

bayklif

Bayerisches Netzwerk
für Klimaforschung

2018–2023

Zahlen, Fakten und Resultate





bayklif wird gefördert durch

Bayerisches Staatsministerium für
Wissenschaft und Kunst



Bayerns Klima im Wandel	
bayklif, Bayerisches Netzwerk für Klimaforschung.....	4
Fakten und Zahlen zum bayerischen Klimaforschungsnetzwerk bayklif	
Standorte der Forschungsgruppen	
Informationen zum Netzwerk	
Bayern als Wissenschaftsstandort.....	6
Für die Öffentlichkeit	
Dialog- und Informationswerkzeuge	
Übersicht über die entstandenen Informationssysteme, Portal und Nature Explorer	
Atlas für Ökosystemleistungen	7
App zur Baumgrenzenverschiebung, Waldzustandsmonitor	
BioDiversity Computerspiel, Makrophytensimulator	8
App zur Veränderung der Pflanzenphänologie von Pflanzen, PhenolInterPol	9
Allergie-Symptome und Risikokarte, Visualisationswerkzeug für Biodiversitätsdaten	10
Wassersysteme im Stress	
Extreme von Trockenheit bis Überschwemmungen.....	12
Der Klimawandel und seine Auswirkungen	
Stress für kieslaichende Fische,	
Sauerstoff in Fließgewässern	14
Quell-Ökosysteme - Waldquellen in Gefahr	
Negative Grundwasser-Effekte	15
Niedermoore schwinden.....	16
Was ist zu tun um den Lebensraum Wasser besser zu schützen?.....	17
Verlust aquatischer Pflanzen.....	18
Steigende Temperaturen und variable Niederschläge	
Klimaprojektionen – Bayern 2050	19
Wälder Bayerns im Spannungsfeld	
Zwischen Trockenheit und Schädlingsturbulenzen.....	20
Spätfröste und deren Folgen.....	22
Waldentwicklung aus einer holistischen demographischen Perspektive	23
Geeignete Klimamodelle für Bayern.....	24
Früher Kronenaustrieb und seine Folgen.....	26
Bergauf in den Bayerischen Alpen, Anstieg der Baumarten und Wandel des Bergwalds	27

Bayerns Natur- und Agrarflächen, Bedrohung der Artenvielfalt	
Veränderungen der Artenvielfalt und Ökosystemleistungen.....	28
Wärmeangepasste Arten nehmen zu, kälteangepasste Arten nehmen ab.....	30
Jahreszeitliche Variation der Körperhelligkeit von Libellengemeinschaften.....	31
Die Entwicklungszyklen der Pflanzen ändern sich.....	32
Biologische Vielfalt in bayerischen Lebensräumen.....	33
Biologische Vielfalt und Ökosystemleistungen durch den Wald, Modellszenarien für Zukunftsprognosen	35
„Summer in the City“, Klimarisiken für urbane Lebensräume	38
Erhöhte Pollenkonzentration in der Luft.....	40
Stadtwildlife – Ratte oder Rotkehlchen? Tiere in der Stadt.....	41
Energieaktive Gebäudehüllen als Baustein klimaorientierter Stadtentwicklung.....	42
Wie können wir gemeinsam den Herausforderungen des Klimawandels begegnen?	44
BAYSICS Portal und Nature Explorer	46
Schulklassen analysieren den Zustand von „Talking Trees“	47
Die Klimawahrnehmung in der Gesellschaft.....	50
Akteursperspektiven auf Ökosystemfunktionen, Klimawandel & Anpassung.....	51
Schlussbemerkung	52
Projektleiter Verbundprojekte	
AquaKlif	53
BAYSICS.....	54
BLIZ	55
BayTreeNet.....	56
LandKlif.....	56
Projektleiter Juniorprojekte	
ADAPT, BayForDemo, Cleanvelope, HyBBEx, MintBio.....	58
bayklif Geschäftsstelle.....	59
Danksagung.....	60



■ Bayerns Klima im Wandel

Das Klima erwärmt sich und Wasserressourcen schwinden, doch paradoxerweise kommt es vermehrt zu stärkeren Überschwemmungen. Unsere Vegetation muss sich an diese neuen Gegebenheiten anpassen. Stadt und Land stehen vor beispiellosen Veränderungen – **nichts bleibt, wie es war!**

Große Klimaänderungen in der Erdgeschichte formten die Flora und Fauna ihrer Zeit.

Wir erleben gerade eine der schnellsten Änderungen des Klimas seit mindestens 65 Millionen Jah-

ren und können die Auswirkungen auf Pflanzen, Tierwelt und uns selbst mit eigenen Augen verfolgen.

- Was genau kann man beobachten?
- Wie schnell sind die Veränderungen und wo?
- Und wie können wir das in Beziehung setzen?

Das globale Klima ist ein komplexes dynamisches System mit mehr oder weniger stabilen Phänomenen und Zonen. Bayern liegt innerhalb der gemäßigten Klimazone im Übergangsbereich des

maritimen Westeuropas zum kontinentalen Klima Osteuropas. Dazu kommt eine heterogene Landschaft von den Alpen bis ins Flachland mit vielen Seen, Wäldern und unterschiedlichen Höhenlagen.

“Bayern weist ein vielfältiges Mikroklima auf.”

Biodiversität bildet die Grundlage für ein intaktes Ökosystem, die landschaftliche Vielfalt und das gemäßigte Klima sorgen für einen Reichtum an Pflanzen, Insekten und anderen Tieren mit komplexen Abhängigkeiten. In seiner Regierungs-

erklärung vor dem Bayerischen Landtag am 21. Juli 2021 hob Ministerpräsident Markus Söder hervor, dass Bayern bereits eine Erwärmung um 2°C im Vergleich zur vorindustriellen Zeit erlebt. So werden auch bald die letzten bayerischen Gletscher verschwunden sein.

Um die Veränderungen und die komplexe Natur in Bayerns vielfältiger Landschaft besser zu verstehen wurde das Bayerische Klimaforschungsnetzwerk **bayklif** vom Bayerischen Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst ins Leben gerufen.

Der Mensch kann sich und der Natur helfen diese rasanten Entwicklungen besser zu überstehen, aber dazu brauchen wir einen besseren Einblick in die Ökosysteme und deren Wechselwirkungen untereinander. Schon jetzt kann man Anpassungen in Höhenverbreitung, jahreszeitlichen Phänomenen und Artenzusammensetzung erkennen. Dabei entstehen Probleme im zeitlichen und räumlichen Zusammenwirken, etwa wenn Bestäuber ihren Lebensraum verlagern müssen, aber deren Wirtspflanzen noch hinterherhinken.

Die Gesellschaft steht vor der extrem herausfordernden Aufgabe, die Veränderungen, die durch den Klimawandel auf uns zukommen, verantwortungsvoll zu bewältigen. Neben einer engagierten Zusammenarbeit auf internationaler, nationaler und lokaler Ebene bedarf es einer intensiven Kooperation von Politik, Wissenschaft, Wirtschaft und Zivilgesellschaft, um auch für zukünftige Generationen gute Lebensbedingungen zu sichern.

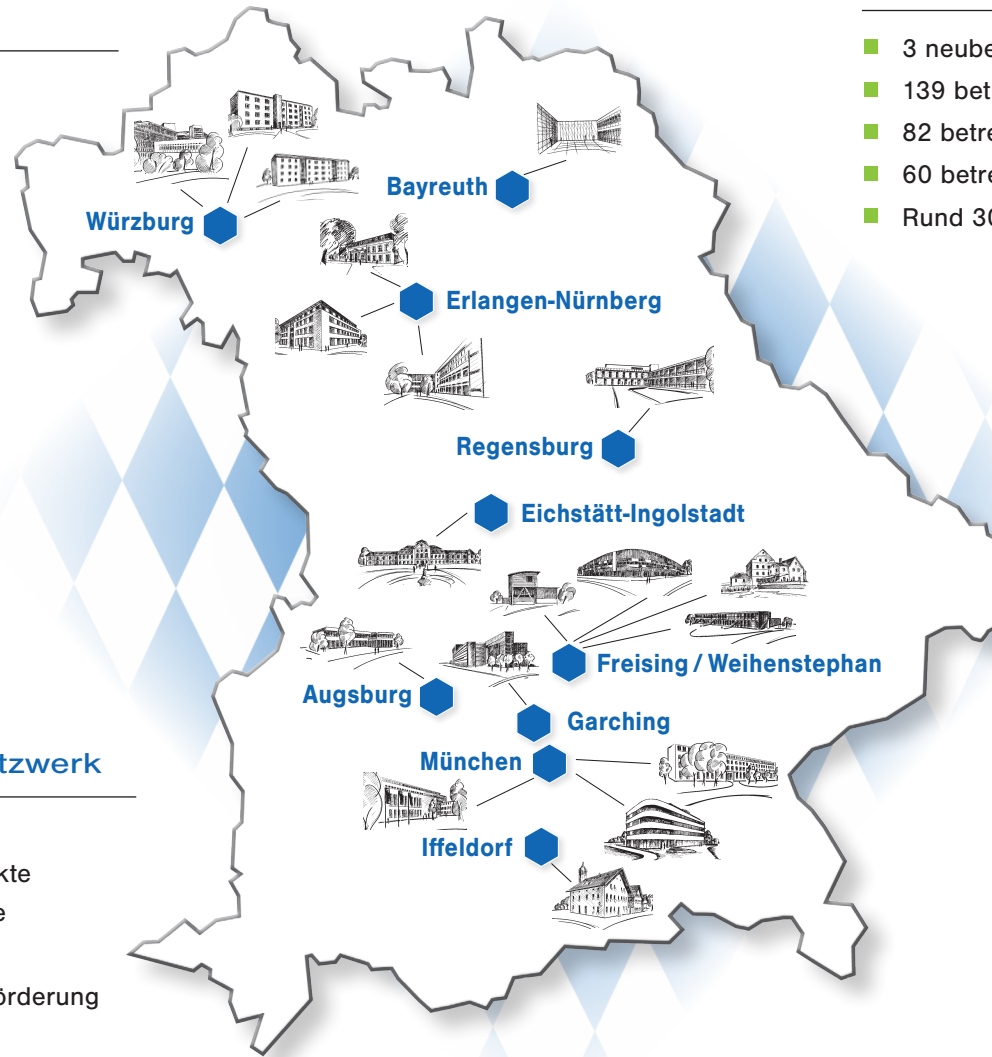
Wie können natürliche Ökosysteme sowie Artenvielfalt geschützt und gestärkt sowie menschliche Einflüsse, wie Bewirtschaftung und Stadtentwicklung, angepasst werden?

Wirft man einen Blick in die ökologische Zukunft in Bayern wird schnell klar, dass die aktuellen Maßnahmen nicht ausreichen werden, um die Auswirkungen des Klimawandels abzumildern.



Fakten und Zahlen zum bayerischen Klimaforschungsnetzwerk bayklif

Standorte der Forschungsgruppen



Bayern als Wissenschaftsstandort

- 3 neuberufene Professuren
- 139 betreute Bachelorarbeiten
- 82 betreute Masterarbeiten
- 60 betreute Doktorarbeiten
- Rund 300 internationale Publikationen

Informationen zum Netzwerk

- 5 Jahre Projektlaufzeit
- 5 Verbundforschungsprojekte
- 5 Juniorforschungsprojekte
- 41 Teilprojekte
- 18 Millionen Euro Gesamtförderung

■ Für die Öffentlichkeit

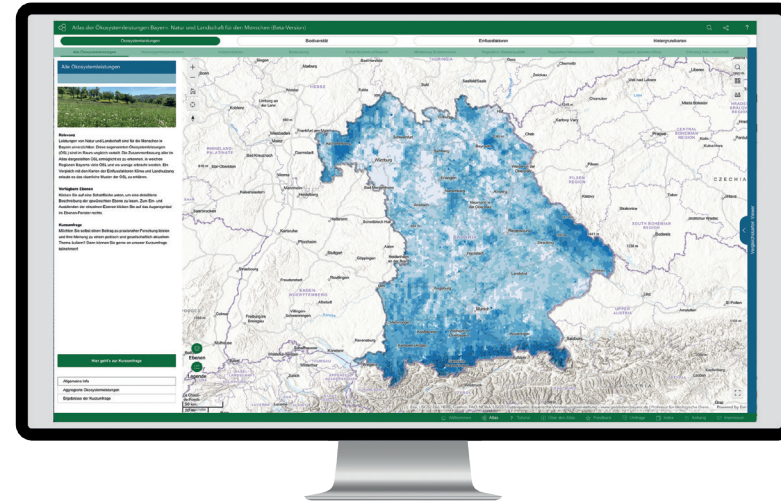
Dialog- und Informationswerkzeuge

Übersicht über die entstandenen Informationssysteme

Die Forschenden im **bayklif Netzwerk** sammeln über fünf Jahre hinweg wichtige Fakten und Details und entwickelten daraus Entscheidungshilfen und Produkte.

Das Ziel: Der bayerischen Bevölkerung die Veränderungen in ihrer Region transparenter zu machen und zu ermöglichen, persönlich aktiv zu werden. Gut informierte Bürgerinnen und Bürger können so verstärkt Verantwortung für ihre Umwelt übernehmen.

Atlas für Ökosystemleistungen (LandKlif)



Portal und Nature Explorer (BAYSICS)



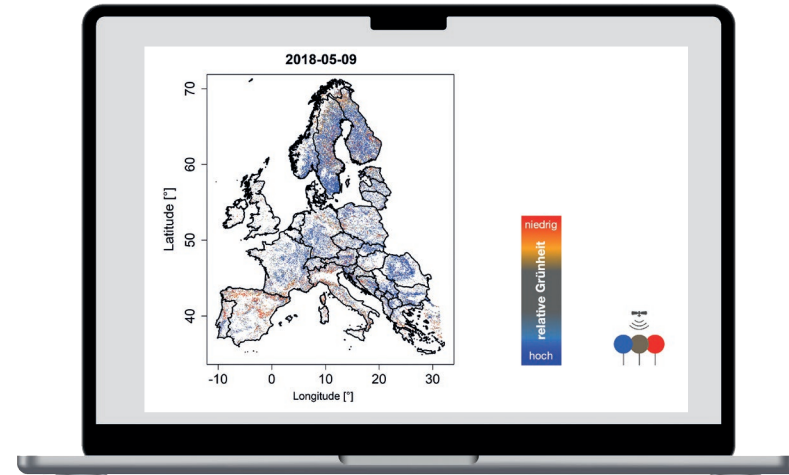
Für die Öffentlichkeit

Dialog- und Informationswerkzeuge

App zur Baumgrenzenverschiebung (BAYSICS)



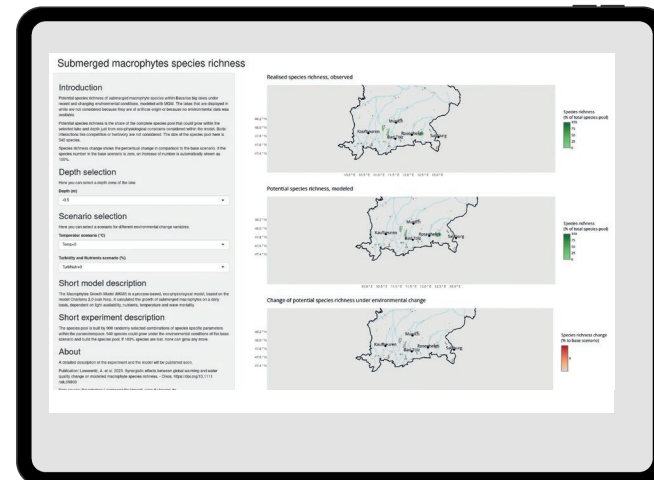
Waldzustandsmonitor (HyBBEx und BLIZ)



BioDiversity Computerspiel (BLIZ)

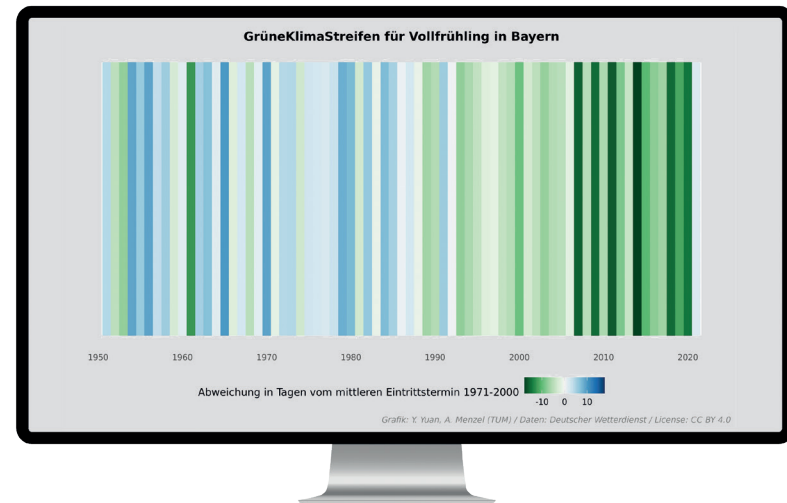


Makrophytensimulator (BLIZ)



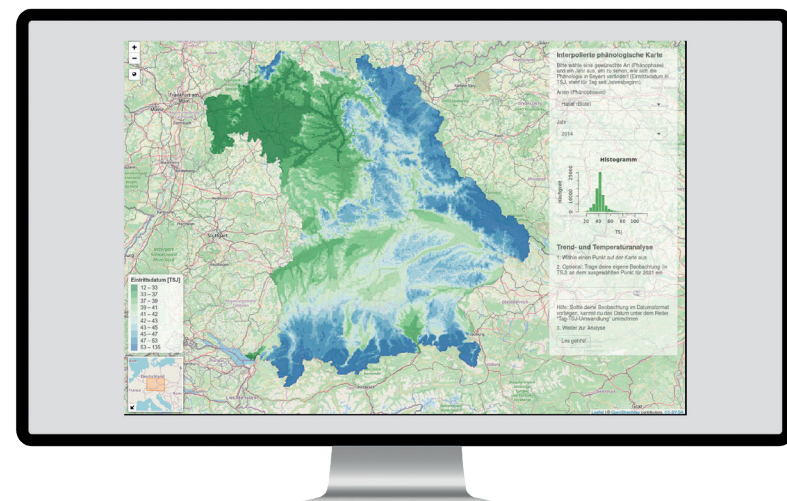
App zur Veränderung der Pflanzenphänologie von Pflanzen (BAYSICS)

Phänologische Phase	Trend in Bayern 1951 bis 2021
Blüte: Hasel (Vorfrühling)	- 26 Tage
Blüte: Forsythie (Erstfrühling)	- 16 Tage
Blattentfaltung: Stiel-Eiche (Vorfrühling)	- 16 Tage
Blüte: Holunder (Frühsommer)	- 18 Tage
Blüte: Sommer-Linde (Hochsommer)	- 17 Tage
Fruchtreife: Apfel (Spätsommer)	- 11 Tage
Fruchtreife: Holunder (Frühherbst)	- 22 Tage
Fruchtreife: Stiel-Eiche (Vollherbst)	- 8 Tage
Blattverfärbung: Stiel-Eiche (Spätherbst)	+ 6 Tage



PhenoInterPol

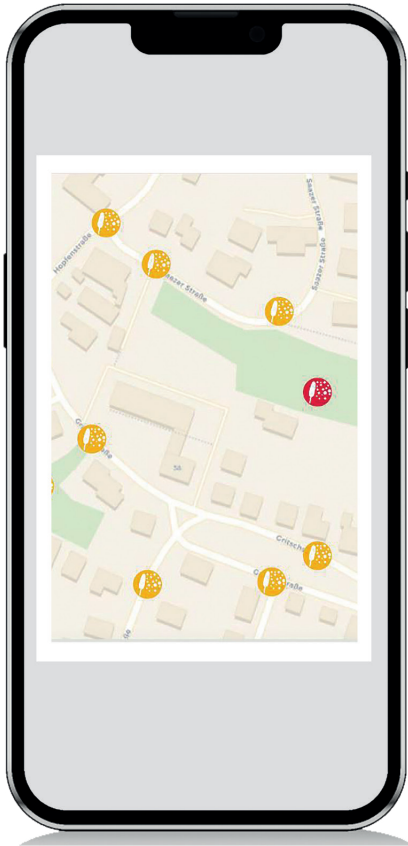
- **Mit PhenoInterPol** werden phänologische Interpolationskarten in Bayern visualisiert. Hierbei sind für den Zeitraum 1951-2020 die Phänophasen von ausgewählten Pflanzen hinterlegt, z.B. die Blüte der Hasel und der Forsythie, die Blattentfaltung und der Blattfall der Stieleiche.
- Interessierte können in **PhenoInterPol** selbst Basisanalysen durchführen, eigene phänologische Beobachten eintragen und mit historischen Daten in Kontext setzen.



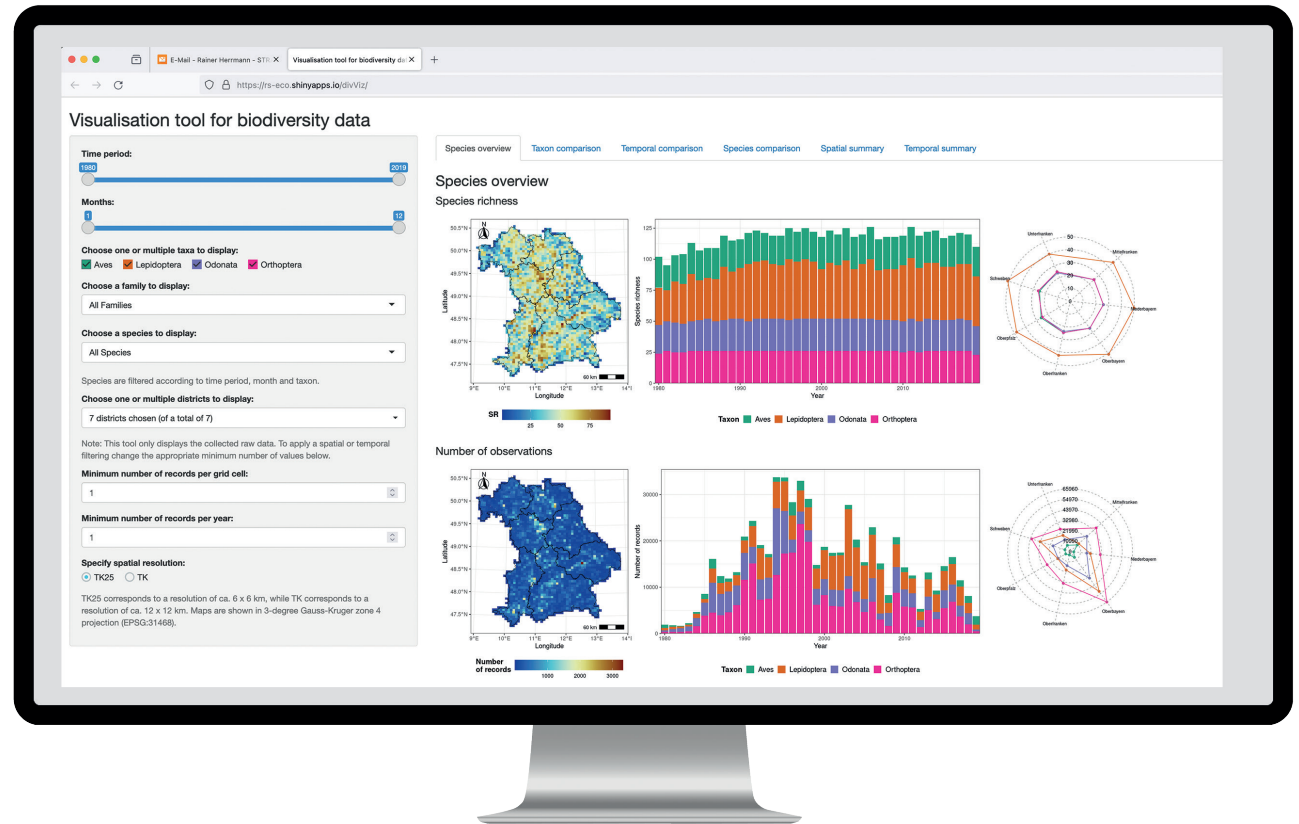
Für die Öffentlichkeit

Dialog- und Informationswerkzeuge

Allergie-Symptome und Risikokarte (BAYSICS)



Visualisierungswerkzeug für Biodiversitätsdaten (MintBio, LFU)







Den Menschen fehlt hier ein
gesundes Vergnügen,
den Fischen der Lebensraum:
Kneippanlage in einem trockengefallenen
Bachbett bei Puchheim /
München, Juli 2023

■ Wassersysteme im Stress

Extreme von Trockenheit bis Überschwemmungen

Der fortschreitende Klimawandel verändert nahezu alle Ökosysteme. Lebensräume, die auf Wasser angewiesen sind, wie etwa Feuchtgebiete, Moore, Quellen, Fließgewässer und Uferzonen von Seen, reagieren besonders rasch auf Veränderungen. Der Klimawandel strebt mit veränderten Niederschlagsmustern und -mengen sowie steigenden Temperaturen die vitalen Lebensadern der bayerischen Bäche und Flüsse.

