indikatorarten vor. Diese Arten kennzeichnen verschiedene Regionen die nach Fischarten benannt sind: Im Oberlauf ist es die Forellenregion, im Mittellauf die Äschenregion, gefolgt von der Barben- und Brachsenregion in den Unterläufen. **Abb. 5**

Diese Regionen lassen sich auf Basis der Häufigkeit unterschiedlicher Fisch- und MZB-Arten, in Indizes darstellen (z. B. Fischregionsindex FIZI, MZB-Index RIZI). Dabei spielt vor allem die Wassertemperatur eine wesentliche Rolle, da sie das Vorkommen oder Nicht-Vorkommen einer Art maßgeblich mitbeeinflusst.

Auch in den Flussläufen im Untersuchungsgebiet weist die Wassertemperatur eine hohe Korrelation ($R^2 = 0,98$) mit Fischen und MZB auf. Die mittlere Sommerwassertemperatur steigt ebenso stetig wie der Fisch- und MZB-Index.

Abb. 5 zeigt ebenso die Fischregionen im Flussverlauf von der Quelle zur Mündung der Lafnitz. Die niedrigste Temperatur tritt mit 11°C im Quellabschnitt auf und die höchste Wassertemperatur beträgt nach 100 km bei Dobersdorf über 23°C.

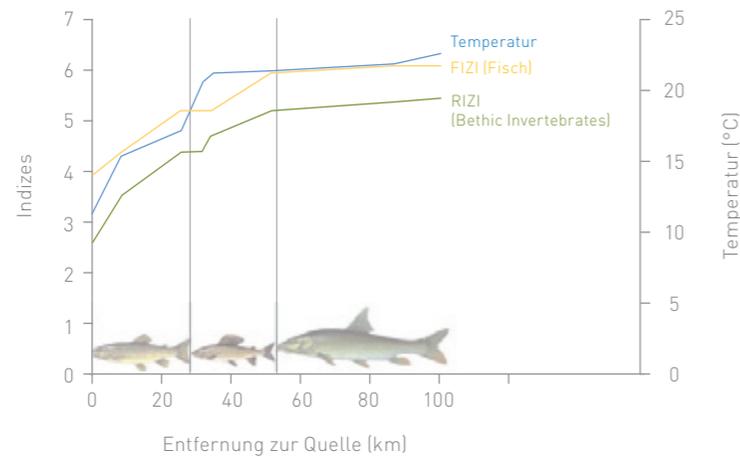


Abb. 5

Zusammenhang von Wassertemperatur im Sommer und der Artenzusammensetzung von Fischen (Index: FIZI) und MZB (Index: RIZI) an der Lafnitz.

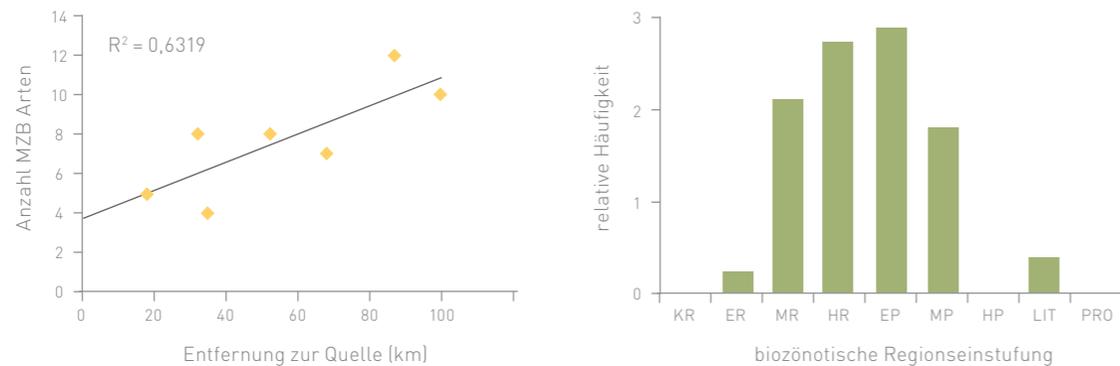


Abb. 6

Korrelation zwischen Anzahl der exklusiv in Totholzhabitaten gefundenen MZB-Arten und der Entfernung von der Quelle (links) und deren biozönologische Regionseinstufung (rechts).

KR: Krenal, ER: Epirhithral, MR: Metarhithral, HR: Hyporhithral, EP: Epipotamal, MP: Metapotamal, HP: Hypopotamal, LIT: Litoral, PRO: Profundal

Neben dem Einfluss auf die Wassertemperatur hat eine flusstypische Ufervegetation noch weitere positive Auswirkungen auf Fließgewässer. Durch eine intakte, das Fließgewässer begleitende Vegetation gelangt Totholz durch natürliche Prozesse kontinuierlich in das aquatische Ökosystem. Einerseits beeinflusst es damit die Flussmorphologie entscheidend, zum anderen dient Totholz direkt, vor allem für MZB, als wesentlicher Lebensraum sowie als Nahrung.

Weitere Analysen zeigen einen direkten Zusammenhang zwischen dem Längsverlauf und dem positiven Einfluss von Holz, in diesem Fall von Totholzstrukturen für den Lebensraum von MZB. Das Verhältnis von Arten, die ausschließlich auf Totholzstrukturen zu finden sind, steigt stetig mit der Entfernung zur Quelle. Von 25 Arten, die ausschließlich auf Totholzstrukturen zu finden waren, sind nur fünf im Oberlauf und zwölf im Unterlauf gefunden worden.

Abb. 6

Dies zeigt, dass besonders im Unterlauf für seltene und bedrohte MZB-Arten (vor allem Indikatorarten der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie) Totholz eine Notwendigkeit und somit ein wichtiger Bestandteil für die aquatische Biodiversität ist.

Anhand von biotischen und abiotischen Charakteristika kann der ökologische Zustand eines Fließgewässers erfasst werden. Dieser Zustand spiegelt die Vielfalt an Habitaten für die aquatischen Organismen (Fische, MZB) wider. Entlang eines Längsprofils im Verlauf der Lafnitz von 100 km wurden sechs verschiedene Habitattypen erfasst. In diesen zeigt sich eine starke Abhängigkeit von Wassertemperatur und Flussfauna. So können zum Beispiel Laichhabitats für unter-

schiedliche Fischarten hinsichtlich der Temperatur beschrieben werden. Laichgründe und deren Stabilität sind wichtig, um Ökosysteme zu erhalten und müssen in zukünftigen Revitalisierungsprojekten besonders beachtet werden.

Im Zuge dieses Projektes zeigt sich, dass eine Wiederbesiedelung der Ufer mit standorttypischer Vegetation bei Revitalisierungsprojekten unumgänglich ist. Schlussendlich unterstreichen die Ergebnisse von BIO_CLIC die Wichtigkeit einer intakten Ufervegetation als Beschattungs- und Strukturelement entlang von Flüssen, um die naturräumliche Vielfalt und Biodiversität aufrechterhalten zu können. In der letzten Phase des Projektes BIO_CLIC werden alle vorhandenen Daten weiterführend analysiert, miteinander verschnitten, validiert und mit den neuesten Klimaszenarien verknüpft. Dies soll garantieren, dass die abschließenden wissenschaftlichen Erkenntnisse und die daraus abgeleiteten Empfehlungen für die Praxis auch in Zukunft Gültigkeit besitzen.