Wälder, Wiesen und Felder Bayerns, die unser Wohlbefinden erhöhen und Besucher aus der ganzen Welt anlocken, hängen jedoch davon ab, dass ausreichend Wasser verfügbar ist. Die Leistungen eines ausgeglichenen Landschaftswasserhaushalts mit gesunden Wasserökosystemen sind von zentraler Bedeutung für den Menschen, für die Trinkwasserversorgung, die Produktion von Nahrungsmitteln, für Freizeit- und Erholung.

Die zunehmend extremen Überschwemmungen und Dürren, die auf uns zu kommen, machen die Wassersysteme zu einem Schlüsselement in der Anpassung an den Klimawandel. In den Forschungsprojekten im Bayerischen Klimaforschungsnetzwerk waren deshalb Gewässer in vielen Teilprojekten im Fokus, besonders aber im Verbundprojekt **AquaKlif**.



Gewässer bieten zahlreiche Ökosystemleistungen: Sie speichern Wasser, filtern Nährstoffe und Schadstoffe aus, regulieren Temperatur und Feuchtigkeit in ihrer Umgebung und sind darüber hinaus Hotspots der Artenvielfalt.



Untersucht wurden die Oberläufe von Bächen, inklusive der Quellgebiete in Wäldern.

Die Forschenden bei **AquaKlif** analysierten, wie sich klimatische Veränderungen auf den Wasserhaushalt und die Wasserqualität in den verschiedenen aquatischen Systemen auswirken und wie Flüsse und Bäche durch veränderte Wasserstände beeinflusst werden. Diese sensiblen Lebensräume erfordern dringend umfassende Anpassungsstrategien und effektiven Schutz, da sie Rückzugsorte für viele Tier- und Pflanzenarten bieten, die durch den Klimawandel unter Druck geraten.

Was der Schutz von Fließgewässern im Klimawandel für die Praxis bedeutet, wurde in **AquaKlif** in öffentlichen Veranstaltungen und internen Fachgesprächen diskutiert. Für Schulklassen der Mittel- und Oberstufe wurde gemeinsam mit dem Ökologisch-Botanischen Garten der Universität Bayreuth das modulare BNE-Angebot «Wasserstrategien im Klimawandel» entwickelt. Der Interview-Podcast «Moorminuten» liefert Hintergründe zu Bedeutung, Zustand und Erhalt von Mooren als Kohlenstoffsenken und Wasserspeicher.



Die vornehmlich durch die aktuelle Landnutzung bedingte Erosion von Böden lässt sich durch Anpassung der Bewirtschaftungsmaßnahmen begrenzen. © agrarfoto

Der Klimawandel und seine Auswirkungen

Stress für kieslaichende Fische

Im Verbundprojekt AquaKlif wurden die Wechselwirkungen von Temperaturerhöhung, feinen Sedimenten und Niedrigwasser auf die Entwicklung von kieslaichenden Fischen untersucht. Es zeigte sich, dass Feinsedimente eine negative Auswirkung auf das Wachstum der Fischlarven haben und dass höhere Wassertemperaturen sowie niedrige Wasserstände den Effekt verstärken.

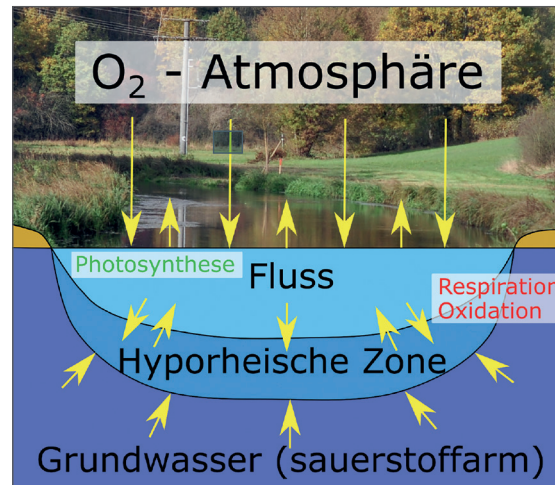
Diese komplexen Wechselwirkungen mehrerer Stressfaktoren in Fließgewässern wurden erstmals systematisch erfasst. Die Ergebnisse sowie aktuelle Beobachtungen weisen darauf hin, dass zahlreiche Fischarten an ihre physiologischen Toleranzgrenzen gelangen und diese teilweise überschritten werden.

Sauerstoff in Fließgewässern

Ein ausreichender Sauerstoffgehalt im Wasser ist von herausragender Bedeutung für aquatische Ökosysteme und ihre Bewohner. Mit steigenden Temperaturen nimmt dieser jedoch ab. Globale Messdaten weisen abnehmende Sauerstoffwerte auf. Temperatur und Sauerstoffgehalt in einem Gewässer hängen stark von der Nutzung des Umlands ab; so kann zum Beispiel eine erosionsanfällige Landnutzung durch erhöhten Feinsediment- und Kohlenstoffeintrag den Sauerstoffgehalt vermindern.



In großen Fließbrinnen-Experimenten wurde im Projekt AquaKlif das Zusammenwirken verschiedener klimabedingter Stressoren wie Niedrigwasser, Feinsedimenteintrag und Temperatur untersucht.



Für Bach-Ökosysteme ist das Gewässerbett sehr wichtig, hier findet der Austausch mit dem Grundwasser und viele chemische Umsetzungen statt. Gelöster Sauerstoff und die Änderungen seiner stabilen Isotope wurden im Forschungsprojekt als neues Werkzeug etabliert, um Ökosystemfunktionen zu quantifizieren

Quell-Ökosysteme - Waldquellen in Gefahr

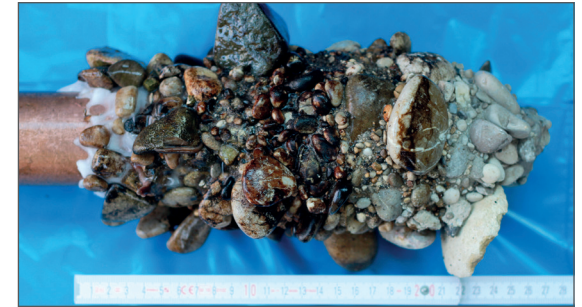
Der Klimawandel bedroht die Quellen in Wäldern und ihre Vielfalt an Lebewesen. Durch schwankende Wassermengen können die Quellen austrocknen, was zu einer wesentlichen Veränderung der Lebensbedingungen führt. Die Regeneration der Pflanzenwelt wäre ein langwieriger Prozess.



Quellgebiete sind ein ganz besonderer Lebensraum. Durch den Austritt des Grundwassers bleiben sie im Winter wärmer und im Sommer kühler als ihre Umgebung, und sie bieten gleichbleibend feuchte Lebensbedingungen. Dies ändert sich nun vielerorts.

Negative Grundwasser-Effekte

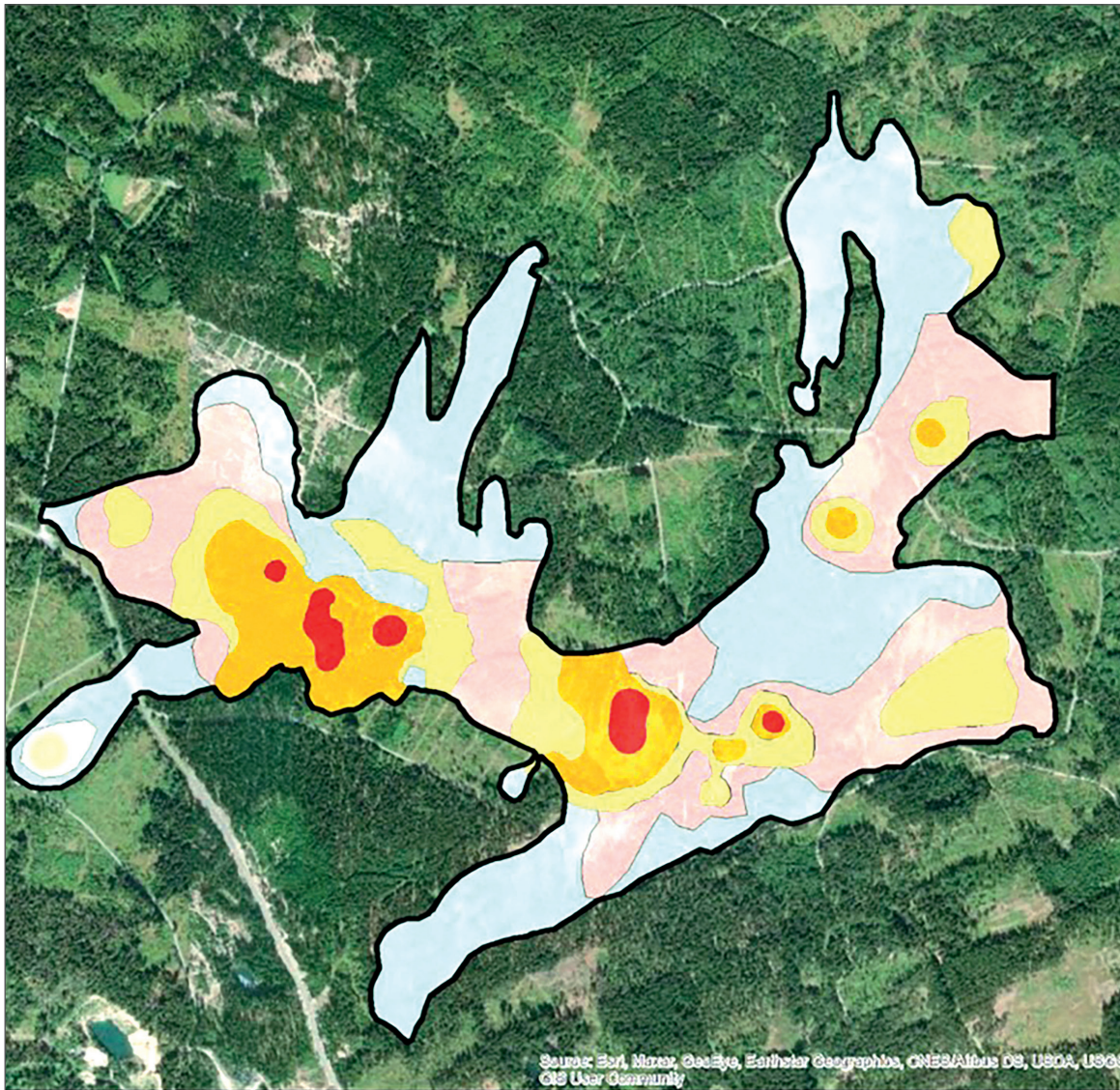
Bei geringem Wasserstand kann mehr Grundwasser in Fließgewässer strömen und kühle Zonen schaffen, besonders in Trockenperioden. Wenn dieses meist sauerstoffarme Grundwasser reich an Eisen ist, kann die chemische Umsetzung des Eisens zusätzlich Sauerstoff im Bach verbrauchen und das Wasser braun färben. Dieses Phänomen wird als Verockerung bezeichnet.



Gefrierkern eines Gewässerbetts: hohe Anteile an Feinsediment verstopfen das Lückensystem und beeinträchtigen die Lebensraumqualität.



Grundwasser mit geologisch bedingt hohem Eisengehalt kann zur Sauerstoff zehrenden Verockerung führen. Diese ist an der rostbraunen Wasserfarbe erkennbar.



Die Neukartierung des Niedermoors am Lehestenbach im Fichtelgebirge 2020 zeigte einen Rückgang um 42% der Fläche gegenüber dem Jahr 1986. Der Anteil von über einen Meter dicken Torfkörpern ist inzwischen gering (Bild: Lisa Kaule)

Niedermoore schwinden

In Mittelgebirgen haben kleinere Einzugsgebiete mit einer verringerten Wasserverfügbarkeit insbesondere im Sommer zu kämpfen, wenn Regen ausbleibt und die Verdunstung zunimmt. Solcher Wassermangel führt zu einer zunehmenden Degradierung von Wäldern und Feuchtgebieten, sowie zum Verlust von Artenvielfalt.

Viele Mittelgebirgsbäche sind in Waldgebieten von Niedermooren umgeben. Diese Feuchtgebiete stehen doppelt unter Druck weil sie in der Vergangenheit für bessere Holzträge entwässert oder zum Torfabbau genutzt wurden und weil zukünftig mit einer verringerten Wasserverfügbarkeit zu rechnen ist.

Klimamodelle prognostizieren in Simulationen bis 2100 Wasserverluste im Einzugsgebiet des Lehestenbachs im Fichtelgebirge. Diese Verluste, verursacht durch abnehmende Niederschläge im Sommer und steigende Temperaturen, führen zum Rückgang von Moorflächen. Moore sind jedoch wertvolle Lebensräume, die große Mengen Kohlenstoff speichern und so zum Klimaschutz beitragen. Ihr Abbau setzt diesen gespeicherten Kohlenstoff in Form von CO_2 wieder frei, was die Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre erhöht und den Klimawandel weiter antreibt. Dies unterstreicht den direkten Zusammenhang zwischen Klimawandel, Entwässerung und ökologischen Veränderungen und die große Bedeutung des Landschaftswasserhaushalts.

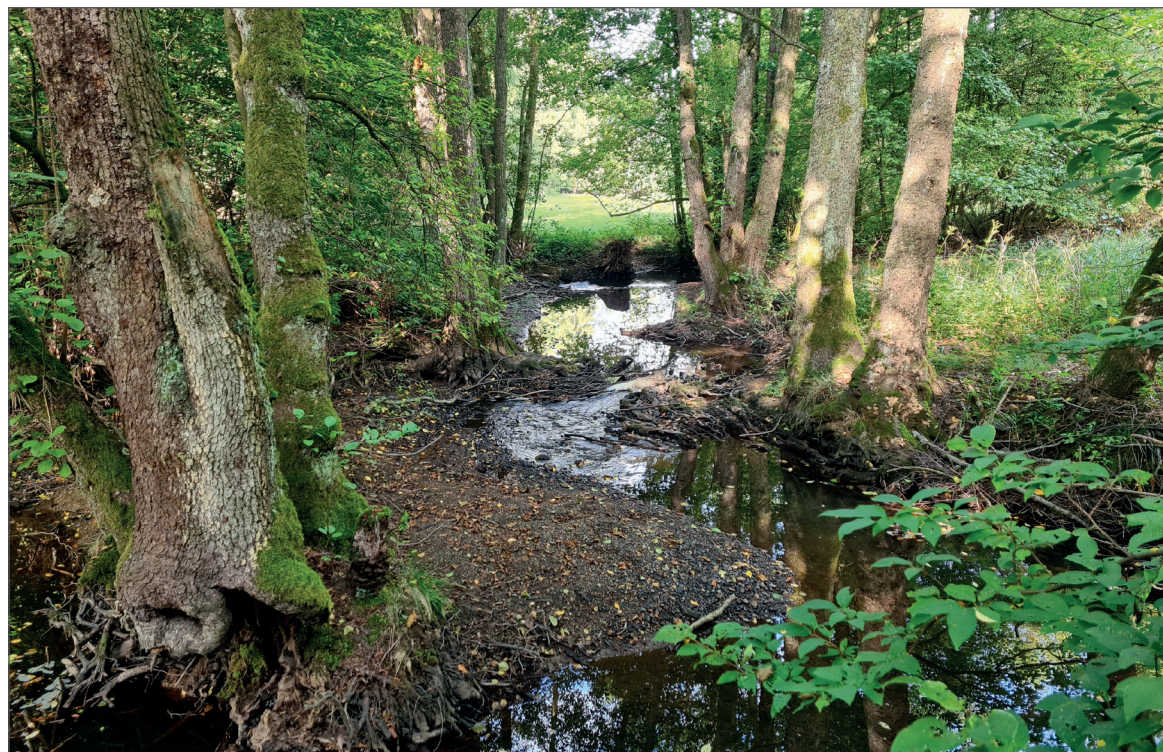
Was ist zu tun um den Lebensraum Wasser besser zu schützen?

Handlungsempfehlungen

- **Naturnahe Gewässerdynamik** schaffen
- **Sedimenteintrag** verringern
- **Landschaftswasserhaushalt** stärken
- **Mindest-Abflussmenge** sichern
- **Wassertemperatur** begrenzen

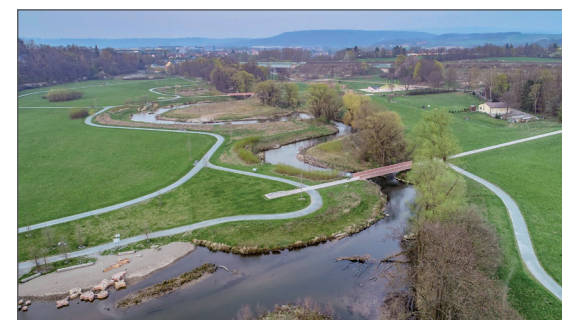
Das Zusammenwirken von erhöhten Wassertemperaturen und Feinsedimenteinträgen ist für viele Süßwasserorganismen wie kieslaichenden Fischen und gefährdeten Muschelarten schädlich. Eine bodenschonende Bewirtschaftung, ein verstärkter Wasserrückhalt in der Fläche und die Restaurierung von Gewässern bilden wichtige Gegenmaßnahmen.

Dabei sind Synergien zu erwarten: Der Rückbau von Staustrecken wirkt der Wassererwärmung entgegen und erleichtert Fischen das Wandern in noch verfügbare Refugien. Wasserrückhalteflächen, Pufferzonen und Grünstreifen, bewachsene Mulden und Gräben verringern auch das Hochwasserrisiko flussabwärts und lassen verstärkt Regenwasser vor Ort versickern – dies führt zu einem ausgeglicheneren Landschaftswasserhaushalt.



Niedrigwasser im Oberlauf eines Bachs in Nordbayern im Spätsommer 2022. Baumwurzeln und ein Teil des Bachbetts liegen frei, aber noch kann Grundwasser den Bach speisen.

Bodenschonendes Bewirtschaften verhindert Erosion und verbessert die Kohlenstoff- und Wasserspeicherung im Boden, wodurch er fruchtbarer wird. Die Praxisplattform für Boden- und Gewässerschutz «boden:ständig» bietet hier bewährte und innovative Lösungsansätze, deren Umsetzung in Kooperation mit Landwirten und Kommunalpolitik großes Potential zeigt.






Renaturierte Rotmainaue am Stadtrand von Bayreuth: Hier wurden Synergien zwischen Hochwasserschutz und naturnaher Flussdynamik genutzt

Verlust aquatischer Pflanzen



Im Rahmen des Verbundprojekts BLIZ wurden die Folgen des Rückgangs von Makrophyten in bayerischen Seen analysiert. Speziell wurde der Zusammenhang zwischen verschiedenen Wasserpflanzenarten und Faktoren wie Trübung und Nährstoffgehalt unter standardisierten Bedingungen evaluiert. Die Untersuchungsergebnisse legen nahe, dass Änderungen im Klima und in der

Landnutzung potenziell zu einem Verlust dieser aquatischen Pflanzenarten beitragen können. Sie sind essenzielle Bestandteile aquatischer Ökosysteme, da sie die Wasserqualität beeinflussen, Habitate für viele Organismen bieten und zur Stabilisierung des Sediments beitragen. Ein Artenverlust kann demnach signifikante ökologische Konsequenzen nach sich ziehen.

Artengruppen	Beispielart	Temperatur		Lichtabschwächung		Nährstoffbelastung			Szenario		
		+2°C	+4°C	+25%	+50%	gering	mäßig	hoch	BLIZ1	BLIZ2	BLIZ3
Nährstoffe liebende Arten "eutroph"	Schmalblättrige Wasserpest <i>Elodea natallii</i> 	▲	▲	▲	—	▼	—	▲	—/▼	▲	▲
Nährstoffe tolerierende Arten "mesotroph"	Ähriges Tausendblatt <i>Myriophyllum spicatum</i> 	▲	—	▼	▼	▼	▲	—	—	—	▼
Nährstoffe meidende Arten "oligotroph"	Zerbrechliche Armleuchteralge <i>Chara glubaris</i> 	▼	▼	—	—	▲	—	▼	▲	▼	▼

▼ Wachstumsrückgang ▲ Wachstumszunahme — Keine Veränderung

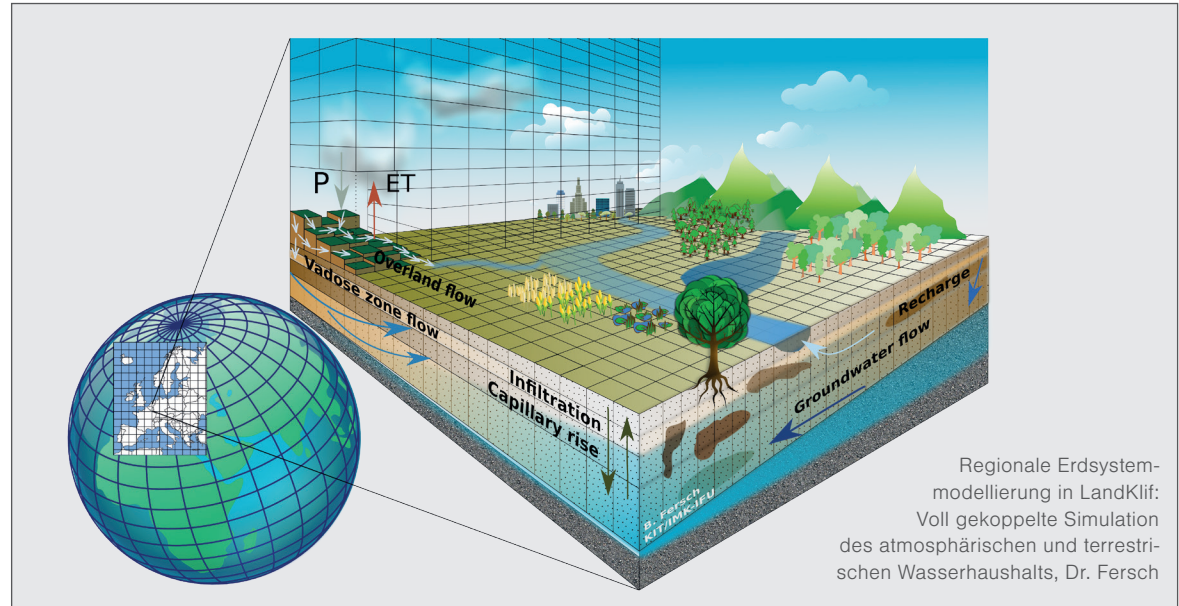
Ergebnisse der Wachstumsversuche: Einfluss der Umweltbedingungen auf die Makrophytenentwicklung. Steigende Temperaturen und Trübung können, in Abhängigkeit von der Nährstoffsituation, zu einem deutlichen Rückgang der Unterwasservegetation führen. Nur im Biodiversitäts-Szenario kommt es zum Rückgang der Nährstoffeinträge, was eine Förderung der oligotrophen Arten zur Folge hat. (Vergleiche Seite 38)

Steigende Temperaturen und variablere Niederschläge

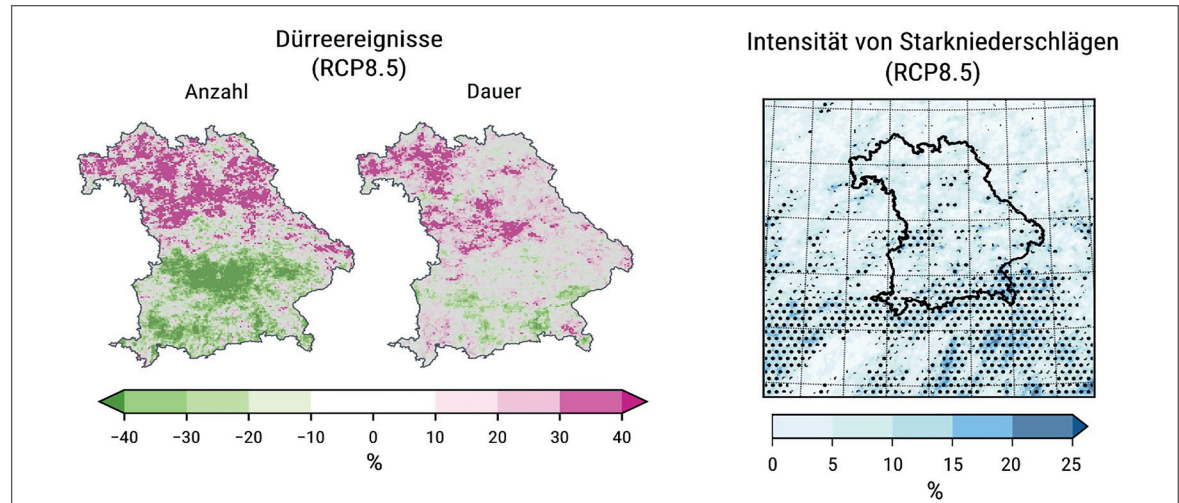
Klimaprojektionen – Bayern 2050

Bis Mitte des 21. Jahrhunderts ist mit einer weiteren Temperaturzunahme um durchschnittlich 0,5 bis 1,0 °C bezüglich der Referenzperiode 1991-2020 zu rechnen. Räumlich hochaufgelöste Modellrechnungen von LandKlif legen zudem nahe, dass die Erwärmung in der Höhenstufe zwischen 2000 und 2500 m auf Grund von Schnee-Albedo-Rückkoppelung am stärksten ausgeprägt ist. Hieraus ergeben sich beispielsweise Risiken durch das Auftauen von Permafrostböden im Hochgebirge, da ein Nachlassen der stabilisierenden Wirkung von Frost- und Eisschichten Felsstürze und Hangrutschungen begünstigt.