Gerda Holzapfel



Projektleitung

Mag. Dr. **Thomas Dirnböck**
Umweltbundesamt GmbH



Beteiligte Institutionen

- Universität Wien, Abteilung für Naturschutzbiologie, Vegetations- u. Landschaftsökologie
- Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein (HBLFA)
- Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum f. Wald, Naturgefahren u. Landschaft (BFW)
- ÖKO-DATA Gesellschaft für Ökosystemanalyse und Umweltdatenmanagement mbH



Gute Gründe für das Projekt

- Neben dem Klimawandel beeinträchtigt auch der überhöhte Eintrag von atmosphärischem Stickstoff in Ökosysteme die biologische Vielfalt.
- Der Klimawandel und der hohe Stickstoffeintrag führen beide zu einer Veränderung der Standortbedingungen für Pflanzen. Viele Arten versuchen den Auswirkungen des Klimawandels zu entkommen und um in kälteren Gebieten geeignete Bedingungen zu finden. Gleichzeitig verdrängt der Stickstoffeintrag seltene Arten aus sensiblen Habitaten.
- CCN-Adapt verbindet eine Risikobewertung für ganz Österreich mit einer standorts- und habitatspezifischen Modellierung der Wechselwirkungen von Klimawandel und Stickstoffeintrag auf die Biodiversität.