Die projizierten jährlichen Niederschlagsmengen zeigen keinen einheitlichen Trend und liegen nahe an der Referenzperiode. Hinsichtlich der Häufigkeit und Dauer von Trockenperioden ist jedoch für Regionen nördlich der Donau von einer Zunahme auszugehen. Für den nördlichen Alpenrand und das angrenzende Alpenvorland wird eine Zunahme der Intensität kurzer, räumlich begrenzter Starkniederschlagsereignisse projiziert.



Dürre und Starkniederschläge je nach Region





■ Bayerns Wälder im Spannungsfeld Zwischen Trockenheit und Schädlingsturbulenzen

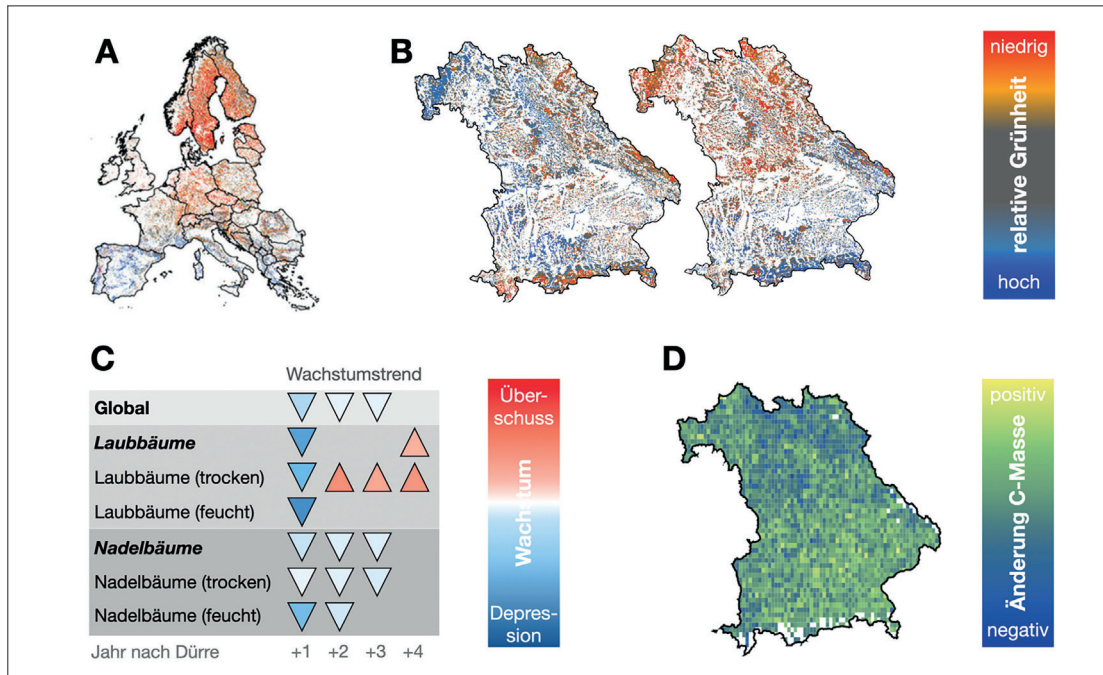
Langsame Anpassungsprozesse

Der Lebensraum Wald ist ein zentraler Bestandteil der bayerischen Landschaft und verdient mit seinen vielfältigen Funktionen und Ökosystemleistungen unsere Wertschätzung und besonderen Schutz. Aufgrund der langen Lebensdauer von Bäumen können sich Waldökosysteme jedoch nur vergleichsweise langsam an neue Umweltbedingungen anpassen. Aus diesem Grund stehen Wälder in Zeiten globaler Klimaveränderungen

unter erhöhtem Druck. Für eine bessere Abschätzung der langfristigen Entwicklung von Produktivität, Kohlenstoffspeicherung und Artenzusammensetzung der bayerischen Wälder werden daher robuste Vorhersageinstrumente benötigt.

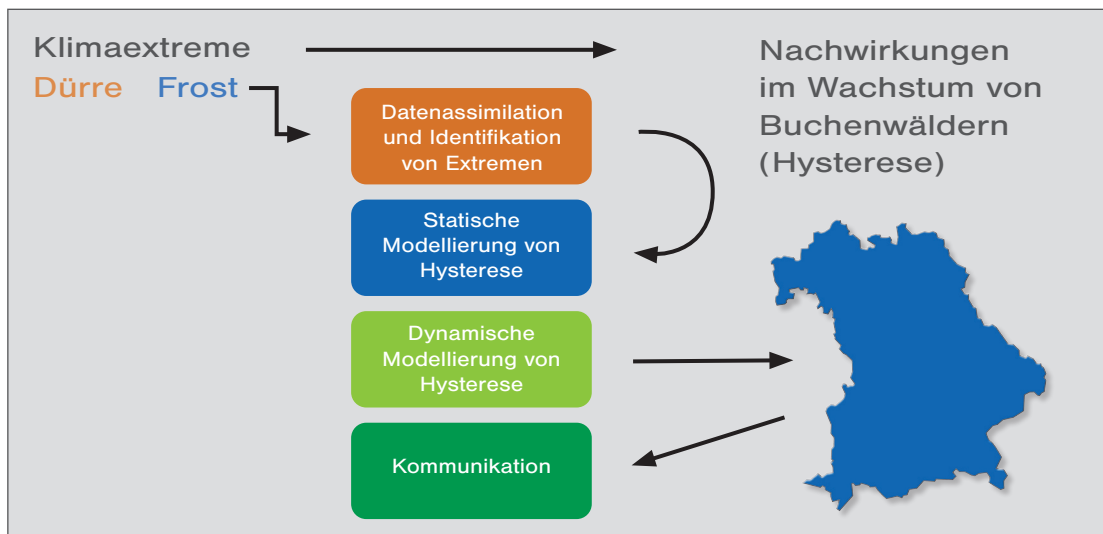
Eine regionale Beurteilung der Vitalität des Waldes und die Entwicklung eines Prognosemodells für die bayerischen Buchenwälder wurden durch das Juniorforschungsprojekt **HyBBEx** durchge-

führt. Die Forschungsgruppe hat den Waldzustandsmonitor entwickelt, eine benutzerfreundliche Webanwendung, die Änderung der Vitalität der Wälder anhand von Satellitendaten erfasst. Dies ermöglicht u.a. die Bestimmung der Erholungszeit nach Klimaextremen. Mithilfe von Jahringdaten wurden Erholungsdauern nach Dürre ermittelt und zur Verbesserung der Wachstumsprognosen genutzt.



Ausschnitte aus dem Waldzustandsmonitor (Buras et al. 2021), dargestellt ist jeweils die relative Grünheit als Maß für die Vitalität.

- A: Auswirkungen des Trockensommers 2018 auf die Vitalität der Waldbestände in Europa.
- B: regionale Auswirkungen eines Spätfrostereignisses am 4. Mai 2011 in Bayern auf die Vitalität der Wälder (links: vorher, rechts: nachher).
- C: Quantifizierung mehrjähriger Wachstumseinbußen auf der Basis von Jahrringdaten (Leifsson et al. 2023).
- D: Änderung des Kohlenstoffvorrats in bayerischen Buchenwäldern durch die Berücksichtigung von Spätfrosteffekten im dynamischen Vegetationsmodell (Meyer et al. in review).

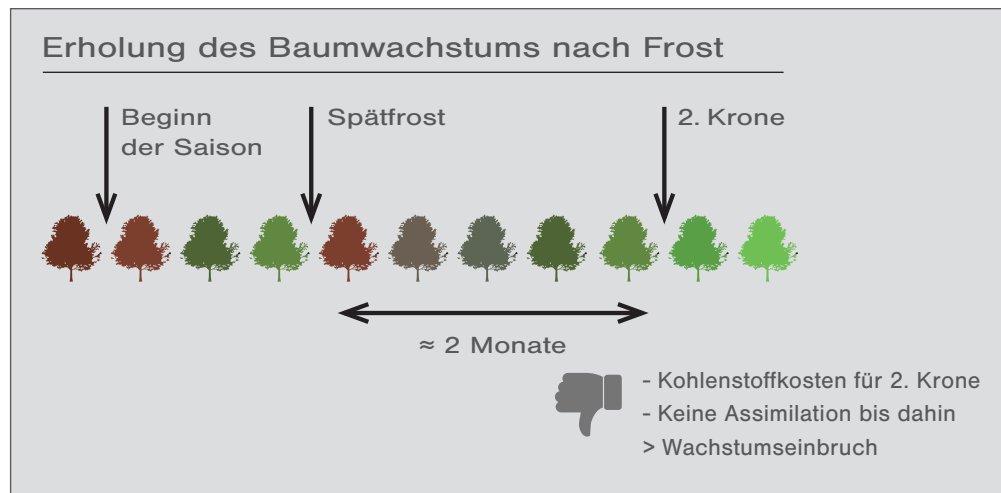
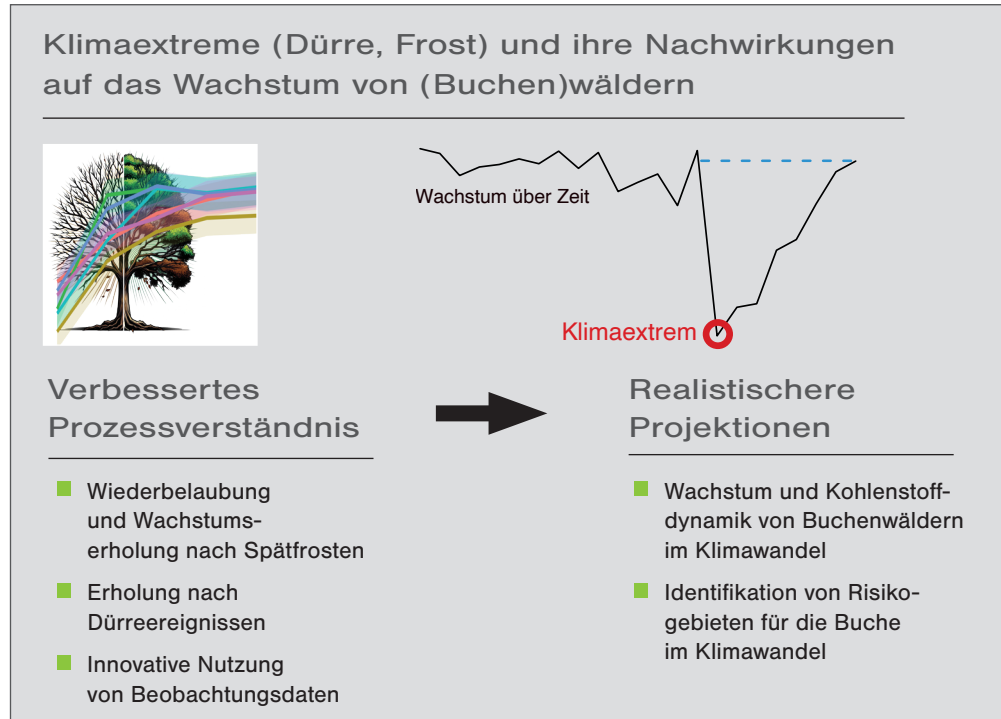




Spätfröste und deren Folgen

Das Konzept der *functional legacies* liefert zusätzliche Daten zur Modellentwicklung. Um das Wachstum von Buchenwäldern in Bayern unter künftigem Klimawandel genauer vorhersagen zu können, wurde ein neuer Ansatz entwickelt. Dieser Ansatz betrifft Spätfröste und berücksichtigt, wie die Bäume nach Frost ihr Laub verlieren und später wieder belaubt werden.

Dieser Ansatz wurde erfolgreich überprüft und wird nun mit der dynamischen Modellierung von Dürrestress gekoppelt. Durch diese Kombination können wir bessere Vorhersagen darüber treffen, wie sich Buchenwälder unter zukünftigem Klima entwickeln werden, einschließlich ihrer Ökosystemdynamik und der Speicherung von Kohlenstoff.



Biegler und Bugmann, 2018, Scientific Reports
 Menzel, Helm & Zang, 2015, Functional Plant Ecology

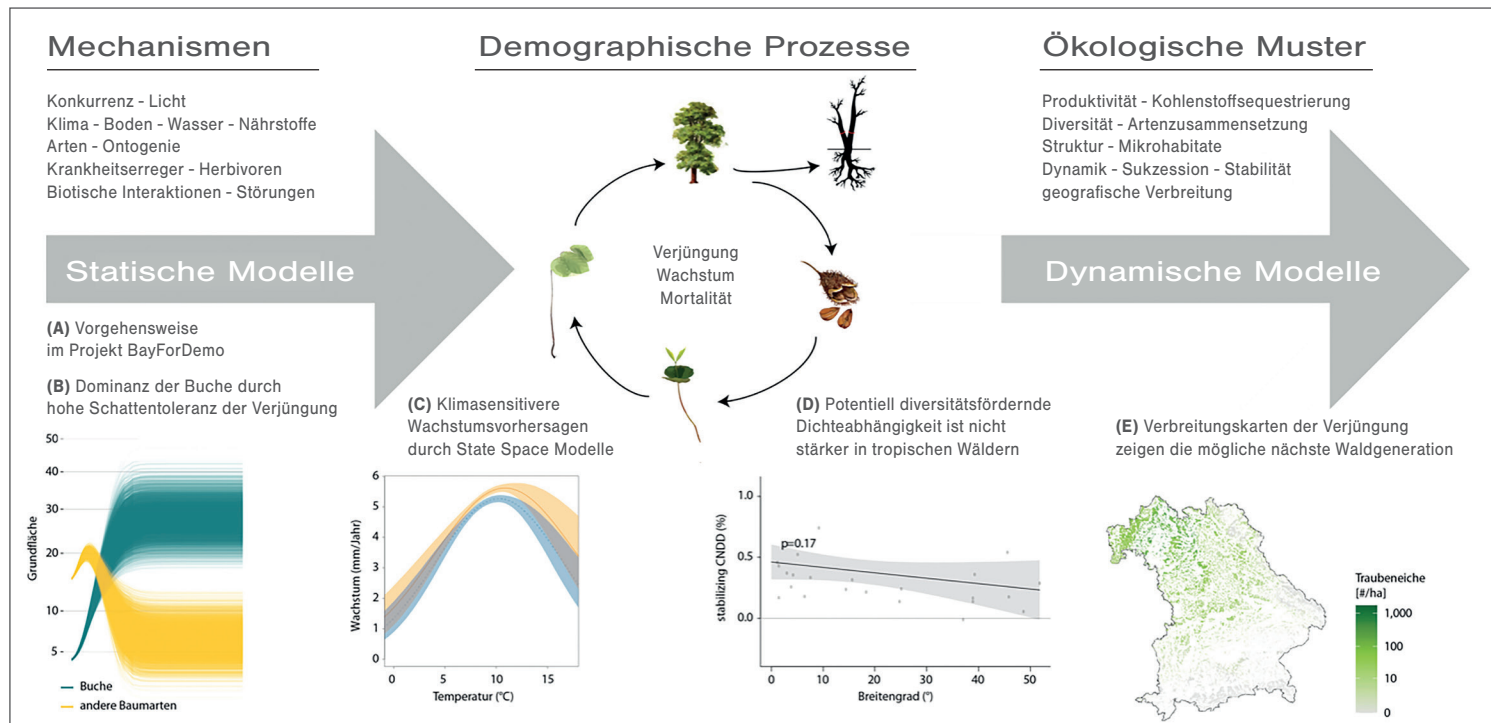
Waldentwicklung aus einer holistischen demographischen Perspektive

Die Juniorforschungsgruppe **BayForDemo** hatte das Ziel, Anpassungsstrategien an den Klimawandel für bayerische Wälder zu entwickeln.

Sie nutzten eine Simulationsumgebung zur Vorhersage der Waldentwicklung, die Wachstum, Sterblichkeit und Verjüngung der Bäume unter Einfluss von Klima und biotischen Faktoren beschreibt.

Dies ermöglichte eine bessere Einsicht in die Vielfalt europäischer Baumarten, Variabilität innerhalb von Arten und Umwelteinflüssen. Die datengestützten Simulationsergebnisse helfen bei Risikoana-

lysen, Baumartenwahl und Wachstumseinschätzungen zur forstwirtschaftlichen Planung. Die Identifizierung unsicherer Prozesse, Baumarten oder Regionen ermöglicht gezieltes Monitoring. Neue Daten können flexibel in diesen Rahmen integriert werden, um die Simulation kontinuierlich zu verbessern. Die Arbeiten der **BayForDemo** Forschungsgruppe tragen zur Anpassung in der Bewirtschaftung bayerischer Wälder bei, so dass ihre Funktionen langfristig erhalten werden können.



Überblick über die Juniorforschungsgruppe BayForDemo

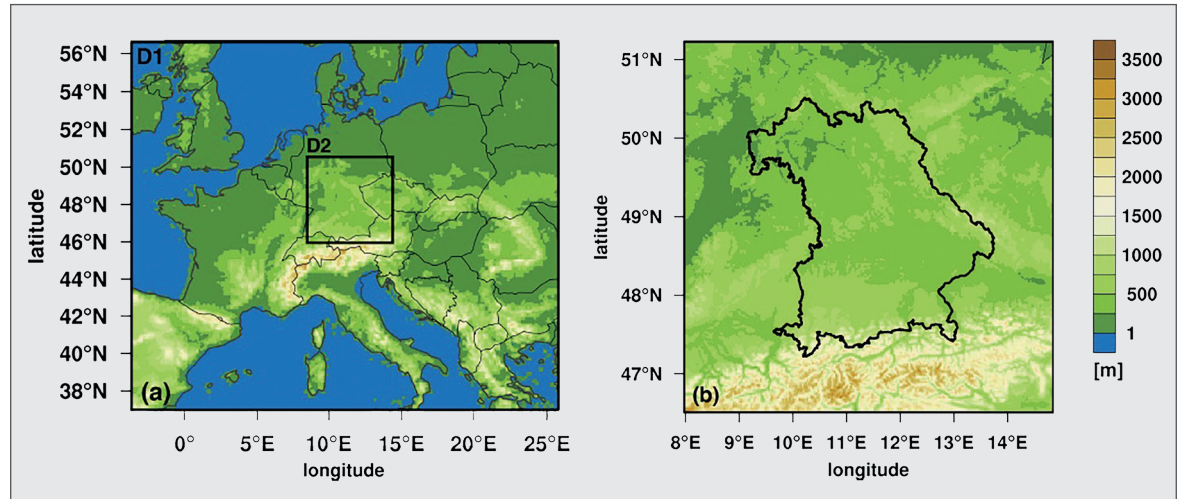
- (A) Vorgehensweise
- (B) Langfristige Entwicklung der Artenzusammensetzung simuliert mit dem JAB-Modell
- (C) Baumwachstum der Buche in Abhängigkeit der Temperatur basierend auf einem State Space Modell
- (D) Vergleich der mittleren Dichteabhängigkeit zwischen tropischen und temperaten Wäldern
- (E) Interpolierte Verbreitung der Traubeneiche in der Verjüngung in Bayern

Geeignete Klimamodelle für Bayern

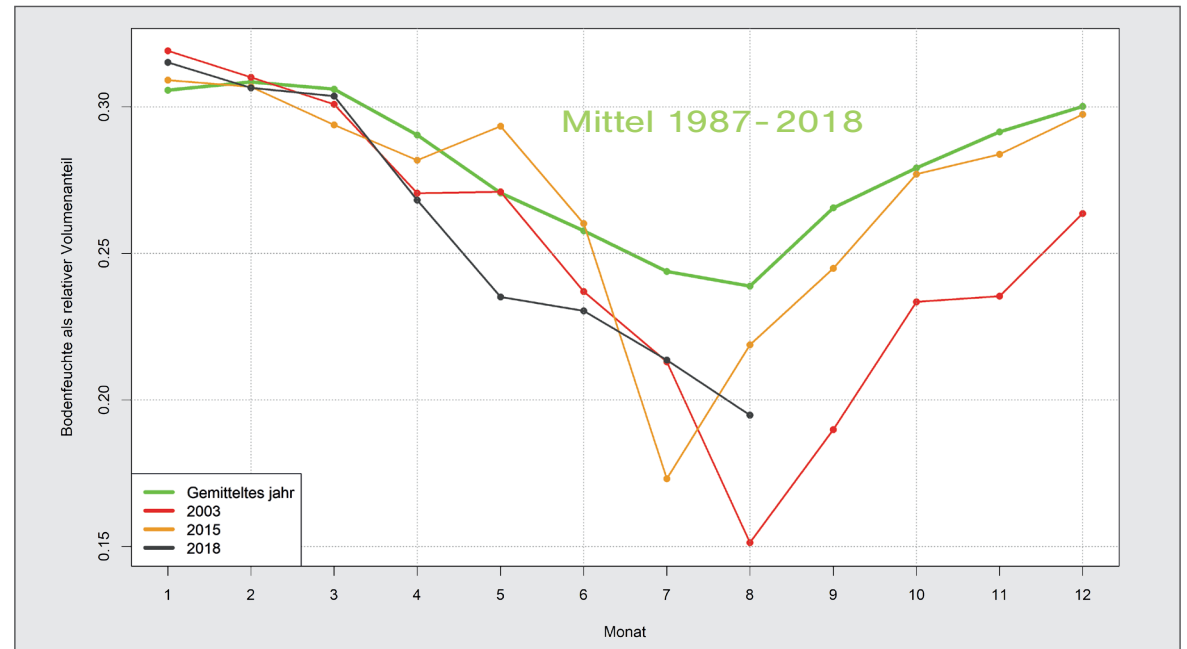
Bayerns abwechslungsreiche Landschaft gliedert sich in viele kleine Klimabereiche, die in großflächigen Klimastudien oft übersehen werden. Das Projekt **BayTreeNet** hat deshalb spezielle Methoden entwickelt, um geeignete Klimamodelle für Bayern zu finden. Dabei wurde ein sehr detaillierter Datensatz für Klimasimulationen mit einem Umfang von 55 Terabyte erstellt. Dabei liegt ein wichtiger Fokus auf der Modellierung von Großwetterlagen (GWL) und der Resilienz der Hauptbaumarten. Die Studie zeigt, dass heimische Baumarten in den letzten 25 Jahren verstärkt abhängig vom Niederschlag wachsen. Selbst in feuchteren Hochlagen wie der Rhön, dem Fichtelgebirge und dem Bayerischen Wald ist dieser Trend bereits sichtbar. Bereits kurze Dürrephasen von drei Wochen beeinträchtigen das Wachstum von Waldkiefern, besonders in tieferen Lagen.



Blick über den Rothsee in der Rhön

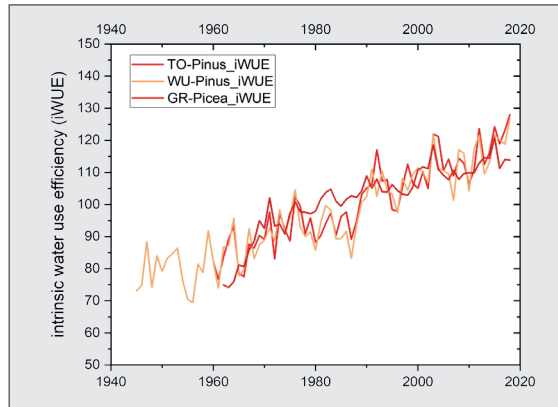


Domäne neuer regionaler Datensatz, 1987-2018 (Collier & Mölg, 2020)

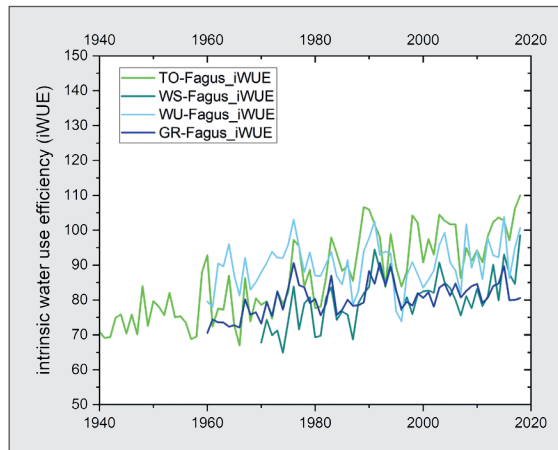


BayTreeNet, Bodenfeuchte (0-7 cm) in drei Hitzesommern im Vergleich zum 30-jährigen Mittel im Knoblauchsland (Schneider, 2019)

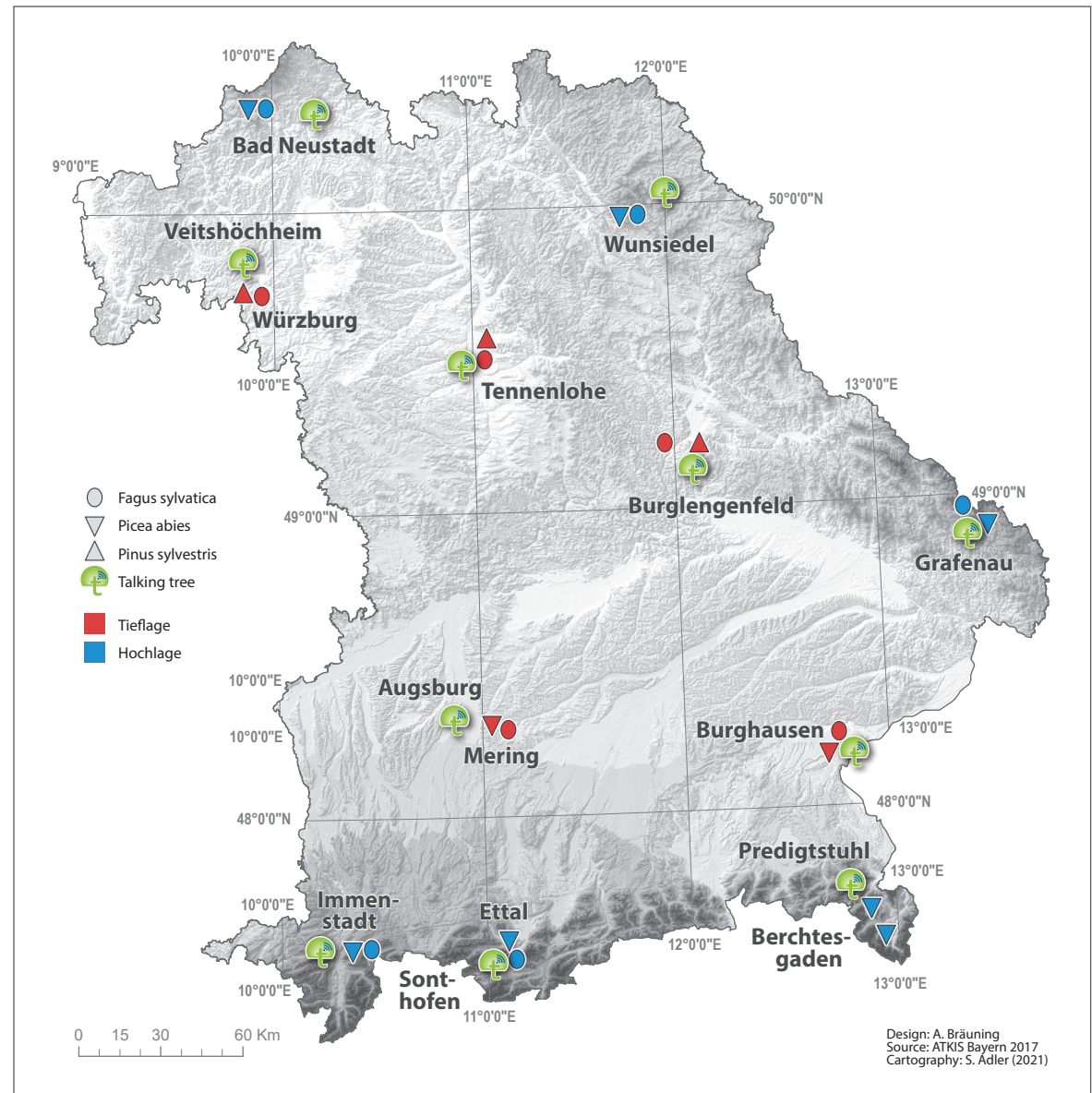
Die Bestimmung der intrinsischen Wassernutzungseffizienz (iWUE) zeigt, dass Trockenstress zu reduziertem radialem Wachstum führt. Dieser Effekt variiert regional und ist artspezifisch. Die Kiefer in tieferen Lagen wuchs sowohl in Dürre-jahren als auch danach weniger.



iWUE von Kiefern steigt steil an, insb. nach 1990
 > **Indikator für starken Dürrestress!**



iWUE von Buchen steigt an
 > **Moderater Dürrestress!**



Lokalitäten der Wald-Untersuchungsstandorte und der „talking trees“ über den Freistaat Bayern verteilt

Früher Kronenaustrieb und seine Folgen

Die Ergebnisse von LandKlif zeigen, wie der Klimawandel die Bedingungen in Wäldern verändert. In Buchenwäldern beginnt der Kronenaustrieb früher und beschattet damit den Waldboden länger. Dadurch bleibt dem Unterwuchs weniger Zeit, das Licht vor dem Kronenaustrieb zu nutzen. Das beeinträchtigt ökologische Prozesse wie Fotosynthese, Kohlenstoffaufnahme und Waldverjüngung. Die Klimaerwärmung könnte den Insektenreichtum und die Biomasse in Wäldern negativ beeinflussen kann, da eine frühere und gleichmäßigere Begrünung stattfindet. Vielversprechende Anpassungsstrategien sollten sich auf die räumliche Variabilität der Begrünung in Wäldern konzentrieren und somit die Pflanzenarten- und Strukturvielfalt fördern und Risiken durch Spätfröste abmildern. Die Population von Rehwild nimmt in agrar-beeinflussten Gebieten mit milden Wintern zu, was zu mehr Verbiss im Wald führt und die natürliche Regeneration, Struktur und Vielfalt der Wälder beeinträchtigt. Die höchsten Dichten von Rehwild wurden in solchen Gebieten festgestellt.

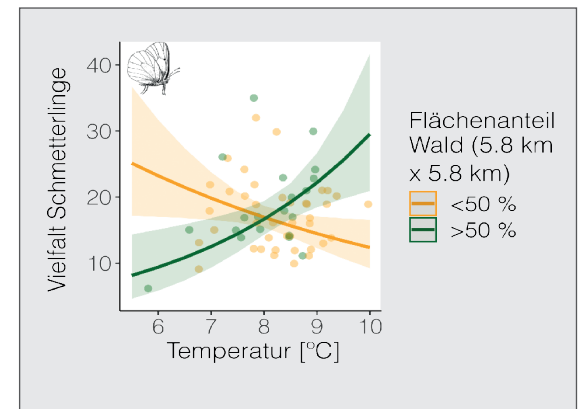
Waldlichtungen kommt eine große Bedeutung in Hinblick auf Artenvielfalt und Ökosystemleistungen zu. Kleine können durch selektive Entnahme von Einzelbäumen geschaffen werden. Dies fördert Artenvielfalt, Widerstandsfähigkeit, Waldregeneration und Kohlenstoffspeicherung. Ebenso ist die Förderung von artenreichen Wäldern wichtig.



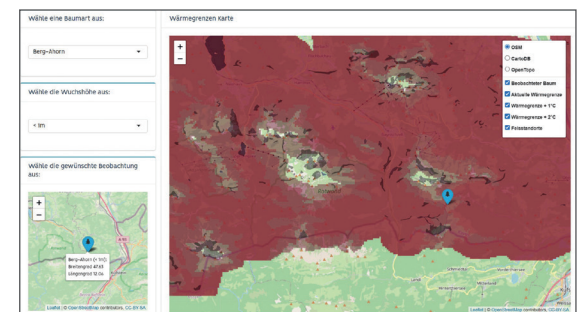
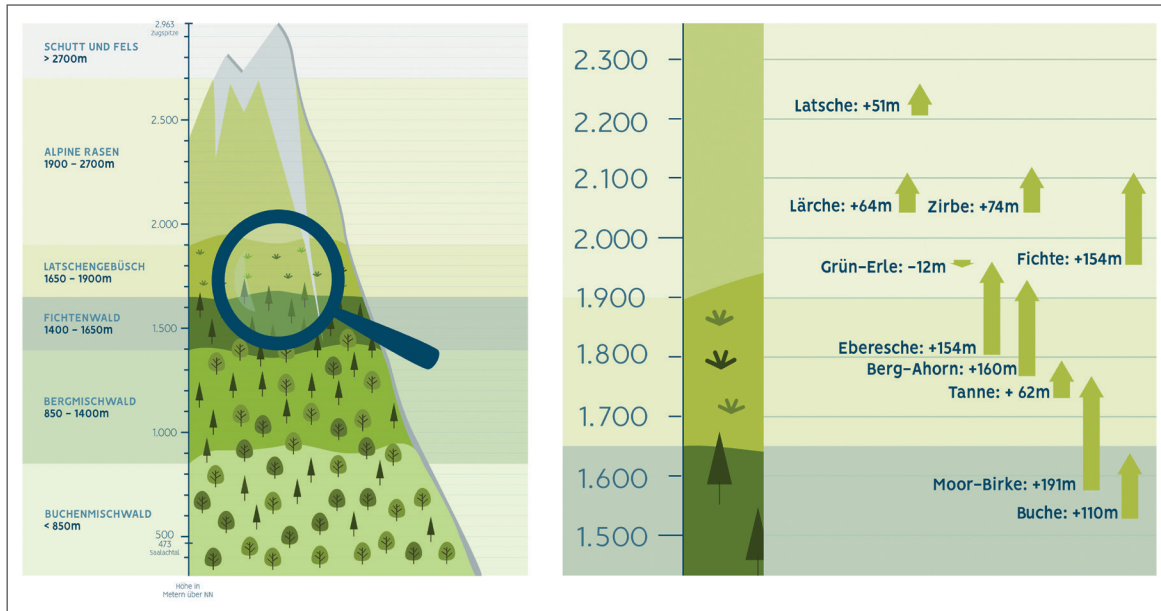
Rehgeiß mit Kit, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)



Buchenaustrieb im Unterwuchs. Die klimabedingte Lichtverringerung im Unterwuchs hat negative Auswirkungen auf Fotosynthese, Kohlenstoffspeicherung und die natürliche Waldverjüngung. Foto: Lars Uphus.



Auf regionaler Ebene nahm die Zahl der Schmetterlingsarten mit höheren Temperaturen zu, wenn der Anteil der Wälder in dem Gebiet mehr als 50 % betrug.



App TreelinePredict zur Baumgrenzenverschiebung (BAYSICS)

Bergauf in den Bayerischen Alpen Anstieg der Baumarten und Wandel des Bergwalds

Ein Vergleich von historischen Aufzeichnungen mit aktuellen Beobachtungen in **BAYSICS** zeigt, dass Baumarten in den Bayerischen Alpen heute in höheren Lagen vorkommen als vor rund 170 Jahren. Jedoch verläuft dieser Anstieg langsamer als die Änderungen der Isothermen im Klimawandel.

Besonders oberhalb der Wald- und Baumgrenze, wo Gräserkonkurrenz und felsige Bedingungen vorherrschen, ist der Anstieg der Baumarten sehr langsam. In niedrigeren Lagen, wo sich Jungpflanzen im Bergwald oder zwischen Latschen leichter etablieren können, sind einzelne Baumarten deutlich mehr angestiegen.

Infolgedessen ändert sich die Zusammensetzung des Bergwaldes, wodurch Ökosystemleistungen wie Lawenschutz, Hochwasserschutz und Kohlenstoffspeicherung beeinflusst werden. Besondere Veränderungen werden in den kommenden Jahrzehnten in den weitläufigen und schwer zugänglichen Latschenfeldern erwartet, wo bereits viele junge Bäume darauf warten, sich weiter auszubreiten.



■ Bayerns Natur- und Agrarflächen Bedrohung der Artenvielfalt

Veränderungen der Artenvielfalt und Ökosystemleistungen

Studien aus ADAPT, LandKlif und MintBio zeigen, die Insektenlandschaft wandelt sich, die Biomasse und der Artenreichtum verschiedener Insektengruppen ist in den letzten Jahren dramatisch zurückgegangen.

Beispielsweise scheinen die Wildbienen von den steigenden Temperaturen zu profitieren, es finden sich mehr Individuen und mehr Arten, insbesondere kleinere Wildbienenarten. Die mittlere Höhen-

verbreitung vieler Wildbienen, und vor allem der Hummeln, verschob sich in Richtung der Berggipfel.

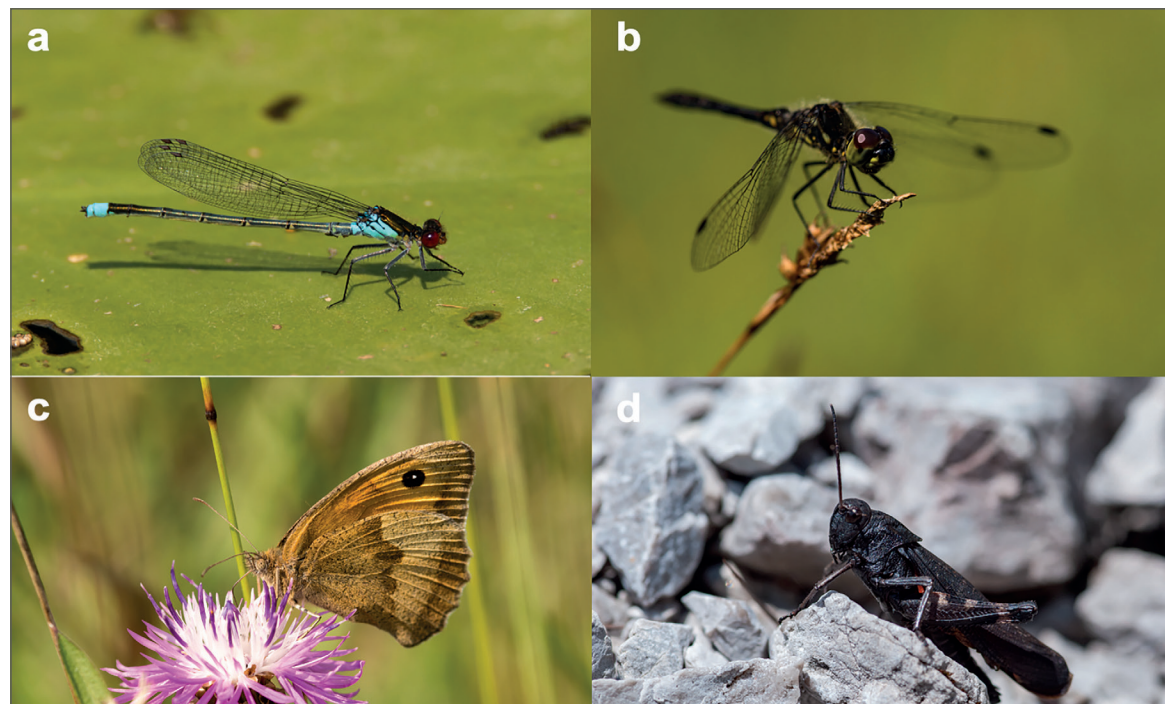
Eine Untersuchung von Genexpressionsmustern der Hellen Erdhummel, *Bombus lucorum*, legte nahe, dass eine solche Verschiebung weniger durch Hitzestress in Tallagen als durch die energieeffizientere Nutzung von Blühressourcen in Höhenlagen getrieben ist.



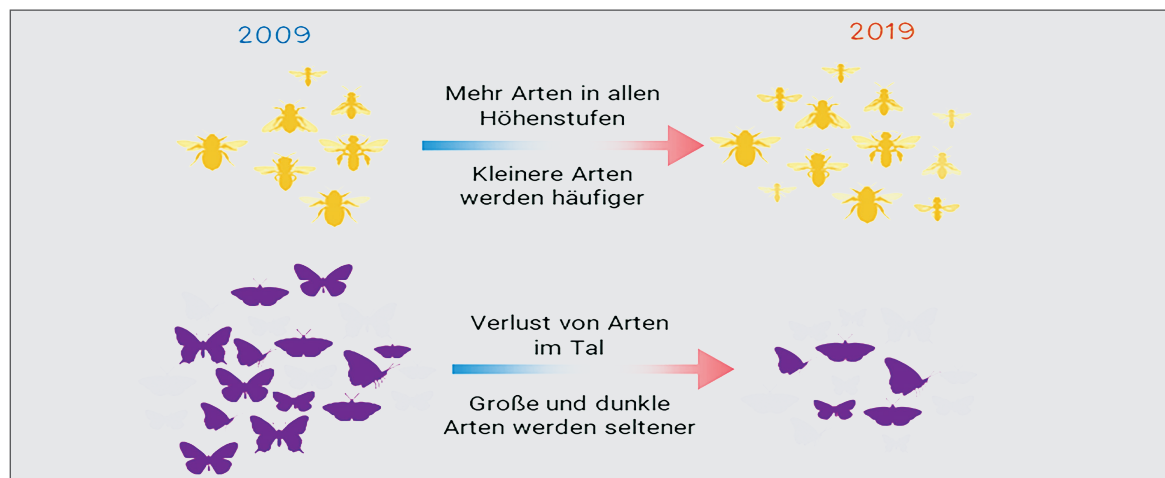
Bei den Tagfaltern zeichnete sich ein anderes Bild ab: 10 Jahre nach dem ersten Tagfaltermonitoring konnte nur noch die Hälfte des ursprünglichen Bestandes nachgewiesen werden. Der maximale Artenreichtum hatte sich aus den Tallagen in die mittleren Höhenlagen verschoben. In den Tallagen wurde ein deutlicher Verlust an Arten festgestellt. Dieser ließ sich dadurch erklären, dass sich in wärmeren Jahren alpine Arten zunehmend aus den Tallagen in die mittleren Höhenlagen zurückgezogen hatten. Diese Entwicklung führte zusätzlich zur Entkopplung zwischen den Schmetterlingen und deren assoziierten Futterpflanzen und somit zum Verlust der Plätze für die Eiablage.

Innerhalb der Gemeinschaften wurden vor allem große und dunkle Tagfalter seltener, was darauf hinweist, dass diese Merkmale die Anpassung an wärmere Temperaturen erschweren. Zum gleichen Ergebnis kam auch **MintBio** in Bezug auf die Färbung von Libellen. Studien zeigten, dass sowohl Wildbienen als auch Tagfalter von einem reichen Angebot an Blüten und verschiedenen Wirtspflanzenarten profitierten.

Auch die gesamte Biomasse von Insekten stieg mit der Pflanzenvielfalt an. Eine extensive Beweidung fördert die Artenvielfalt von Pflanzen und damit indirekt auch die Insekten. Der Schutz von Kulturlandschaften zahlt sich also doppelt aus – für Pflanzen und Insekten!



Klimawandel-Gewinner (a, c) und -Verlierer (b, d) in der bayerischen Insektenfauna der Libellen (a, b), Schmetterlinge (c) und Heuschrecken (d). a: Großes Granatauge (*Erythromma najas*; Kleinlibellen), b: Schwarze Heidelibelle (*Sympetrum danae*), c: Großes Ochsenauge (*Maniola jurtina*), d: Rotflügelige Schnarrschrecke (*Psophus stridulus*)

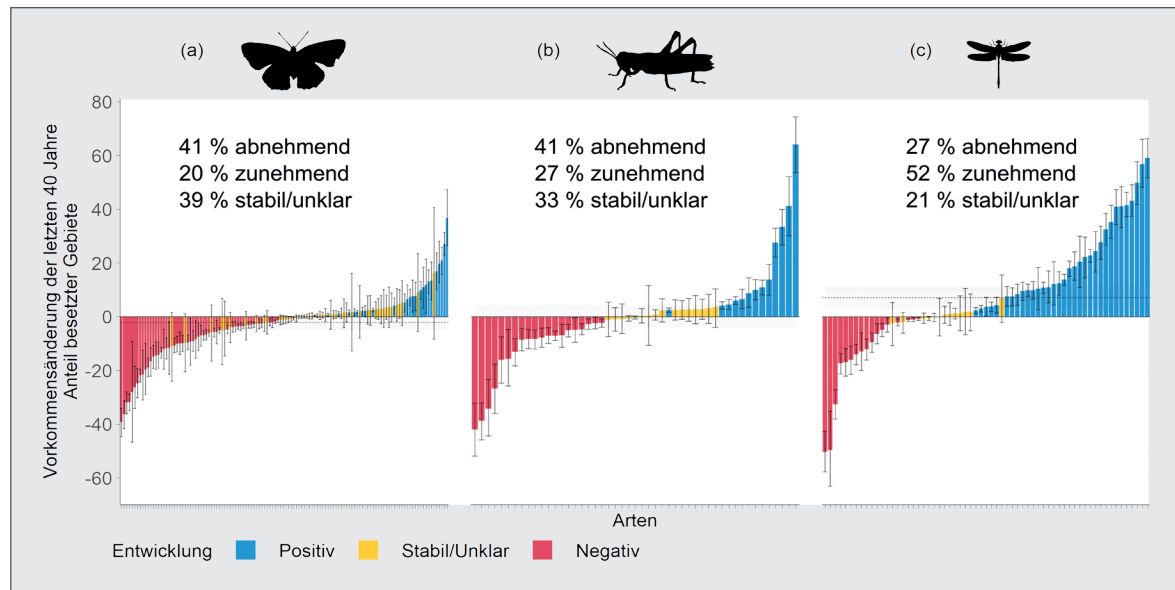


Ein umfangreiches Insektenmonitoring im Nationalpark Berchtesgaden in kalten und warmen Jahren belegt: Alpinen Insektengemeinschaften reagieren schnell auf wärmere Temperaturen (Maihoff et al. 2023, Kerner et al. 2023).

Wärmeangepasste Arten nehmen zu, kälteangepasste Arten nehmen ab

MintBio verfolgte das Ziel, Biodiversitätsprognosen zu erstellen, indem er eine Vielzahl von Daten, Methoden und Artengruppen miteinander integriert. So kann ein besseres Verständnis für die Auswirkungen des Klimawandels und der Landnutzungsänderungen auf die Tiervielfalt in Bayern erzielt werden. Dies ermöglicht realistischere Vorhersagen über Veränderungen in der Biodiversität und deren Ursachen.

Die Analysen enthüllten Veränderungen in Verbreitungsmustern und Farbmusterdynamiken. Auch die globale Bedrohung der Reptilienvielfalt durch den Klimawandel wurde in Betracht gezogen. Die gewonnenen Erkenntnisse tragen zu einem umfassenderen Verständnis der Auswirkungen des Klimawandels auf Bayerns Biodiversität bei und haben Relevanz für interdisziplinäre Forschung, Naturschutzpolitik und Klimaschutzmaßnahmen.



Trends in den Artenvorkommen von Schmetterlingen, Heuschrecken und Libellen in Bayern von 1980 bis 2019. Mit jedem Balken ist die Vorkommensveränderung (Veränderung der occupancy = des Anteil besetzter Gebiete) einer Art dargestellt. Horizontale gepunktete Linien (mit Konfidenzintervall in grau) stellen den Mittelwert über alle Arten der jeweiligen Insektengruppe dar. Modifizierte Grafik aus Engelhardt et al. (2022) Global Change Biology 28: 3998–4012.