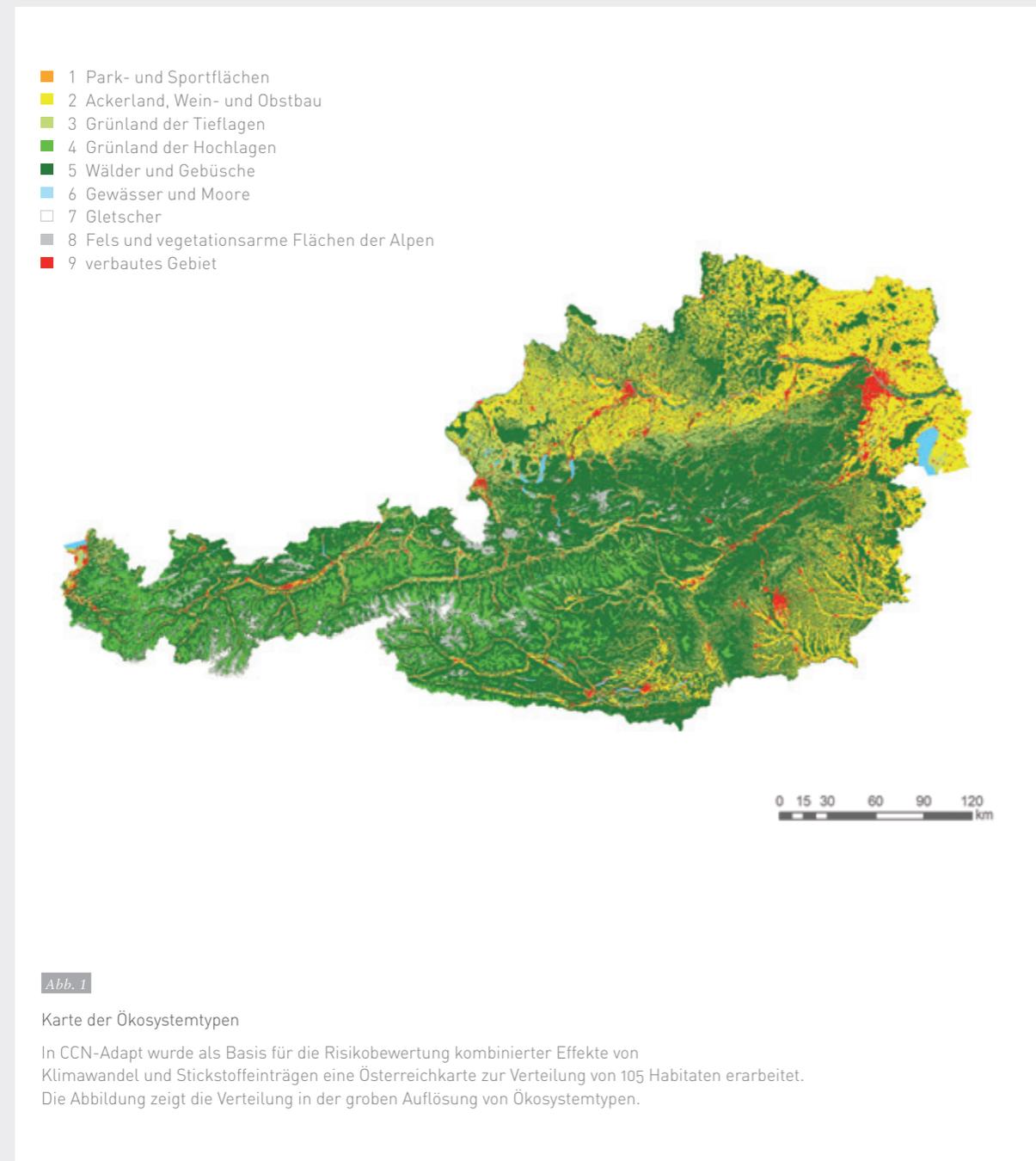
CCN-ADAPT

Anpassung an kombinierte Effekte von Klimawandel und Stickstoffeinträgen auf die Biodiversität

Wie wirken Klimawandel und Stickstoff gemeinsam?

Der Klimawandel ist nur ein Aspekt des globalen Wandels, der die „Belastbarkeit“ von Ökosystemen beeinträchtigt. Eine weitere Komponente ist der weit überhöhte Eintrag von atmosphärischem Stickstoff in Ökosysteme. Hohe Stickstoffemissionen von der Verbrennung fossiler Energieträger und der Intensivierung der Landwirtschaft sind die Ursachen für diese Einträge. **Mittlerweile sind 60 % der europäischen Natura 2000-Flächen zu hohen Stickstoffeinträgen ausgesetzt. Darauf zurückzuführende Verluste von Pflanzenarten in Wiesen und Wäldern wurden bereits nachgewiesen.**

Der Klimawandel und der hohe Stickstoffeintrag führen beide zu einer Veränderung der Standortbedingungen für Pflanzen. Viele Arten versuchen, den Auswirkungen des Klimawandels zu entkommen und in kälteren (höhergelegenen, nördlichen) Gebieten geeignete Bedingungen zu finden. Stickstoffeintrag hingegen führt zu einer Nährstoffanreicherung im Boden (*Eutrophierung*), die einigen wenigen Pflanzenarten gute Wachstumsbedingungen schafft, welche dann aber im Gegenzug andere, oft seltene Arten verdrängen.



Von Natur aus nährstoffarme Ökosysteme wie Wälder, nährstoffarme Moore sowie natürliche und extensiv genutzte Wiesen reagieren besonders sensibel auf Stickstoffeintrag. Diese Ökosysteme (z. B. Hochmoore) beherbergen aber auch viele Arten, denen der Klimawandel besonders zusetzt.

Klimawandel und Stickstoffeintrag stehen also in enger Wechselwirkung. Sie üben einen starken Einfluss auf Ökosysteme und die biologische Vielfalt aus. Bislang blieben Stickstoffeffekte bei der Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel unberücksichtigt. Daraus ergeben sich Unsicherheiten. Das ExpertInnenteam in CCN-Adapt erforscht zurzeit das Ausmaß kombinierter Effekte für Österreich und entwickelt im kommenden Jahr konkrete Maßnahmen für ein angepasstes Naturschutz-Management.

Forschungsansatz

CCN-Adapt verbindet eine Risikobewertung für ganz Österreich mit einer standorts- und habitatspezifischen Modellierung der Wechselwirkungen von Klimawandel und Stickstoffeintrag.

Die Risikobewertung erfolgt zum einen mithilfe statistischer Verteilungsmodelle für Pflanzenarten, die besonders empfindlich auf Klimaveränderungen reagieren. Andererseits werden sogenannte *Critical Loads*, das sind jene Eintragungsmengen von Stickstoff, unter denen langfristig mit negativen Auswirkungen auf Ökosysteme gerechnet werden muss, herangezogen. Beide Bewertungen werden mittels Flächenverschneidung kombiniert, um Risikogebiete und Habitate, in denen mit großen Effekten zu rechnen ist, zu identifizieren. Aus dem Ergebnis lässt sich der

Gefährdungsgrad sensibler Ökosysteme wie Wälder, nährstoffarme Moore und extensives Grünland, sowie die Situation in Schutzgebieten (z.B. Natura 2000) ableiten. Als Basis für die Risikobewertung wurde eine Österreichkarte zu der Verteilung von 105 Habitaten (Ökosystemtypen) in einer räumlichen Auflösung von 10 m erarbeitet.