Realistische Prognosen ...

- **besseres Verständnis der Auswirkungen des Klimawandels** (+ Landnutzungswandels) auf die zoologische Biodiversität Bayerns.
- **durch Integration verschiedener Daten(typen), Methoden, Skalen und taxonomischer Gruppen.**
- **realistischere Prognosen zu Biodiversitätsveränderung.**



Erfassung morphologischer (a, b) und physiologischer (c, d) Merkmale bei Heuschrecken (b, c) und Libellen (a, d) während der Feldarbeit 2020 und 2021.

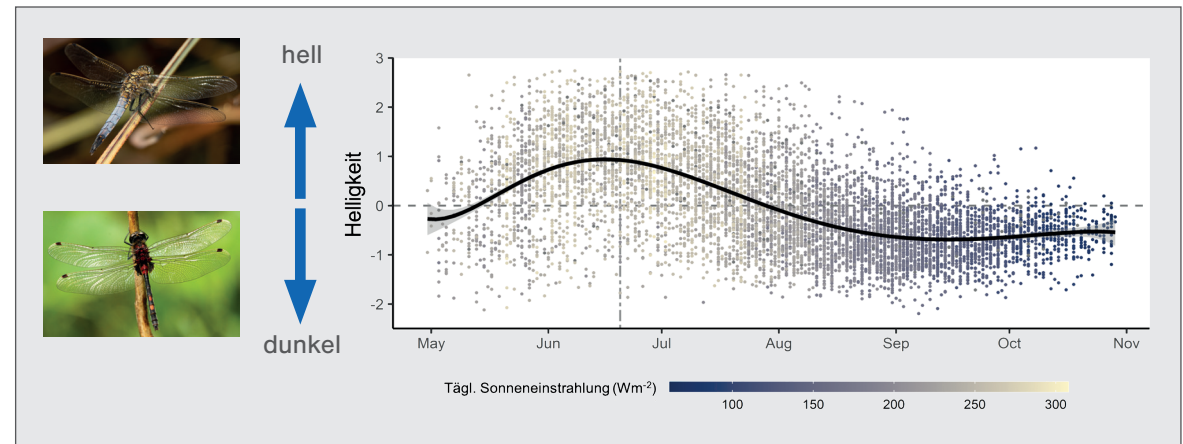
Jahreszeitliche Variation der Körperhelligkeit von Libellengemeinschaften

In den vergangenen 40 Jahren haben sich deutliche und dauerhafte Auswirkungen des Klimawandels auf die bayerischen Schmetterlinge, Heuschrecken und Libellen gezeigt. Arten, die Wärme bevorzugen, nehmen zu, während kälteliebende Arten abnehmen. Die durchschnittliche Körperhelligkeit von Libellengemeinschaften zeigt saisonale Schwankungen als Reaktion auf die Sonneneinstrahlung, vermutlich als Anpassung zur energetischen Optimierung. Allerdings hat der Klimawandel zu Verschiebungen im Farbmuster geführt.

Das bayerische Netzwerk von Schutzgebieten konzentriert sich hauptsächlich auf kühle Waldgebiete und Hochgebirgsregionen, während wärmere Gebiete mit landwirtschaftlicher Prägung einen geringeren Anteil an geschützten Gebieten aufweisen.

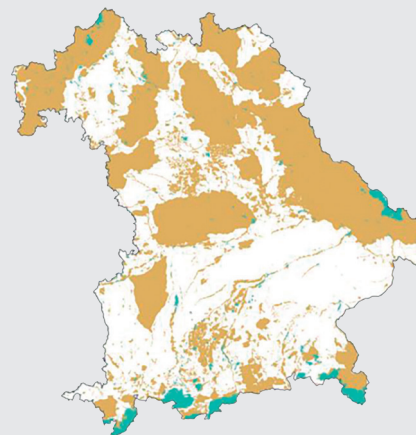


Hypothese: Durchschnittliche Helligkeit variiert aus energetischen Gründen mit der Sonneneinstrahlung (Frühjahr/Herbst: dunkel, Sommer: hell)



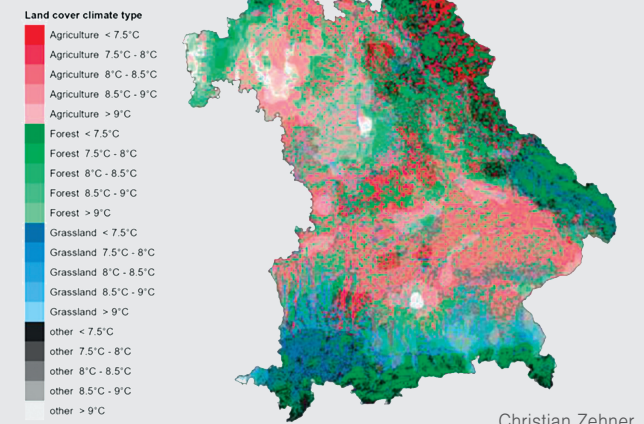
Novella-Fernandez et al. (in Begutachtung) Nature Communications

Schutzgebietsabdeckung von Bayern in 2009



Nationalparks und Naturschutzgebiete: **Grün** (hoher Schutz)
 Biosphärenreservate, FFH-Gebiete, Landschaftsschutzgebiete und Naturparks: **Gold** (niedriger Schutz), **Weiß**: kein Schutzstatus

Landbedeckung in Bayern und Jahresmitteltemperaturen (1970-2000)



Die Landbedeckung ist in landwirtschaftliche Ackerflächen, anthropogenes Grasland, Wald und andere Kategorien unterteilt. Die Helligkeit zeigt die Temperaturzonen an.

Die Entwicklungszyklen der Pflanzen ändern sich

Auch für eine Vielzahl der Pflanzen haben sich die Bedingungen geändert. Die Pflanzenphänologie befasst sich mit der Entwicklung von Pflanzen über das Jahr hinweg, einschließlich wichtiger Ereignisse wie Blattentfaltung, Blüte, Fruchtreife, Verfärbung und Blattfall. Diese Ereignisse sind stark vom Wetter abhängig. Wärmeres Frühjahr und Sommer führen zu früherer Blattentfaltung, Blüte und Fruchtreife. Im Herbst können höhere Temperaturen die Blattverfärbung und den Blattfall verzögern, wobei auch Wasser und Tageslänge eine Rolle spielen können.

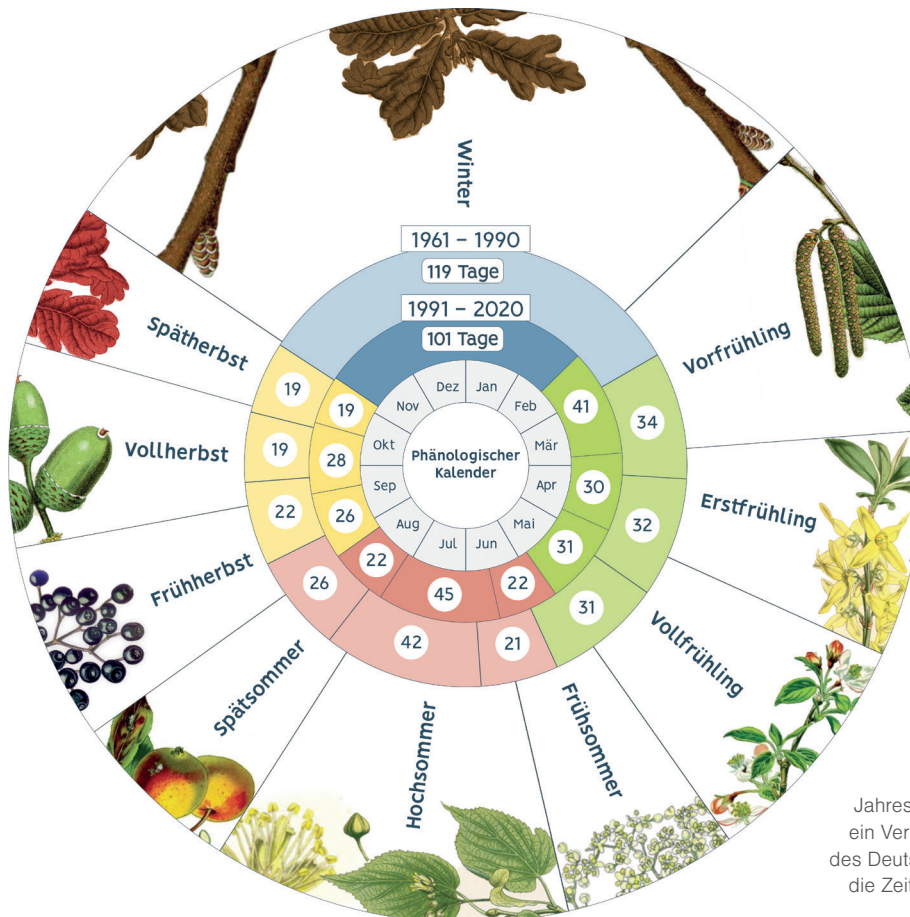
Der Klimawandel hat die Entwicklungszyklen der Pflanzen in Bayern seit 1951 stark verändert, indem er Ereignisse im Jahresverlauf vorverlagert hat und die Blattverfärbung im Herbst verzögert hat. Diese Veränderungen sind ein wichtiger Indikator für die Erwärmung und werden im PhenoTracker des NatureExplorers, wie z.B. den Green Warming Stripes, visualisiert.



Herbstliche Laubverfärbung im Weltwald (Drohnenbild, Professur für Ökostatistik)

Diese Veränderungen beeinflussen Nahrungsnetze und die Biomasse von Insekten. Sie steuern den Kohlenstoffkreislauf, das lokale Klima und haben Auswirkungen auf Land- und Forstwirtschaft. Forscherinnen und Forscher des Verbundprojektes **BAYSICS** untersuchten die Phänologie alternativer Baumarten im „Weltwald“ bei Freising,

um Zusammenhänge zu verstehen. Die Pflanzenphänologie beeinflusst stark unsere Umwelt und Lebensbereiche und reagiert bereits deutlich auf klimatische Veränderungen. Daher ist es wichtig, diese Entwicklungen zu überwachen und Maßnahmen anzupassen.

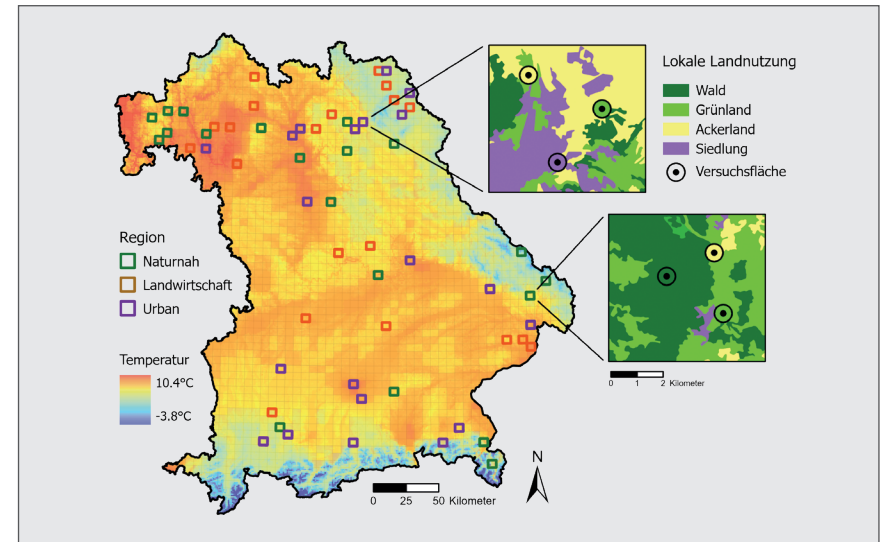


Die phänologischen Jahreszeiten im Klimawandel – ein Vergleich anhand der Daten des Deutschen Wetterdienstes für die Zeiträume 1961-1990 sowie 1991-2020 (BAYSICS).

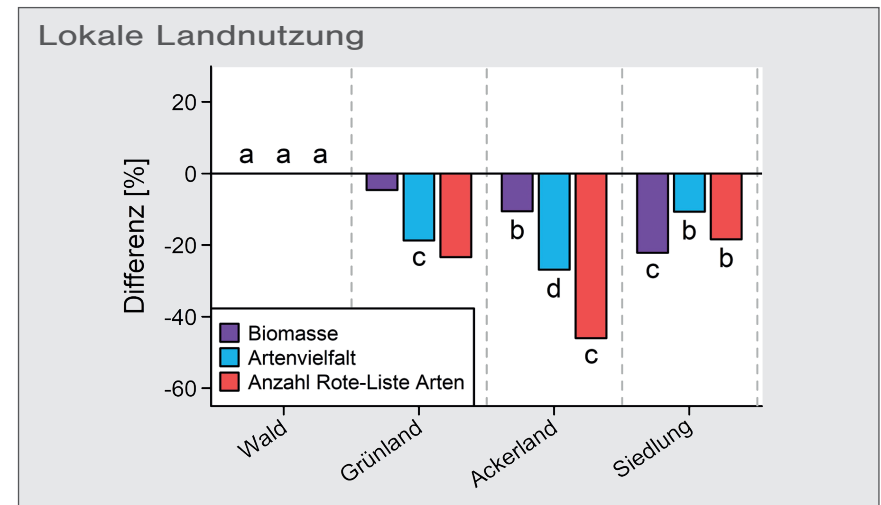
Biologische Vielfalt in bayerischen Lebensräumen

Im Jahr 2019 wurden im Verbundprojekt **LandKlif** umfangreiche Daten zur biologischen Vielfalt in verschiedenen bayerischen Lebensräumen wie Wald, Grünland, Ackerland und Siedlungen erhoben. Besondere Aufmerksamkeit erhielt der bemerkenswerte Rückgang der Insektenbiomasse infolge steigender Temperaturen und intensiver Landnutzung. Die Forschungen enthüllten eine komplexe Dynamik: Der Rückgang der Insektenbiomasse korrelierte nicht zwangsläufig mit einem Rückgang der Insektenvielfalt und umgekehrt.

Die landesweite Feldstudie des **LandKlif** Projektes zeigte auch, dass die Landnutzung aktuell die Insektenvielfalt stärker beeinflusst als das Klima. Verschiedene Lebensräume zeigten unterschiedliche Reaktionen auf Änderungen in der Landnutzung. Gleichzeitig variierte die Insektenvielfalt je nach Lebensraum, wobei insbesondere in agrarisch geprägten Gebieten der Rückgang von Arten der Roten Liste stark ins Auge stach.



Das bayernweite Studiendesign des Verbundprojekts LandKlif umfasst 60 Untersuchungsregionen entlang von Klima- und Landnutzungsgradienten. Auf 179 Untersuchungsflächen in den vorherrschenden Lebensraumtypen Wald, Grünland, Ackerland und Siedlung wurden 2019 Daten zur biologischen Vielfalt und Ökosystemleistungen erhoben. Grafik: Cynthia Tobisch.



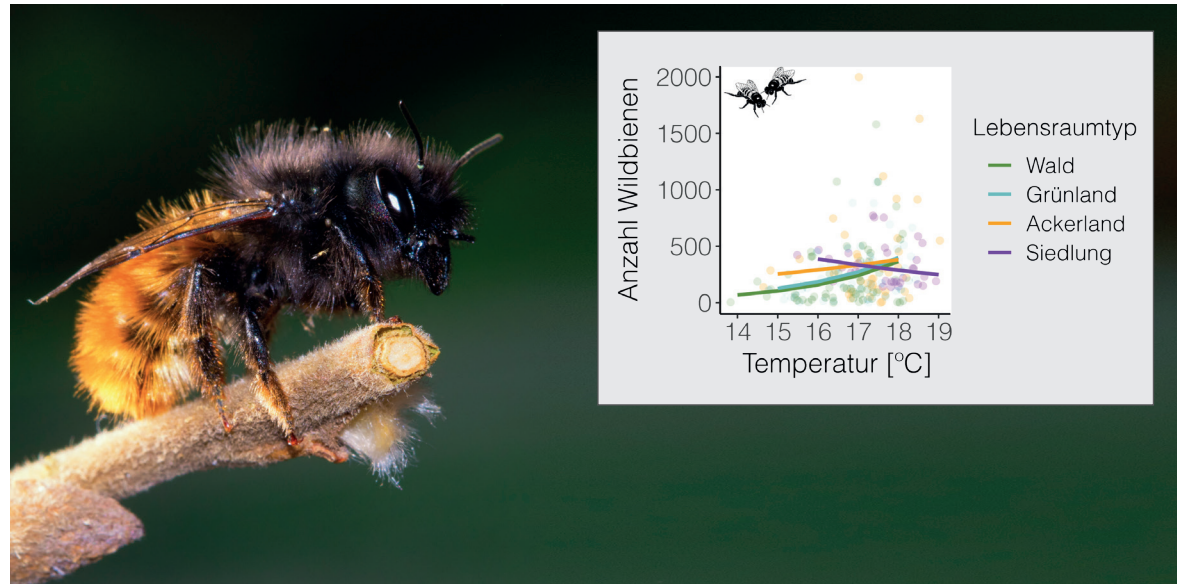
Der größte Unterschied zeigte sich in der Insektenvielfalt der Rote-Liste Arten zwischen Wald und Agrarflächen (Uhler et al. 2021 Nature Communications).

Natur- und Agrarflächen

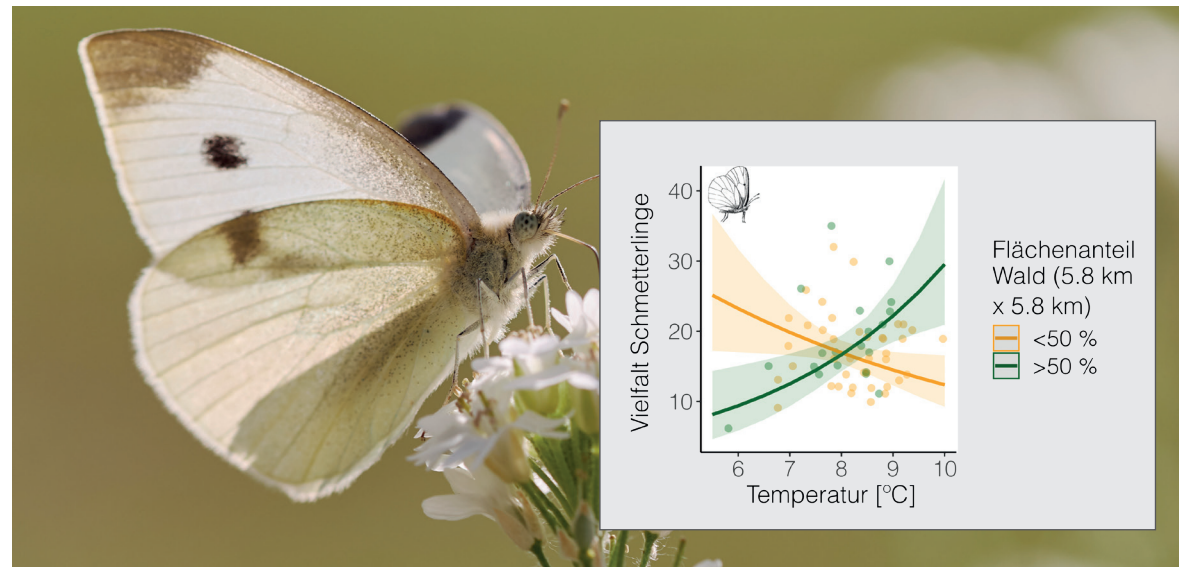
Auch der Einfluss des Klimas wurde erforscht: Höhere Temperaturen wirkten zum Teil positiv auf die Insektenvielfalt und -biomasse. Dennoch besteht die Gefahr, dass mit zunehmender Erwärmung das Gleichgewicht kippen könnte, wie die unterschiedlichen Reaktionen von Wildbienenarten in verschiedenen Lebensräumen zeigen.

Die Ergebnisse unterstreichen die komplexen Wechselwirkungen zwischen Klimawandel, Landnutzung, Artenvielfalt und Ökosystemleistungen. Ihre Forschung liefert wertvolle Erkenntnisse für den Naturschutz und unterstreicht die dringende Notwendigkeit von Maßnahmen zur Bewahrung der Artenvielfalt. Dies gewinnt besondere Relevanz vor dem Hintergrund des sich wandelnden Klimas und der zunehmend intensiven Landnutzung. Die Zusammenarbeit mit anderen **bayklif**-Projekten zum Thema Ökosystemleistungen hat aufgezeigt, dass stark beanspruchte Agrarlandschaften im Allgemeinen reduzierte Ökosystemleistungen hervorbringen im Vergleich zu extensiveren Mittelgebirgsregionen oder dem Alpenraum.

Diese Einblicke, die in einem Online-Atlas veröffentlicht wurden, verdeutlichen den Einfluss von Klimawandel und umfassender Landnutzung auf Bereiche wie biologische Vielfalt, Grundwasserregulierung, Erosionsschutz, Kohlenstoffspeicherung und Bestäubung.

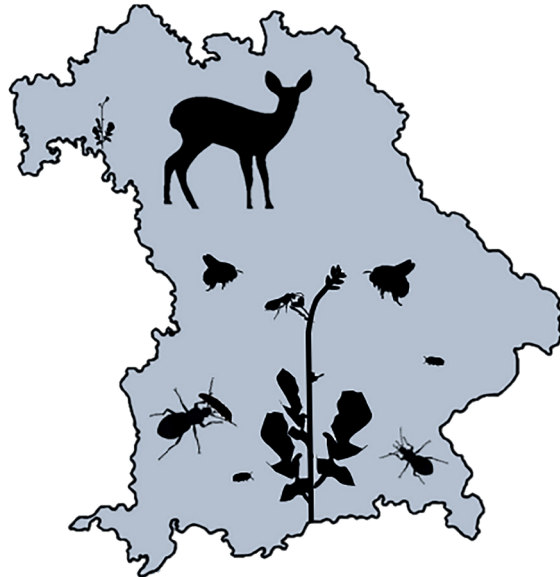


Vorkommen von Wildbienen und Schmetterlingen bezogen auf Temperatur und Lebensraum. (Ganuja et al 2022, Science Advances, modifiziert)



Biologische Vielfalt und Ökosystemleistungen durch den Wald

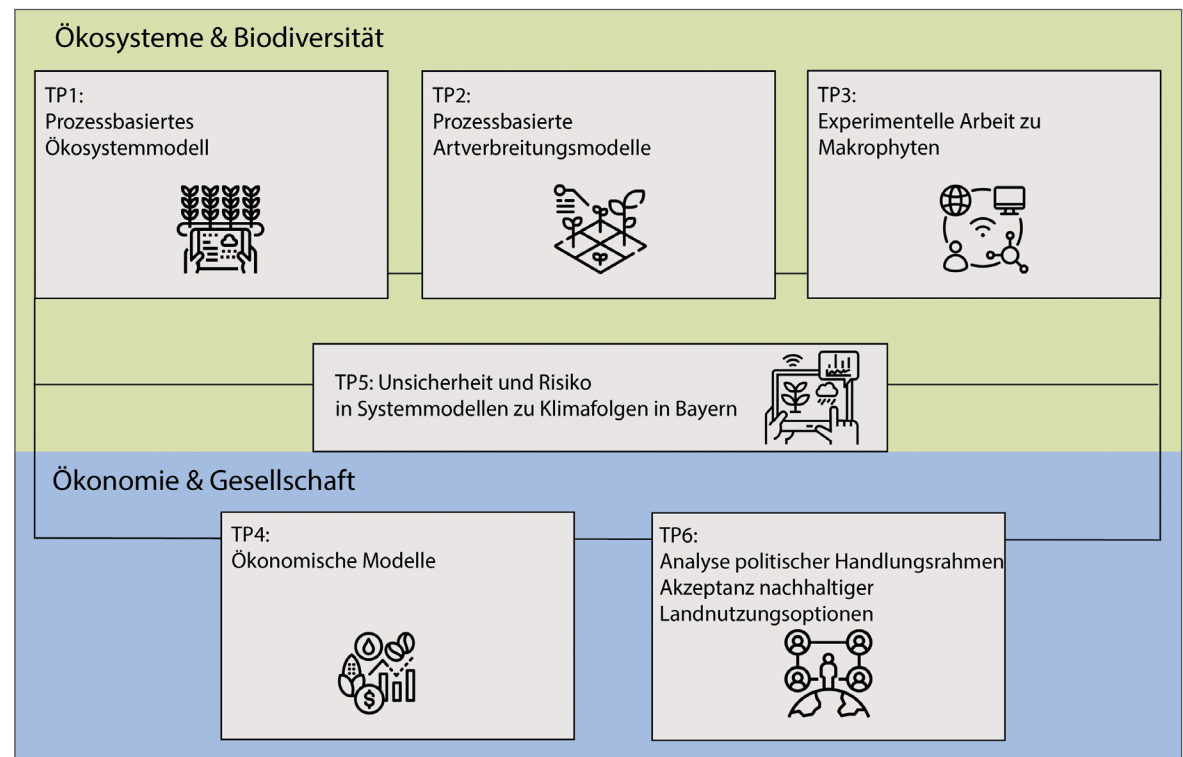
Es konnte gezeigt werden, dass der Wald für die biologische Vielfalt und Ökosystemleistungen von großer Bedeutung ist. Auf Waldflächen wurde im Projekt LandKlif eine höhere Biomasse und Abundanz an Insekten festgestellt als in den anderen untersuchten Lebensräumen. Auch in Hinblick auf den Klimawandel spielen Wälder eine wichtige Rolle, artenreiche Wälder schaffen klimatische Schutzräume für verschiedene Tiergruppen wie Insekten. Dies wirkt sich nicht nur auf die Artenvielfalt aus, sondern auch auf Ökosystemleistungen wie Bestäubung und die Regulierung von Agrar- und Forstschädlingen.



Modellszenarien für Zukunftsprognosen

Mit drei Modellszenarien prognostizieren die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Verbundprojektes BLIZ wie sich die Klimakrise in Bayern langfristig auswirkt und welche Handlungsoptionen in den Bereichen Land- und Forstwirtschaft, Artenschutz und Gewässer bestehen. Dabei wird auch der politische Handlungsrahmen von globaler bis lokaler Ebene mitberücksichtigt.

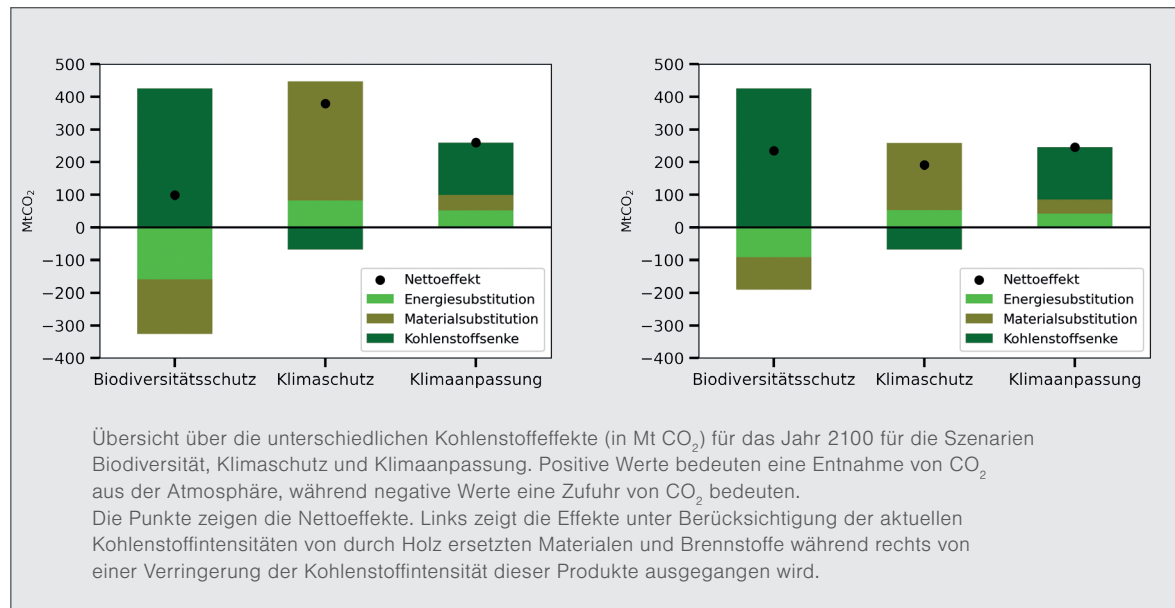
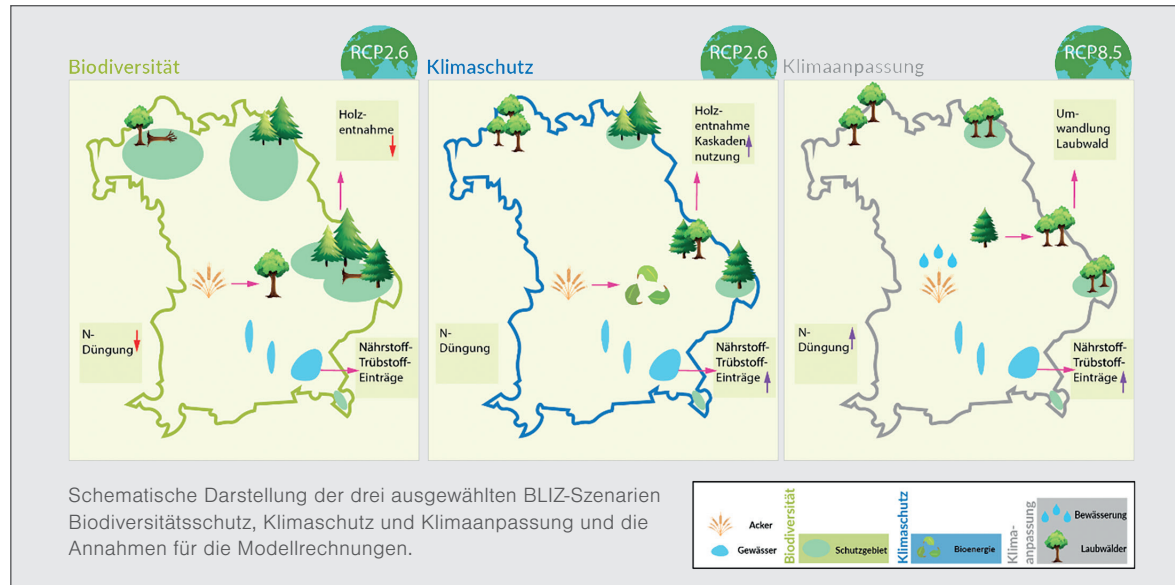
Die Forschenden empfehlen klare Zielsetzungen, verbindliche Ergebnisverpflichtungen und eine Vereinfachung der Rahmenbedingungen. Es ist unerlässlich, entschlossene Maßnahmen zu ergreifen, um die zukünftige Artenvielfalt zu bewahren. Neben den Auswirkungen der Landnutzung beeinträchtigt auch die Erwärmung von Gewässern die Artenvielfalt erheblich.

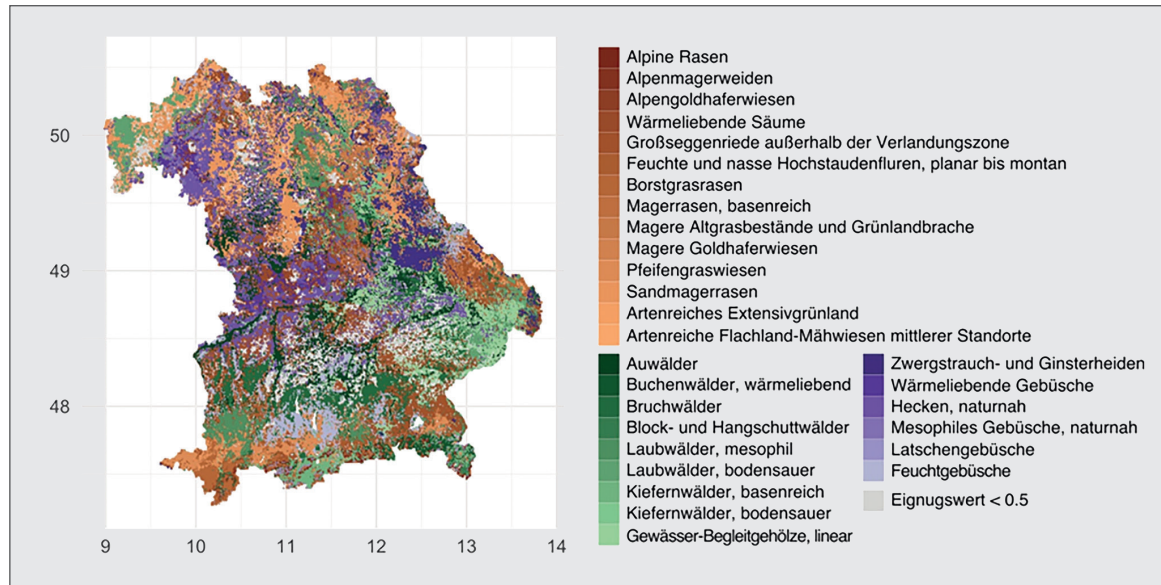


Übersicht über die in BLIZ verwendeten Methoden und Modelle in den sechs Teilprojekten. Mit Hilfe von Umfragen und Simulationsmodellen können verschiedene Szenarien durchgespielt werden und deren Auswirkungen auf die Bereiche Forst- und Landwirtschaft, Biodiversität und Gewässer untersucht werden.

Natur- und Agrarflächen

Mithilfe eines Ökosystemmodells können vermiedene und kompensierte Emissionen ermittelt werden. Diese setzen sich aus der CO₂-Aufnahme durch Wälder und der Emissionsvermeidung durch die Nutzung von Holzprodukten zusammen. Im Biodiversitätsszenario führt die CO₂-Speicherung im Wald zu einer Netto-Einsparung von 99-235 metrische Tonnen Kohlenstoffdioxidäquivalenten (Mt CO₂e). Im Klimaschutzszenario werden durch die Nutzung von Holzprodukten 191-380 Mt CO₂e eingespart. Im Szenario der Klimaanpassung führt der Umbau der Wälder zu einer Netto-Einsparung von 246-260 Mt CO₂e.



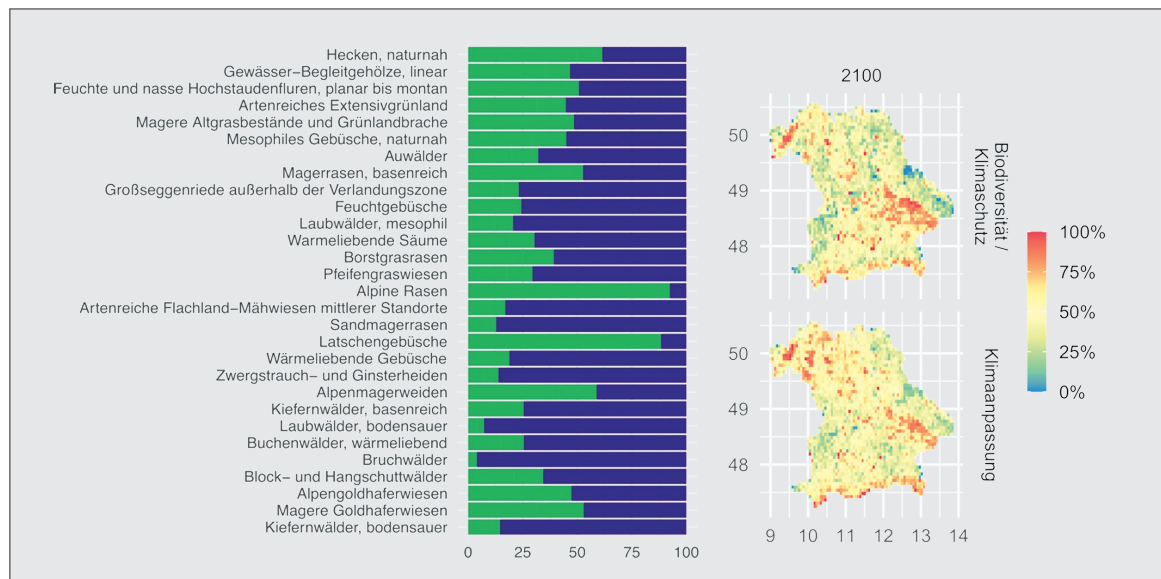


Aktuelle potenzielle Biotopverbreitung. Basierend auf Umweltbedingungen wird für jede Rasterzelle das Biotop mit der höchsten Eignung dargestellt.

Im Bereich der Forstwirtschaft wird ein Übergang zu naturnahen Mischwäldern empfohlen. Besonders landwirtschaftlich genutzten Flächen wird ein beträchtliches Potenzial im Hinblick auf Klimaschutz zugeschrieben. Gleichzeitig ist ein schrittweiser Ausstieg aus fossilen Energieträgern erforderlich.

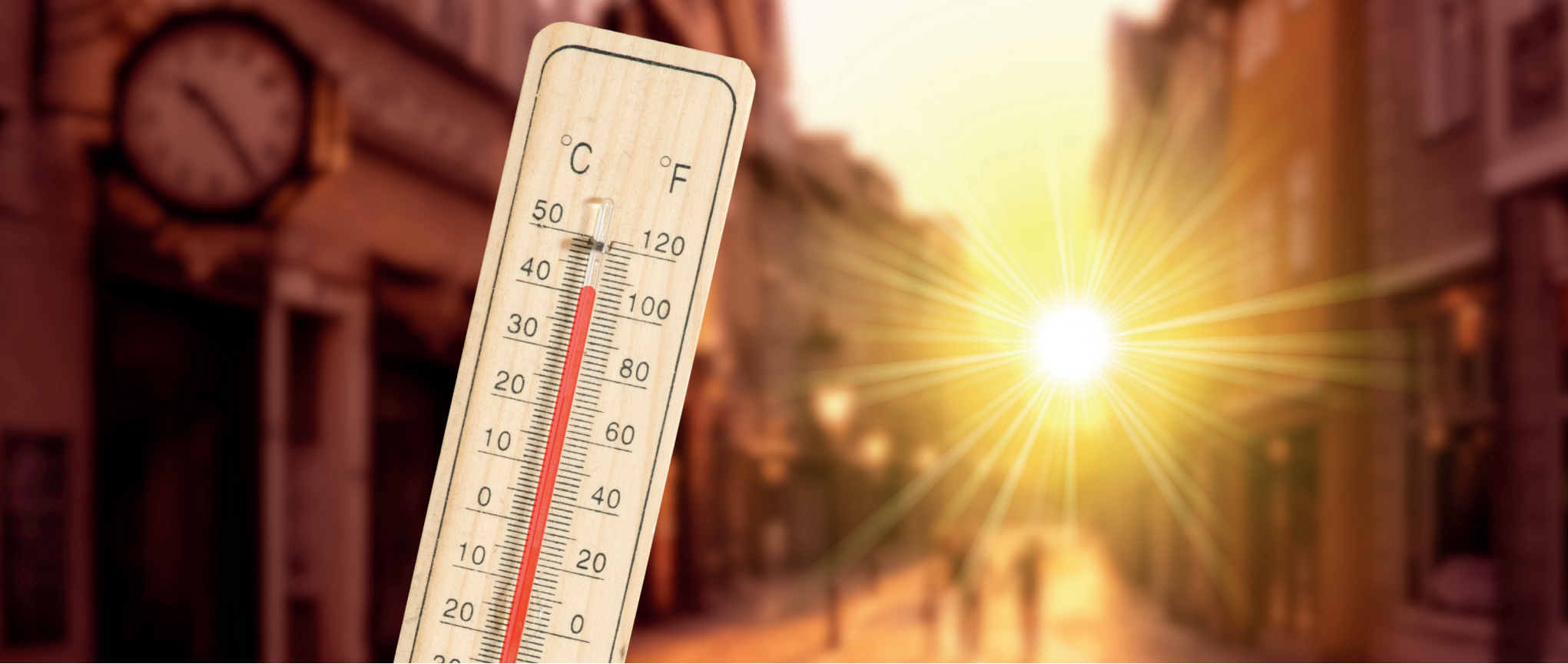
Die Forschenden des Verbundprojektes BLIZ arbeiten in Ihren Szenarien heraus, dass sich die möglichen Habitate aktuell weit über das hinaus erstrecken, was tatsächlich beobachtet wird. Tatsächlich befinden sich etwa 30% der derzeitigen beobachteten Ökosysteme an für sie ungeeigneten Standorten.

Die Forschung zu verschiedenen Klimawandelszenarien legt nahe, dass bis zum Jahr 2100 zwischen 47% (im besten Fall) und 50% (im ungünstigsten Fall) der aktuellen Lebensräume nicht mehr die optimalen Umweltbedingungen für ein Überleben bieten werden. Obwohl es möglich ist, dass sich neue Standorte mit guten Lebensbedingungen bilden, überwiegen die negativen Auswirkungen auf die bestehenden Lebensräume deutlich.



Links: Prozentualer Anteil an Standorten, an denen ein Biotop aktuell vorkommt (grün) und wo es heute vorkommen könnte, da die Umweltbedingungen geeignet sind (violett).

Rechts: Prozentualer Anteil (s.o.) an Biotopen, die im Jahre 2100 unter dem Biodiversität-/ Klimaschutz- (oben) bzw. dem Klimaanpassung-Szenario (unten) an ihrem aktuellen Standort keine geeigneten Umweltbedingungen vorfinden werden



■ „Summer in the City“ Klimarisiken für urbane Lebensräume

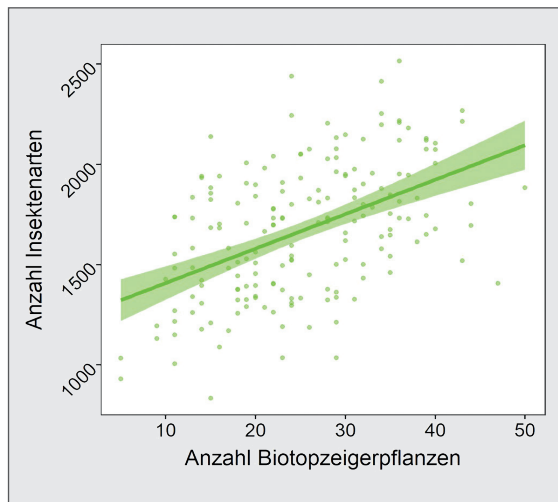
Die Klimaerwärmung manifestiert sich signifikant und weltweit in urbanen Lebensräumen. In den Metropolen, mit ihrer kontinuierlich steigenden Einwohnerzahl, machen sich die Veränderungen im Klimamuster in vielfältigen Facetten besonders bemerkbar. Die städtischen Gebiete sind nicht allein von diesen Veränderungen betroffen, sondern fungieren gleichermaßen als zentrale Akteure bei der Bewältigung dieser komplexen Herausforderung.

Demnach erweist sich der urbane Lebensraum als bedeutender Fokus innerhalb der Forschungsagenda verschiedener Projekte im Rahmen des **bayklif**-Netzwerks. Eine treffende Illustration diesbezüglich stellen die Forschungsergebnisse des interdisziplinären Verbundprojekts **LandKlif** dar, welches sich eingehend mit den Aspekten städtischer Grünflächen und den damit einhergehenden Potenzialen auseinandersetzt.

In Städten gibt es zwar viele Pflanzenarten, doch in Grünflächen, Gärten und Parks überwiegen oft Zier- und Kulturpflanzen. Diese Pflanzenarten bieten einheimischen Insekten oft nicht ausreichend Nahrung. Außerdem können nicht-einheimische Arten wie die Goldrute aus der Stadt in die freie Natur gelangen und sich dort invasiv ausbreiten. Um städtische Grünflächen widerstandsfähiger gegen invasive Arten zu machen, ist es wichtig,

die Vielfalt der einheimischen Pflanzenarten zu fördern. Dies hat positive Auswirkungen auf die Produktion von Biomasse, ökologische Vielfalt und Trockenresistenz. Besonders Grünflächen mit einem ausgewogenen Verhältnis von Gräsern und Kräutern könnten besser auf veränderte Umweltbedingungen reagieren.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Neugestaltung und Wiederbelebung von städtischen Grünflächen dazu beitragen kann, die Abwehr von invasiven Arten zu verbessern, Anpassungen an den Klimawandel zu unterstützen und vielfältige Leistungen der Natur zu fördern. Dies trägt auch dazu bei, den städtischen Wärmeinseleffekt zu verringern und dem damit verbundenen Rückgang der Insektenpopulationen entgegenzuwirken.



Anstieg der Insektenvielfalt mit Anstieg der Pflanzenvielfalt (Tobisch et al. 2023 Ecological Indicators)

Erhöhte Pollenkonzentration in der Luft?

Das Projekt **BAYSICS** untersucht die Pollenbelastung und deren Auswirkungen auf Allergiker in städtischen Gebieten. Durch den Klimawandel intensiviert sich die Allergieproblematik, weil sowohl die Pollenkonzentration in der Luft als auch der Allergengehalt der Pollen für viele Arten oftmals zunimmt. Bedingt durch die steigenden Temperaturen setzt die Pollensaison früher ein und dauert für manche Arten länger an. Zusätzlich kann die Luftverschmutzung die allergischen Reaktionen weiter verschärfen. Städtische Gebiete bieten Einblicke in diese Zukunft, da die dortigen Temperaturen bereits durch den Hitzeinseleffekt erhöht sind. Das Projekt zielt darauf ab, das Verständnis für die Auswirkungen von Pollenallergien in städtischen Umgebungen zu vertiefen. Etwa 15% der deutschen Bevölkerung leiden

unter Heuschnupfen, hauptsächlich ausgelöst durch allergene Arten wie Gräser, Birke und Hasel.

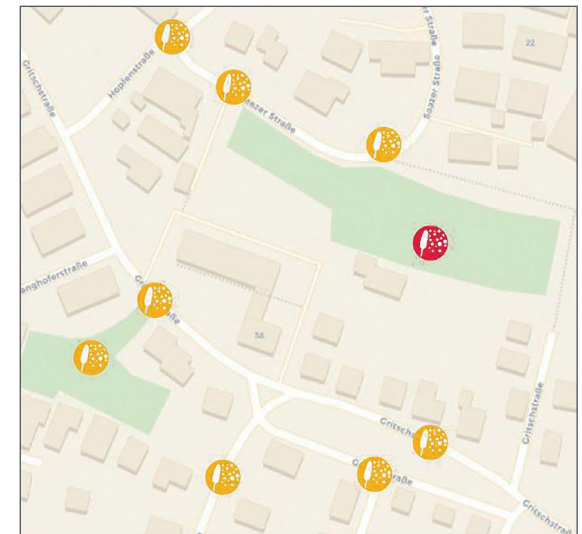
Lokale Pflanzenarten sowie die Art, wie das Land genutzt und bewirtschaftet wird, beeinflussen die Menge der Pollen. Es ist von Bedeutung, mehr Messpunkte in städtischen Gebieten zu haben, um ein umfassenderes Bild der Pollenkonzentration innerhalb von Städten zu erhalten. Dabei ist zu beachten, dass die städtische Pollenkonzentration stark von den spezifischen lokalen Gegebenheiten beeinflusst wird, u.a. der Grünflächenbewirtschaftung und der Umgebungsvegetation. Durch die Platzierung von mehreren Messpunkten in der Stadt können diese vielfältigen Einflüsse besser erfasst werden, was zu einer genaueren Darstellung der Pollenbelastung führt.

Mithilfe der **BAYSICS**-Risikokarte kann das Allergierisiko in zum Beispiel unterschiedlichen Stadtvierteln und Parks bewertet werden.

Die Karte verwendet Informationen über das Vorkommen allergener Pflanzen und ihren Blühzeiten, um AllergikerInnen die Anpassung ihres Aufenthaltsorts zu ermöglichen. Die Karte ist besonders nützlich, wenn viele Beobachtungen einfließen. Ein Vergleich mit Pollenflugdaten und Phänologie-daten zeigte, dass sich aus der Risikokarte ähnliche Informationen zur Pollensaison (Beginn, Höhepunkt, Ende) ableiten lassen. Jedoch ist die Intensität des Pollenflugs nur durch lokale Pollenflugdaten beschreibbar.