Abb. 1

Die möglichen Reaktionsmuster von Pflanzenarten auf Klimawandel und Stickstoffeintrag werden mittels dynamischer Boden-Vegetations-Modelle studiert. Dafür werden Daten aus dem Langzeit-Ökosystemmonitoring von 40–50 Untersuchungsstandorten herangezogen. Die Veränderung der biologischen Vielfalt unter verschiedenen Klima-, Emissions- und Bewirtschaftungsszenarien wird somit für konkrete Habitate abschätzbar. Auf diese Weise können auch spezifische Anpassungsmaßnahmen unter Annahme potentieller Klimaveränderungen und Stickstoffeinträge hinsichtlich ihres Einflusses auf die Biodiversität getestet werden.

Dynamische Modelle zur Entwicklung von Szenarien

Klimawandel und Stickstoff wirken nicht unbedingt unmittelbar auf die Biodiversität. Im Falle von Stickstoffeinträgen kommt es zunächst zu einer Veränderung bodenchemischer Eigenschaften, wodurch die Stickstoffverfügbarkeit für Pflanzen im Laufe der Zeit verbessert wird. Einige spezifische Arten können davon profitieren, andere kommen mit dem erhöhten Nährstoffangebot nicht zurecht. Zu erkennen sind die Effekte auf die Biodiversität, je nach Ökosystemtyp,

	Fläche	Anteil an Gesamtfläche	Anteil an sensibler Fläche	
			2005	2020-Szenario
Österreich	49.430 km ²	59 %	95 %	47 %
Natura 2000	10.545 km ²	83 %	98 %	54 %

Tab. 1

Flächenanteile von Habitaten

in Österreich und in den österreichischen Natura 2000-Schutzgebieten, die gegenüber Stickstoffeinträgen sensibel sind. Anteil sensibler Habitatfläche, die in den Jahren 2005 eine Überschreitung der *Critical Loads* aufwies. Anteil, der im Jahr 2020 bei Einhaltung von Emissionsreduktionszielen eine Überschreitung aufweisen wird.

meist erst nach vielen Jahren. Genauso verhält es sich mit der Erholung von Ökosystemen aufgrund nachlassender Emissionen.

Umweltpolitische Zielvorgaben müssen Effekt- und Erholungsverzögerungen berücksichtigen und realistische Zeithorizonte festlegen. Dynamische Modelle können zur Verbesserung der Entscheidungsgrundlage beitragen.

In CCN-Adapt werden je zwei dynamische Boden- und Vegetationsmodelle eingesetzt. Die bodenchemische Dynamik wird mittels VSD+ und Landscape DNDC modelliert. Während es sich bei VSD+ um

ein relativ einfaches Modell handelt, das speziell für die Bewertung von Versauerung und Eutrophierung von Böden entwickelt wurde, ist Landscape DNDC ein umfassendes Ökosystemmodell, das den Schwerpunkt auf Kohlenstoff- und Stickstoffkreisläufe legt. In beiden Modellen stellen Klimaparameter treibende Einflussfaktoren dar, Managementmaßnahmen (Holznutzung, Mahd usw.) können zusätzlich implementiert werden.

An die bodenchemischen Modelle werden Module zur Bewertung der Vegetationsveränderung gekoppelt. Hier kommen wiederum zwei Modelle zum Einsatz: PROPS und BERN. Diese Modelle verknüpfen die

aus den Bodenmodellen resultierenden Parameter (Stickstoffverfügbarkeit) und Klimaparameter mit den Standortansprüchen von Pflanzen. Je nach Klima- und stickstoffeintragsbedingter Änderung verschiebt sich die Standortseignung für Pflanzenarten und beeinflusst somit die Artenvielfalt.