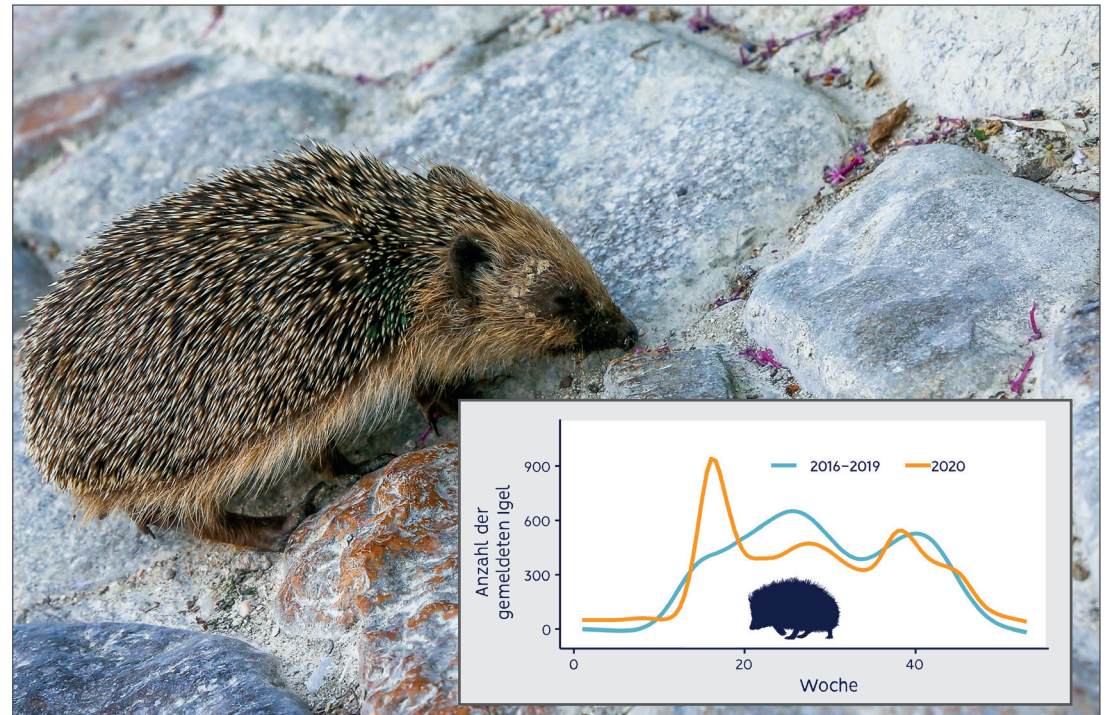
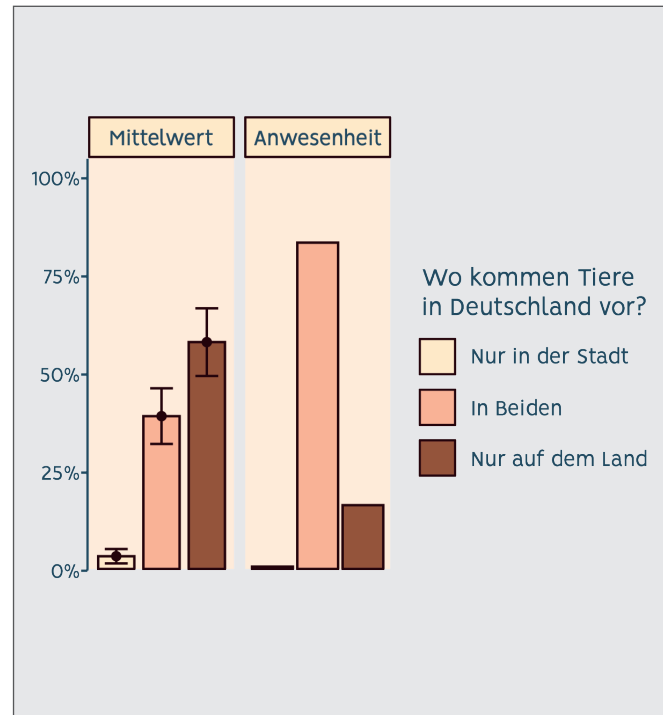
BAYSICS Risikokarte



Stadtwildlife – Ratte oder Rotkehlchen? Tiere in der Stadt

Städtische Gebiete beherbergen eine vielfältige Tierwelt, die oft in Planungsprozessen vernachlässigt wird. Die Verdichtung der Stadtlandschaft verringert Grünflächen, während der fortschreitende Klimawandel die Temperaturen erhöht. Klimaschutzorientierte Gebäudegestaltung kann Tierlebensräume beeinträchtigen. Die aktive Einbindung von Tieren in Stadtplanung ist essenziell und erfordert ein fundiertes Verständnis der Biodiversität und der komplexen Mensch-Tier-Interaktionen.

Die **BASICS**-Studie analysierte die Artenvielfalt in deutschen Städten und die Mensch-Tier-Beziehungen. Durch die Auswertung von Global Biodiversity Information Facility (GBIF)-Daten zeigte, dass nahezu die Hälfte der Tierarten aus dem Umland bezogen auf 23 Städte auch innerhalb der Metropolen vorkamen. Die meisten Stadttiere werden von Menschen toleriert, aber nicht unbedingt in ihrer unmittelbaren Nähe. Besonders beliebte Tiere werden näher am eigenen Wohnort akzeptiert.

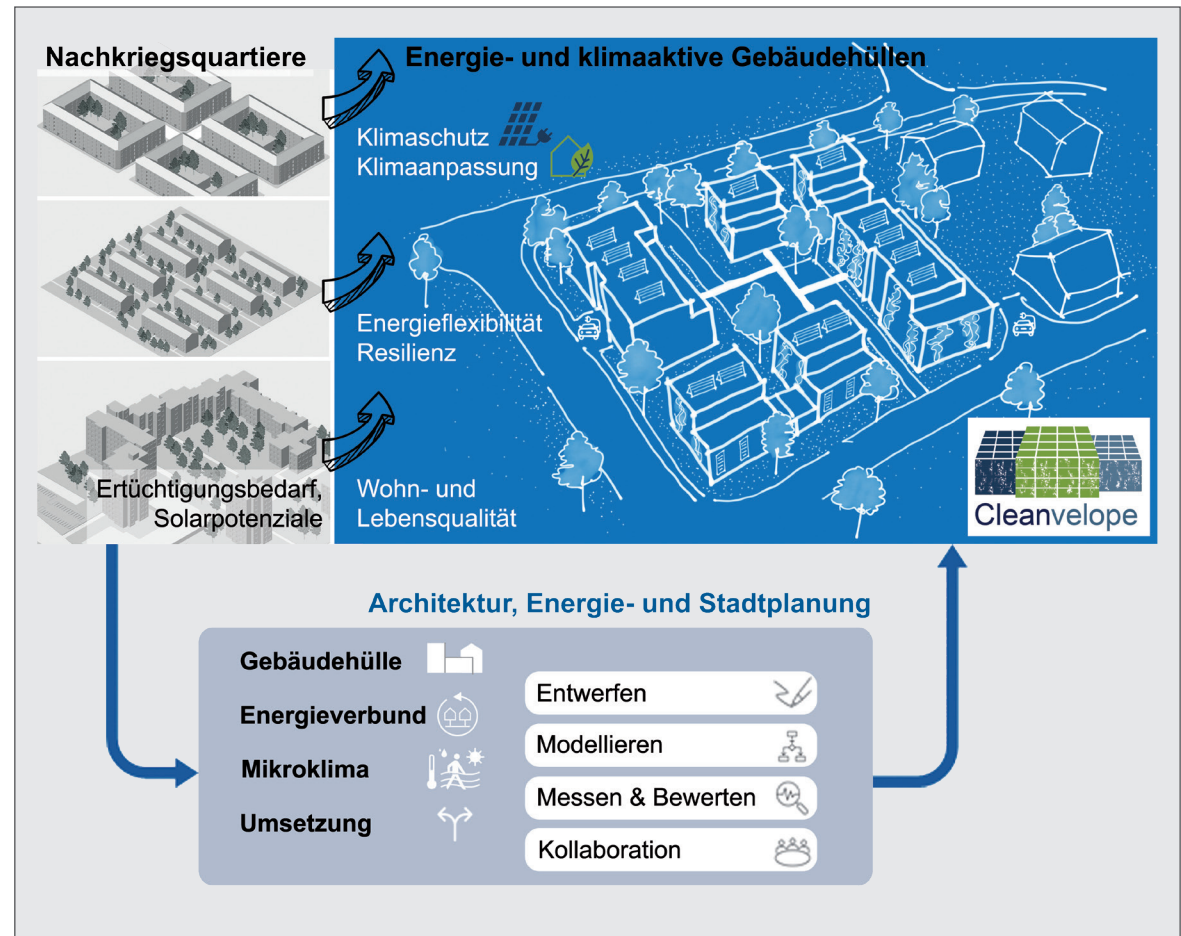


Energieaktive Gebäudehüllen als Baustein klimaorientierter Stadtentwicklung

Die Untersuchungen der Juniorforschungsgruppe **Cleanvelope** konzentrierten sich auf solare und grüne Sanierungs- und Entwicklungspfade für städtische Wohnquartiere der Nachkriegszeit. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass selbst große Solarflächen kein Problem für das städtische Mikroklima darstellen und eine attraktive Stadtgestaltung ermöglichen.

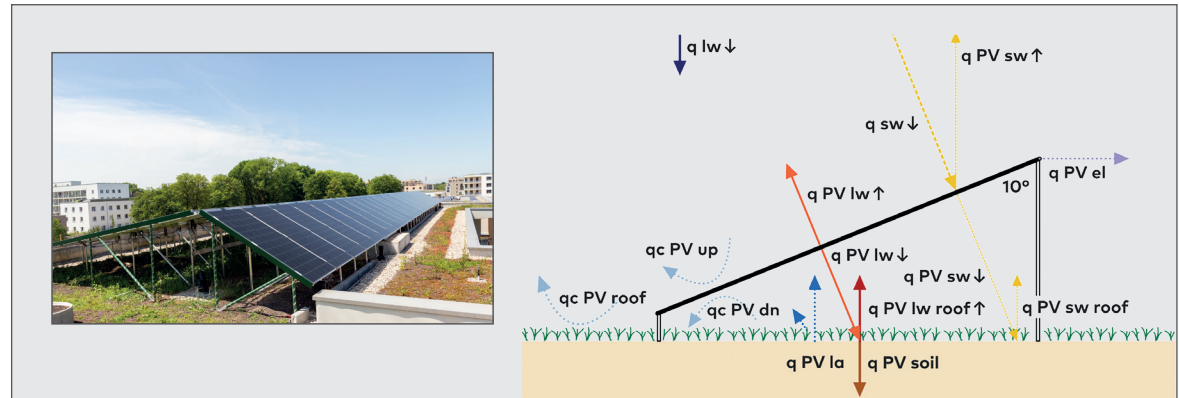
Mit dem Quartiersenergiemodell CleanMod wurden intelligente Energie- und Sanierungskonzepte entwickelt, die erneuerbare Energie, effiziente Gebäude und Energieflexibilität kombinieren. So zeigen sie Wege zu einer Dekarbonisierung der Quartiere auf, die gleichzeitig die Herausforderungen des zukünftigen Stromnetzes berücksichtigen und die Wirtschaftlichkeit der Gebäudesanierung verbessern.

Für Planende und Entscheidungstragende in der Praxis wurden Instrumente wie ein Bewertungstool und ein Leitfaden zu den Entwicklungspfaden bereitgestellt. Zudem liefert ein Gestaltungskatalog Anwendungswissen und architektonische Strategien für solare und grüne Gebäudehüllen in Nachkriegsquartieren.



Eine übergeordnete kommunale Steuerung kann eine flächendeckende Umsetzung solcher Konzepte vorantreiben. Das verspricht nicht nur eine verbesserte Wohn- und Lebensqualität und eine bezahlbare, eigenständige Energieversorgung für die Quartiere, sondern erhöht auch die Unabhängigkeit und Resilienz der Stromversorgung, speziell in Bayern.

Messungen und Aufstellung einer Energiebilanz zur Untersuchung der Auswirkungen urbaner Photovoltaikanlagen auf das umgebende thermische Mikroklima (rechts)



Best Practice Entwürfe als Inspiration für die architektonische Praxis und als Forschungsmethode zur Entwicklung von grundlegenden Adaptions- und Gestaltungsstrategien für die Integration von Solarmodulen und Begrünung in den Nachkriegsgebäudebestand.

Um Quartiere klimaneutral und zukunftsfähig umzugestalten, empfehlen wir:

- **Sonnenenergie auf Dächern und Fassaden weitreichend zu nutzen** – die lokalen Potenziale sind notwendig zum Erreichen der Klimaziele und lassen sich mit Klimaanpassung vereinbaren.
- **Gebäude zügig auf einen hohen Effizienzstandard zu sanieren** – ein geringer Energieverbrauch bleibt auch beim zukünftig CO₂-armen Strom- und Wärmesystem wichtig.
- Quartiere mit integrierten **Gesamtkonzepten zu sanieren** und in den Kommunen übergeordnet zu steuern
- in Förderprogrammen **Energieflexibilität zu belohnen** und vernetztes Energiemanagement einzufordern
- Sonnenenergienutzung in **kommunale Leitlinien und Planungsinstrumente** zu integrieren



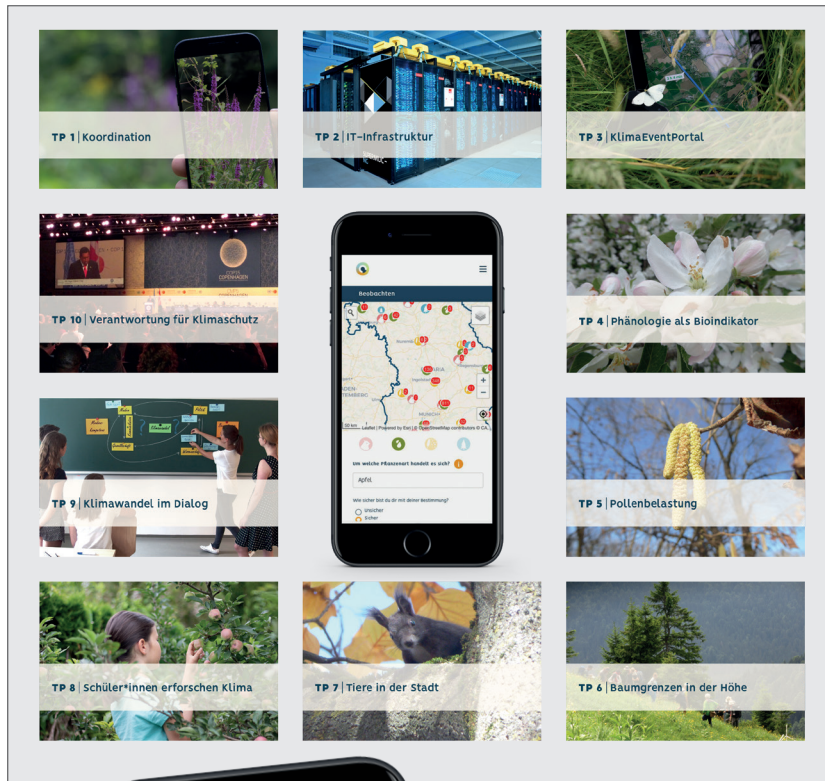


■ Wie können wir gemeinsam den Herausforderungen des Klimawandels begegnen?

Mit dieser zentralen Frage setzten sich nahezu alle Projekte die über das **bayklif** Programm gefördert wurden auseinander. So war ein wichtiger Aspekt, naturinteressierte Bürger und Bürgerinnen in die Forschung mit einzubinden. Weitere Programme wurden auf Schüler und Jugendliche zugeschnitten, die sich mit der witterungsbedingten Reaktion von Bäumen im Rahmen von Schulprogrammen oder W-Seminararbeiten beschäftigten.

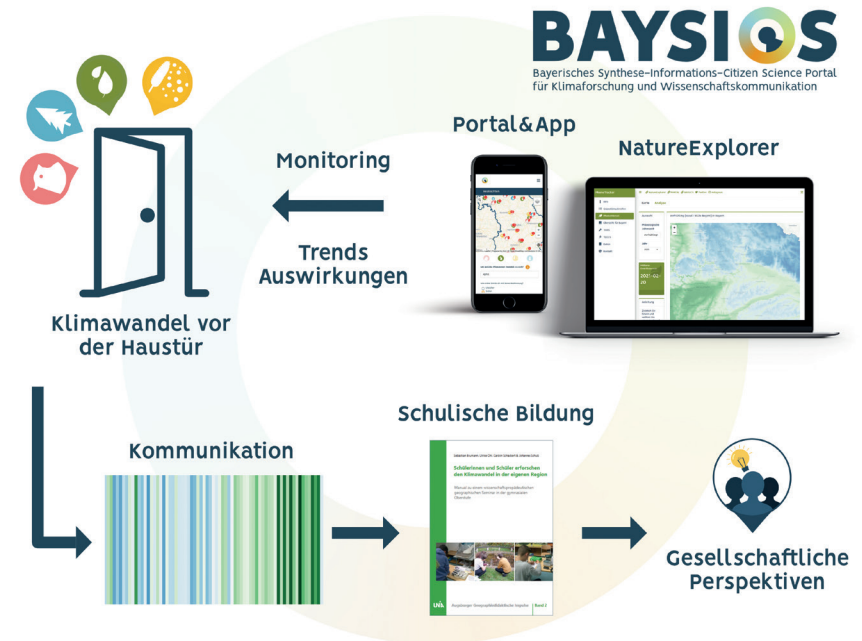
Der Name des Verbundprojektes **BAYSICS** steht für „Bayerisches Synthese- Informations- Citizen Science Portal für Klimaforschung und Wissenschaftskommunikation“, bei dem verschiedene Wissenschaftsdisziplinen von Universitäten und Hochschulen in Bayern erfolgreich kooperiert haben. Dieses Projekt nutzte die Beteiligung von Bürgern an wissenschaftlichen Untersuchungen als effektives Mittel zur aktiven Beteiligung in der

Klimaforschung. Unter dem Motto „Klimaforschung vor der eigenen Haustür“ wurde ein regionaler Fokus als Zugang zu globalen Herausforderungen gelegt, auch um Gesellschaft und Wissenschaft in einen Dialog zu bringen. In einem interdisziplinären Ansatz arbeitete **BAYSICS** daran, die Komplexität von Fragestellungen zum Klimawandel zu verstehen und transparent zu kommunizieren.



Integrativer Ansatz von BAYSICS

Übersicht BAYSICS

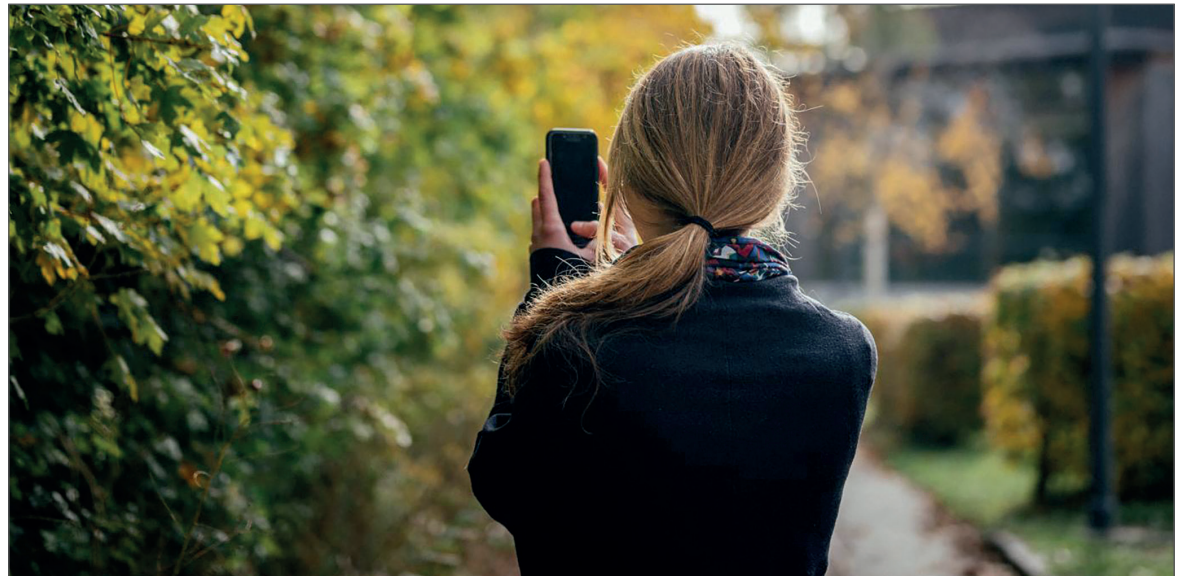
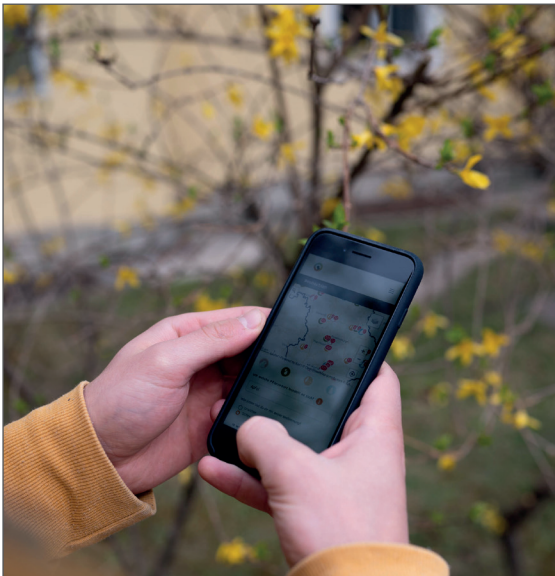
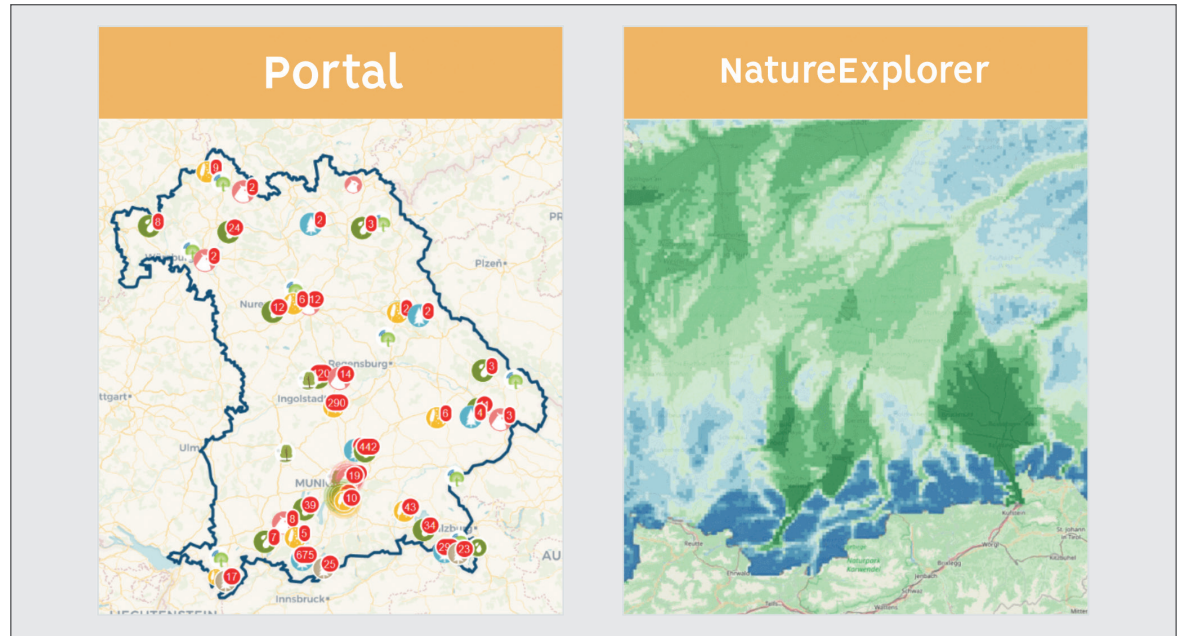


Die BAYSICS-Infrastruktur bestehend aus Portal, App und NatureExplorer, verfolgt einen Open Science Ansatz, der zukünftig für weitere Citizen Science Initiativen in Bayern genutzt werden kann. Zudem kann sie eng mit schulischer Bildung zur Thematik des Klimawandels verknüpft werden. Die nachgewiesenen Klimafolgen, wie Veränderungen in der Pflanzenphänologie, Allergiepro-

bleme, dem Anstieg der Baumgrenzen und dem veränderten Verhaltensmustern von Tieren in der Stadt, zeigen bereits jetzt erhebliche Auswirkungen in ganz Bayern. Diese Informationen sind äußerst relevant für die Planung und Umsetzung klimapolitischer Ziele. Aktive Bürgerbeteiligung an Klimaforschung kann zum erfolgreichen Klimaschutz beitragen.