CCN-Adapt verwendet eine Reihe verschiedener Klimaszenarien, um die Unsicherheit bei Vorhersagen für die Zukunft abbilden zu können. Darüber hinaus werden die Ergebnisse verschiedener Modelle verglichen, um Angaben zur modellimmanenten Unsicherheit machen zu können.

Erste Ergebnisse: Risiko von Stickstoff für Österreichs Biodiversität

In Österreich sind auf 59 % der Landesfläche Lebensräume zu finden, die sensibel gegenüber Stickstoffeinträgen sind. Die aktuellen N-Depositionen (Jahr 2010) führen zu einer Überschreitung der *Critical Loads* auf 66 % dieser Fläche. Das bedeutet eine Verbesserung gegenüber dem Basisjahr 2005, wo dieser Wert noch bei 95 % lag. Allerdings würden nach der Umsetzung der angepeilten Emissionsreduktionsmaßnahmen (z. B. Göteborg-Protokoll) bis zum Jahr 2020 immer noch 47 % der als sensibel eingestuften Fläche eine Überschreitung aufweisen.

In den österreichischen Natura 2000-Gebieten ist die Situation ähnlich. Durch die Emissionsreduktionen ist aber ein vergleichsweise geringerer Erfolg zu erwarten, da bis zum Zieljahr 2020 noch auf 54 % der sensiblen Habitatfläche in den Natura 2000-Gebieten Österreichs mit einer Überschreitung der *Critical Loads* gerechnet werden muss.

Tab. 1

Ableitung von Anpassungsmaßnahmen

Eine ExpertInnenrunde wird die Plausibilität der Modellierungsergebnisse von CCN-Adapt prüfen und die Anpassungsmaßnahmen für ausgewählte Arten und Habitats konkretisieren. Dabei werden die in der österreichischen Strategie zur Anpassung an den Klimawandel definierten Maßnahmen auf ihre „Stickstofftauglichkeit“ geprüft. Ein Katalog an Handlungsempfehlungen für ein angepasstes Flächenmanagement soll politischen EntscheidungsträgerInnen und Naturschutzbeauftragten, die für die Definition und Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen verantwortlich sind, als Grundlage dienen.

Thomas Dirnböck

Alle geförderten Projekte im Überblick

Leben im Eisschrank

Projektleitung	ÖKOTEAM - Institut für Tierökologie und Naturraumplanung OG
Kontakt	MMag. Dr. Helwig Brunner (brunner@oekoteam.at)
PartnerInnen	ÖKOTEAM Graz (Dr. T. Frieß, Dr. Ch. Komposch, Mag.ª J. Kahapka); Karl-Franzens-Universität Graz, Institut für Geographie und Raumforschung (Univ.-Prof. Dr. R. Lazar, Mag. M. Borovsky); Lund University, Department of Physical Geography and Ecosystem Science (Mag. Ch. Stiegler); Universität Innsbruck, Institut für Zoologie (Dr.ª I. Schatz); Universalmuseum Joanneum, Abt. Biowissenschaften (Mag. W. Paill); Kompetenzzentrum Das virtuelle Fahrzeug Forschungsgesellschaft Graz (Dr. B. Lechner, DI O. Mariani); Ingenieurbüro für Biologie Mag. Harald Komposch; Naturpark Sölktaier e.V. (Mag.ª B. Mauerer)
Förderprogramm	Klima- und Energiefonds, Austrian Climate Research Programme, 1. Ausschreibung
Dauer	01.07.2009 - 01.04.2009
Budget	€ 119.947,00
Fördersumme	€ 119.947,00

RADICAL

Projektleitung	Universität Innsbruck, Forschungsinstitut für Limnologie
Kontakt	Univ. Doz. Dr. Josef Wanzenböck (josef.wanzenboeck@uibk.ac.at)
PartnerInnen	Universität Innsbruck, Forschungsinstitut für Limnologie (Ass.Prof.Dr. R. Kurmayer); Veterinärmedizinische Universität Wien, Aquatische Ökotoxikologie (Univ. Prof. Dr. B. Grillitsch)
Förderprogramm	Klima- und Energiefonds, Austrian Climate Research Programme, 1. Ausschreibung
Dauer	1.11.2009 - 1.10.2012
Budget	€ 266.820,00
Fördersumme	€ 266.820,00

SPEC-ADAPT

Projektleitung	Umweltbundesamt GmbH
Kontakt	PD Dr. Franz Essl (franz.essl@umweltbundesamt.at)
PartnerInnen	Vienna Institute for Nature Conservation & Analyses (VINCA)
Förderprogramm	Klima- und Energiefonds, Austrian Climate Research Programme, 4. Ausschreibung
Dauer	1.5.2012 - 1.5.2015
Budget	€ 256.822,00
Fördersumme	€ 256.822,00

BIO_CLIC

Projektleitung	Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau
Kontakt	DI Gerda holzapfel (gerda.holzapfel@boku.ac.at)
PartnerInnen	Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau Dipl.-Ing.Dr. P. Rauch, DI G. Holzapfel); Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Meteorologie (Ao.Univ.Prof. Mag. Dr. Weihs, Dr. Formayer); Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement (Dipl.-Ing. Dr. Melcher, Ass.Prof. Dr. Graf)
Förderprogramm	Klima- und Energiefonds, Austrian Climate Research Programme, 4. Ausschreibung
Dauer	1.2.2012 - 1.1.2015
Budget	€ 299.686,00
Fördersumme	€ 299.686,00

CCN-Adapt

Projektleitung	Umweltbundesamt GmbH
Kontakt	Mag. Dr. Thomas Dirnböck (thomas.dirnboeck@umweltbundesamt.at)
PartnerInnen	Universität Wien, Abt. Naturschutzbiologie, Vegetations- und Landschaftsökologie; Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein (HBLFA); Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW); ÖKO-DATA Gesellschaft für Ökosystemanalyse und Umweltdatenmanagement mbH
Förderprogramm	Klima- und Energiefonds, Austrian Climate Research Programme, 5. Ausschreibung
Dauer	1.5.2013 - 1.2.2016
Budget	€ 325.000,00
Fördersumme	€ 325.000,00

Bisherige Ausgaben von „ACRP in essence“

Landwirtschaft

CLIMSOIL

In diesem Projekt wurde ein Bodentemperaturmodell, das für ein räumliches Monitoring der Bodentemperatur verwendet werden kann, entwickelt. Ein derartiges Modell eröffnet großes Potenzial für Klimafolgenabschätzungen.

ADA AgroDroughtAustria

Ziel des Projektes sind die Entwicklung und der Test eines operationellen Systems zum Monitoring bzw. zur Vorhersage von Trockenheit für Nutzpflanzen in Österreich.

ACC AustrianCarbonCalculator

Der Bodenkohlenstoff übernimmt eine wichtige Puffer- und Speicherwirkung im landwirtschaftlichen Bereich. Der Zweck des Calculators ist es, die bodenkohlenstoffauf- oder abbauenden Maßnahmen sichtbar zu machen.

VitisCLIM

Im Zuge des Projektes soll eine wissenschaftliche Basis für die Ausbreitung und Kontrolle von Grapevine Flavescence Dorée erarbeitet werden. Weiters sollen risikobasierte Empfehlungen für die Auswahl der zu treffenden Bekämpfungsmaßnahmen zur Verfügung gestellt werden.

FarmCLIM

FarmCLIM soll Möglichkeiten zur Verbesserung der Effizienz des Nährstoffeinsatzes in der österreichischen Landwirtschaft vorschlagen. Die Praxistauglichkeit der Maßnahmen wird durch einen multi- und interdisziplinären Ansatz gewährleistet.

FOODSECURITY

Intention des Projektes ist es, potenzielle Risiken der Ernährungssicherung zu bewerten und deren mögliche Auswirkungen auf Österreich abzuschätzen.

Bei Interesse an den bisherigen Themenfeldern, kontaktieren Sie bitte: bettina.zak@klimafonds.gv.at
Online können Sie die Schriftenreihe unter folgendem Link nachlesen: <http://klimafonds.gv.at/service/>



Forstwirtschaft

Private Forest Adapt

Kleinstwaldbesitzer sind oft fachfremde Personen, die den Forstbetrieb extensiv im Nebenerwerb führen oder gar nicht bewirtschaften. Die Auswirkungen des Klimawandels auf den Wald, wie zum Beispiel schnell wachsende Schädlingspopulationen, sind ihnen nicht bewusst. Im Projekt werden Grundlagen für künftige Informationskampagnen erarbeitet.

FIRIA

Das Ziel des Projekts FIRIA ist es, die Feuergefährdung der österreichischen Wälder unter sich ändernden Klimabedingungen zu beurteilen sowie eine mögliche Gefährdung von Infrastruktur im Falle einer Entwaldung durch Feuer aufzuzeigen. Das engere Untersuchungsgebiet ist das Bundesland Tirol.

AdaptTree

Im Projekt AdaptTree wird überprüft, inwieweit die natürlichen Schwankungen der Wetterbedingungen zum Zeitpunkt der Baumblüte und Samenreife einen Einfluss auf die adaptiven Eigenschaften der jungen Bäume haben. Die Erkenntnisse sollten bei der Planung der zukünftigen Versorgung mit Saatgut einbezogen werden.

Disturbance

Um Störfaktoren in die Waldbewirtschaftung einzubeziehen, werden integrierte Störungsmodelle für Waldökosysteme entwickelt, die sowohl klimatische Treiber (z.B. Hitze, Dürre oder Stürme), Merkmale von Waldbeständen sowie die Wechselwirkungen von Störungen durch Wind und Borkenkäfer einbeziehen.

Douglas

Der Klimawandel stellt eine große Herausforderung für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung dar. Eine mögliche Anpassung ist der Einsatz von alternativen und nicht heimischen Baumarten, wie der Douglasie als alternative Wirtschaftsbaumart.

CAFEE

Leistungen, die agrarische oder forstliche Ökosysteme hervorbringen (z.B. Landschaftsbild, Biodiversität, monetärer Nutzen etc.) werden als Ökosystemdienstleistungen bezeichnet. Das Projekt CAFEE zeigt in verschiedenen Szenarien, wie sich Klimawandel und Politikmaßnahmen auf verschiedene Ökosystemdienstleistungen auswirken.

Impressum

Medieninhaber

Klima- und Energiefonds

Gumpendorfer Straße 5/22, 1060 Wien

Tel: +43 1 585 03 90, Fax: +43 1 585 03 90-11

office@klimafonds.gv.at

Für den Inhalt verantwortlich

Die AutorInnen tragen die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieser Broschüre. Er spiegelt nicht notwendigerweise die Meinung des Klima- und Energiefonds wider. Weder der Klima- und Energiefonds noch das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft sind für die Weiternutzung der hier enthaltenen Informationen verantwortlich.

Druck

Druckerei Gugler (www.gugler.at)

Bei der mit Ökostrom durchgeführten Produktion wurden die Anforderungen des Österreichischen Umweltzeichens erfüllt. Sämtliche während des Herstellungsprozesses anfallenden Emissionen wurden im Sinne einer klimaneutralen Druckproduktion neutralisiert.

Gestaltung

Studio Deluxe (www.studiodeluxe.at)

Verlags- und Herstellungsort

Wien

Wir haben diese Broschüre mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt und die Daten überprüft. Rundungs-, Satz- oder Druckfehler können wir dennoch nicht ausschließen.

www.klimafonds.gv.at





MINISTERIUM
FÜR EIN
LEBENSWERTES
ÖSTERREICH

AUSTRIAN CLIMATE RESEARCH PROGRAMME

in **ESSENCE**