BAYSICS Portal und Nature Explorer

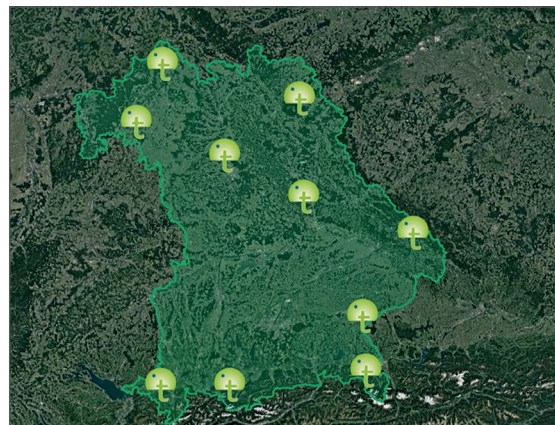
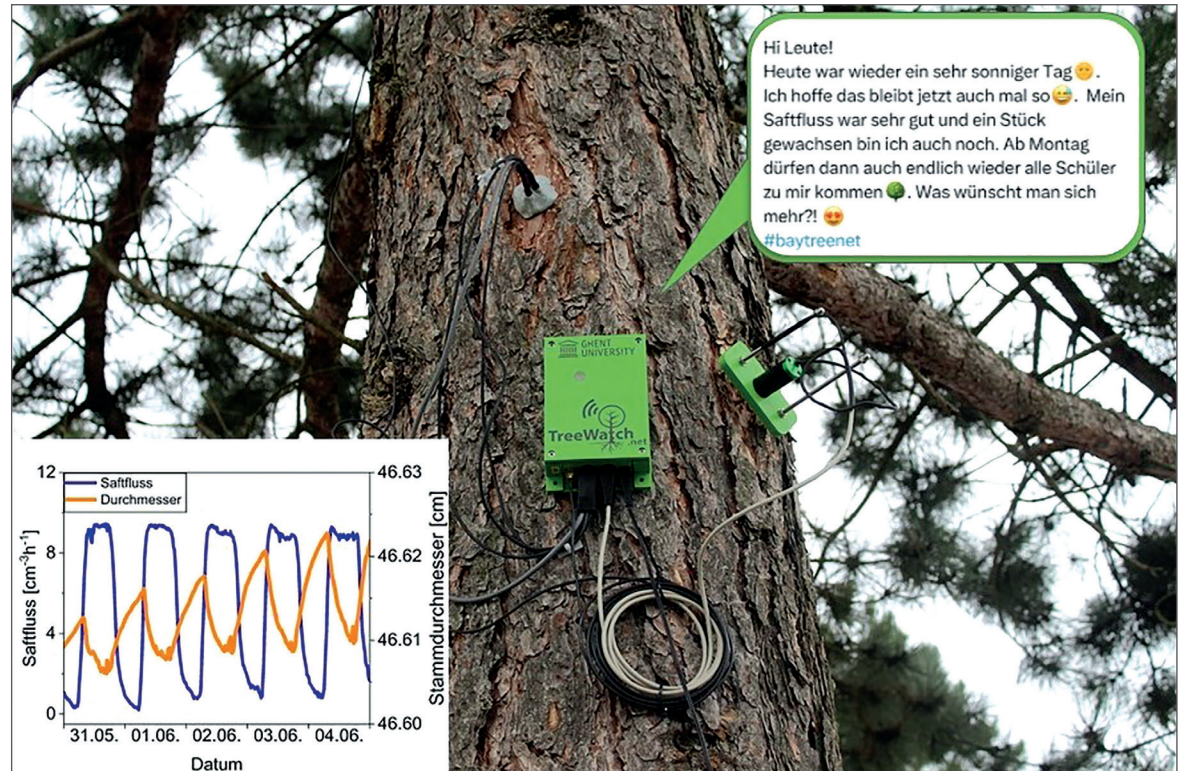
Das Portal ermöglicht Laien, Beobachtungen von Pflanzen und Tieren in Bayern hochzuladen, während der NatureExplorer interaktive Analysewerkzeuge bietet, um die Auswirkungen des Klimawandels in der Natur zu visualisieren. Das Portal hilft bei der Datenerfassung mit umfangreichen unterstützenden Artendatenbanken. Die erfassten Daten stehen unter open Data Lizenz zum Download bereit. Die Plattform ermöglicht den Nutzern, etwa gesundheitlich Betroffenen, das Erstellen von Pollenprofilen. Zentral ist die Visualisierung der komplexen Daten durch leicht verständliche Karten. Alle sind herzlich eingeladen dieses Wissenschaftsportal zu nutzen – über den QRCode gelangt man direkt dorthin.



Schulklassen analysieren den Zustand von „Talking Trees“

Im Verbundprojekt **BayTreeNet** wurden die Forschungen an Waldbäumen durch sogenannte „Talking Trees“ ergänzt. Die mit einer internetfähigen Übertragungseinheit ausgestatteten Bäume, die sich in der Nähe der jeweiligen Forschungswälder befinden, zeigten Schwankungen im Stammdurchmesser und im Saftfluss diese Bäume in Echtzeit auf der Projekthomepage an. Regenereignisse zeigten sich bei den Bäumen durch einen reduzierten Saftfluss und einem starken Anstieg des Stammumfangs. Hohe Temperaturen und Trockenphasen wiederum waren vor allem an einer täglichen Abnahme des Stammumfangs erkennbar. In der Nähe jedes Talking Trees wurden die Schülerinnen und Schüler einer Gymnasialklasse darin geschult, die Baumdaten ihres jeweiligen Partnerbaums in Verbindung mit der Wetterlage zu analysieren und in einfache Sprachbotschaften auf Twitter zu übersetzen.

Die forschende Begleitung sowie die Analyse der Tweets zeigte, dass die Jugendlichen in den Tweets besonders häufig das Wetter und den Stammdurchmesser thematisierten, weniger häufig und mit mehr fachlichen Problemen den Saftfluss. Dieser ist nicht durch eigene Wahrnehmung erfahrbar, sondern wurde nur durch entsprechende Messdaten gezeigt und ist daher schwieriger zu verstehen.



■ Herausforderung Klimawandel

Im deutschsprachigen Raum wurden erstmals zuverlässige Fragebögen entwickelt, um die Sichtweise von Schülern zum Klimawandel zu erfassen. In zwei großen Studien wurden 10.287 Schülerinnen und Schüler der 9. und 10. Jahrgangsstufen aller Schularten befragt. Die Ergebnisse liefern differenzierte Erkenntnisse über Interessen, selbst eingeschätztes Wissen, Ängste, Sorgen, Handlungsbereitschaften, Betroffenheit verschiedener Orte und Selbstwirksamkeitserwartungen der Schülerinnen und Schüler. Es zeigt sich ein großes Interesse und hohes selbst eingeschätztes Wissen über den Klimawandel und dessen negative Folgen. Das Problembewusstsein ist hoch, aber Ängste und Sorgen sind geringer, und die Bereitschaft zur Veränderung des eigenen Handelns ist begrenzt. Schüler sehen den Klimawandel vor allem in fernen Regionen, weniger in ihrer eigenen Umgebung.

Die Talking Trees verdeutlichen konkrete Klimaereignisse und ihre Auswirkungen auf bayerische Waldökosysteme. Dadurch werden Schüler aktiv mit lokalen Klimawandelfolgen vertraut gemacht. Die Auswertungen der Twitter-Beiträge und Fragebögen, zusammen mit Klimamodellierung und Dendroökologie, ermöglichen ein geeignetes Unterrichtskonzept zu Klimawandel und Waldökosystemen in Bayern.

Ergebnisse der Schülerbefragung	MW	SD	d Skalenmitte
Eingeschätztes Wissen zum Klimawandel	4.96	0.93	1.57
Ängste und Sorgen mit Blick auf den Klimawandel	3.42	1.33	-0.06
Handlungsbereitschaften hinsichtlich des Klimawandels	3.20	1.18	-0.25

Ergebnisse einer Befragung von 10.287 Schülerinnen und Schülern in Bayern zum Klimawandel in Form von Mittelwerten (MW), Standardabweichungen (SD) und Abweichungen von der Skalenmitte in Effektstärke d , Skala von „... trifft gar nicht zu“ (1) - „... trifft voll zu“ (6)



■ Herausforderung Klimawandel

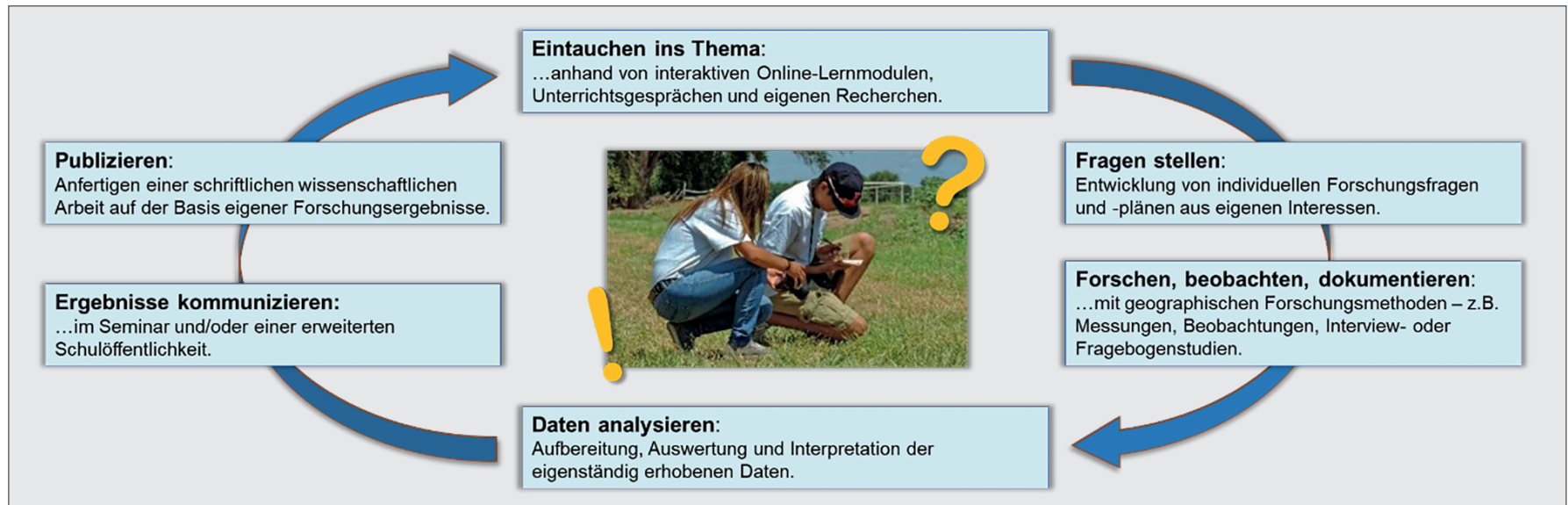


werden validierte Fragebogeninstrumente zur individuellen Wahrnehmung des Klimawandels durch die Schülerinnen und Schüler eingesetzt. Ähnlich wie im Verbundprojekt **BayTreeNet** werden auch in Citizen Science mit Talking Trees Schülerinnen und Schüler aktiv in die Beobachtung lokaler Folgen des Klimawandels einbezogen und können deren Auswirkungen auf bayerische Waldökosysteme erleben. Die gewonnenen Erkenntnisse unterstützen die Entwicklung eines Lehrkonzepts für den Klimawandel und Waldökosysteme in Bayern.

Das Verbundprojekt **BAYSICS** hat innovative Ansätze für die Klimakommunikation in Schulen und der Gesellschaft entwickelt. Dazu gehört ein Seminaransatz für die bayerische gymnasiale Oberstufe, bei dem Schülerinnen und Schüler eigene Frage-

stellungen zur regionalen Klimawandel-Auswirkung erforschen. Dies fördert nicht nur kritisches Denken, sondern auch die Verbindung des Klimawandels mit der eigenen Lebensrealität. Die Lehrkräfte agieren dabei als „Wissenschaftscoaches“. Zudem

Lehrkräfte stehen vor neuen Herausforderungen in der Klimakommunikation. Sie balancieren zwischen einer faktenorientierten Unterrichtskultur und der Unsicherheit bezüglich der komplexen und unsicheren Klimaentwicklung.



Schülerinnen und Schüler der gymnasialen Oberstufe erforschen den Klimawandel «vor der eigenen Haustür» und setzen dabei einen typischen Forschungszyklus um

■ Herausforderung Klimawandel

Angehende Biologielehrkräfte betonten in Interviews die Herausforderungen, den Klimawandel faktisch zu vermitteln und gleichzeitig Sorgen und Ängste aufzugreifen. Die Interviews zeigen eine hohe Motivation bei Lehrkräften, den Klimawandel im Unterricht zu diskutieren und die Komplexität des Klimadiskurses zu vermitteln. Auch diese wichtige Fragestellung wird von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern des BAYSICS Verbundprojektes adressiert.

Die Klimawahrnehmung in der Gesellschaft

Im Verbundprojekt BAYSICS wurde auch untersucht, wie sich Bürgerinnen und Bürger mit dem Klimawandel auseinandersetzen und welche gesellschaftlichen Reaktionen dies hervorruft. Dabei wurde festgestellt, dass verschiedene Bevölkerungsgruppen unterschiedliche Informationskanäle nutzen und Klimabotschaften sehr unterschiedlich wahrnehmen. Auch die Notwendigkeit zum Handeln und die gesellschaftliche Verteilung von Verantwortung für Klimaschutz werden teilweise sehr unterschiedlich eingeschätzt. Es zeigte sich, dass in öffentlichen Debatten häufig technologiebasierte Lösungen angeboten werden, das Alltags Handeln von Bürgerinnen und Bürgern hingegen kaum Beachtung findet. Die dadurch entstandene Kluft zwischen offiziellen Klimadiskursen und -maßnahmen und den Belangen und Befindlichkeiten der Bevölkerung stellen die Klimapolitik vor große Herausforderungen. Bildung ist dabei ein



Schlüsselement, um das gesamte Ausmaß der Herausforderungen zu realisieren. Deshalb sollte das Potenzial aber auch die Hindernisse schulischer Klimabildung besser als bisher verstanden und für ein vielfältiges Klimabildungsangebot gesorgt werden.



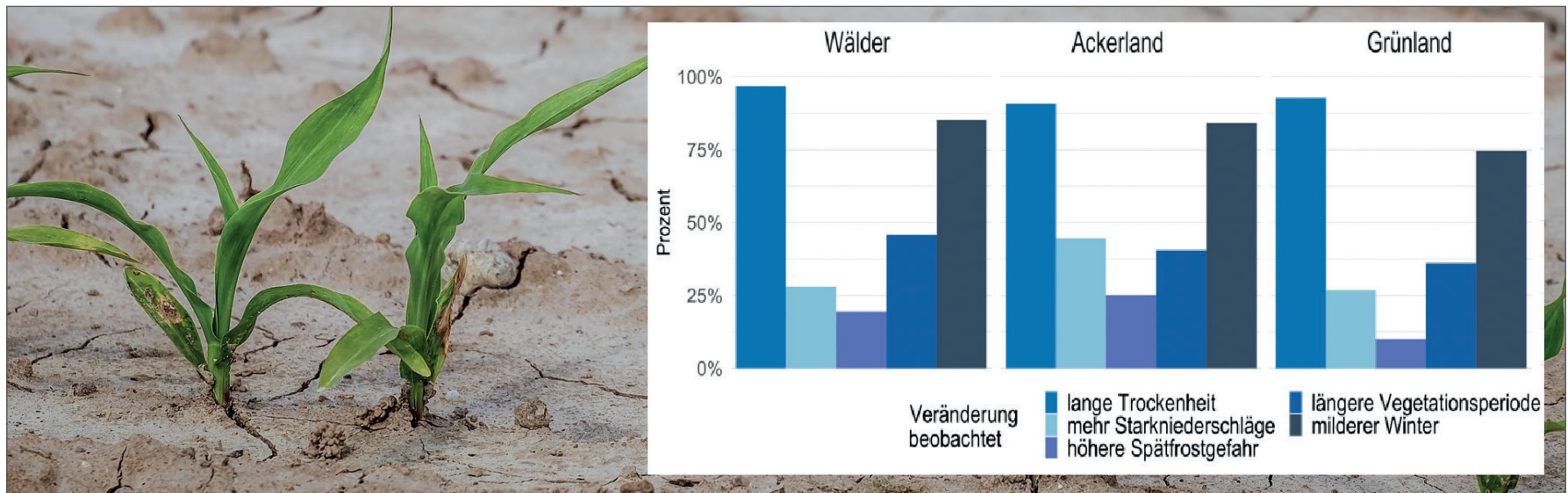
Akteursperspektiven auf Ökosystemfunktionen, Klimawandel & Anpassung

Das LandKlif-Projekt verwendete sozialempirische Methoden, um die Ansichten von verschiedenen Akteuren zu verstehen. Über 3.000 Teilnehmer aus den Bereichen Landwirtschaft, Naturschutz und Bürgerschaft haben die Bedeutung von Ökosystemleistungen betont. Besonders die Regulierung des Klimas, die Reinigung der Luft, Erholungsmöglichkeiten und Lebensräume für Wildtiere wurden hoch eingeschätzt. Die Zugehörigkeit der Akteure beeinflusste ihre Antworten. Zum Beispiel erkannten 84% der Landwirte die Auswirkungen des Klimawandels auf ihre Flächen. Die vorgeschlagenen Maßnahmen zur Anpassung entsprachen weitgehend der bay-

erischen Klimastrategie und betonten unter anderem die Auswahl geeigneter Pflanzensorten und ein effizientes Wassermanagement. Zielgerichtete Klimabildung kann dazu beitragen, die Bereitschaft zur Umgestaltung zu fördern.

Im BLIZ-Projekt wurden rechtliche und politische Rahmenbedingungen für den Klima- und Biodiversitätsschutz analysiert sowie Befragungen in nahezu 400 landwirtschaftlichen Betrieben zur Akzeptanz/Präferenz von nachhaltigen Landnutzungsoptionen durchgeführt. Als Hauptstressfaktoren identifizierten die Landwirte und Landwirtinnen im Ackerbau die mangelnde Wasserversorgung und die Verlängerung der Vegetationsphasen. In

der Grünlandbewirtschaftung sind Verschiebungen des phänologischen Kalenders sowie reduzierte Grünschnittmengen und Schnitthäufigkeiten gravierende Klimawirkungen. Einen hohen Beitrag zum Klima- und Biodiversitätsschutz sehen sie vor allem in der Erneuerung von Hecken und Feldgehölzen, der Etablierung vielfältiger Fruchtfolgen und mehrjähriger Blühflächen sowie dem Ökologischen Landbau. Viele sind sich der Klimarisiken bewusst, haben ihre Produktionsweisen z.T. bereits angepasst, sind jedoch unzufrieden mit den politischen Rahmenbedingungen und der zu geringen gesellschaftlichen Wertschätzung ihrer Leistungen.



Ergebnisse einer Befragung von Landwirten im Projekt LandKlif aus dem Jahr 2020. 84% der Befragten beobachteten Anzeichen des Klimawandels in Wald, Grünland und Ackerland, vor allem zunehmende Trockenheit und mildere Winter, sowie daraus resultierende Ertragsverluste.



■ Schlussbemerkung

Im bayerischen Klimaforschungsnetzwerk (**bayklif**) haben wir breitgefächert die facettenreichen Auswirkungen des Klimawandels auf Bayern beleuchtet. Die landschaftliche und kulturelle Vielfalt Bayerns spiegelt sich auch in den klimatischen Herausforderungen wider, denen sich unser Bundesland gegenüber sieht. Von den Alpen über Flusstäler, von den dichten Wäldern über die fruchtbaren Agrarflächen bis hin zu den Städten – der Klimawandel bringt große Veränderungen.

Dabei handelt es sich nicht nur um eine globale, sondern auch um eine regionale Herausforderung, die lokal maßgeschneiderte Lösungen erfordert. Das **bayklif** Netzwerk hat in den letzten Jahren intensiv daran gearbeitet, die verschiedenen Dimensionen des Klimawandels in Bayern zu erforschen, zu kommunizieren und mit vorhandenen Daten zu verknüpfen. Dank der fachübergreifenden Kooperation und dem netzwerkweiten Wissensaustausch erlangten wir breitere Einblicke in die klimatischen Veränderungen und ihre Folgen. Dank dieser vernetzten Forschung konnte eine wissenschaftliche Grundlage für die regionale Klimafolgenabschätzung gesetzt werden, so

dass wir in Zukunft Maßnahmen zur Anpassung und Milderung entwickeln können. Forschung, Gesellschaft und Politik müssen Hand in Hand arbeiten können, um die Herausforderungen des 21. Jahrhunderts zu bewältigen.

Die Kenntnisse und Werkzeuge, die durch **bayklif** und seine Partner bereitgestellt werden, sind ein erster Schritt. Nun liegt es an uns, der Bevölkerung Bayerns, diesen Impuls aufzugreifen und gemeinsam für ein klimaresilientes Bayern zu sorgen. In einer Zeit des Wandels haben wir die Chance, eine Richtung vorzugeben, die nicht nur den heutigen, sondern auch den zukünftigen Generationen dient.

■ AquaKlif

Einfluss multipler Stressoren auf Fließgewässer im Klimawandel



Prof. Dr. Stefan Peiffer
Hydrologie
Universität Bayreuth



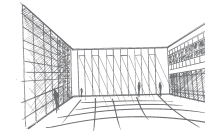
Prof. Dr. Jürgen Geist
Aquatische Systembiologie
Technische Universität München



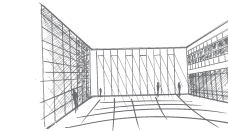
Prof. Johannes Barth
Angewandte Geologie
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg



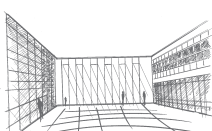
Dr. Ben Gilfedder
Hydrologie
Universität Bayreuth



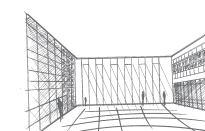
Prof. Dr. Carl Beierkuhnlein
Biogeographie
Universität Bayreuth



Dr. Sven Frei
Hydrologie
Universität Bayreuth



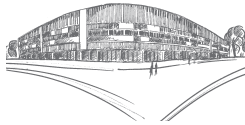
Prof. Dr. Thomas Koellner
Professur für ökologische Dienstleistungen
Universität Bayreuth



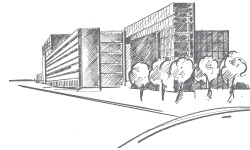
Dr. Birgit Thies
Bayreuth Center of Ecology and
Environmental Research
Universität Bayreuth

■ BAYSICS

Bayerisches Synthese-Informations-Citizen Science Portal für Klimaforschung und Wissenschaftskommunikation



Prof. Dr. Annette Menzel
Professur für Ökoklimatologie
Technische Universität München



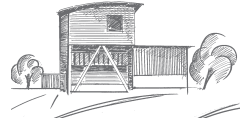
Prof. Dr. Dieter Kranzlmüller
Leibniz Rechenzentrum
Bayerische Akademie der Wissenschaften



Prof. Dr.-Ing. Liqiu Meng
Kartographie
Technische Universität München



Prof. Dr. Susanne Jochner-Oette
Physische Geographie / Landschaftsökologie
und nachhaltige Ökosystementwicklung
Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt



Prof. Dr. Jörg Ewald
Botanik, Vegetationskunde, Gebirgsökosysteme
Hochschule Weihenstephan-Triesdorf



Prof. Dr. Wolfgang W. Weiser
Terrestrische Ökologie
Technische Universität München



Prof. Dr. Ulrike Ohl
Didaktik der Geographie
Universität Augsburg



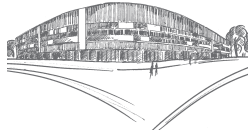
Prof. Dr. Arne Dittmer
Professur für Didaktik der Biologie
Universität Regensburg



Prof. Dr. Henrike Rau
Mensch-Umwelt-Beziehungen
Ludwig-Maximilians-Universität München

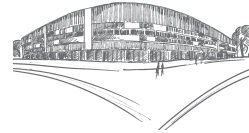
■ BLIZ

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



Prof. Dr. Wolfgang W. Weisser

Terrestrische Ökologie
Technische Universität München



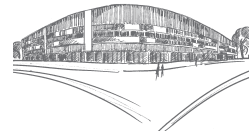
Prof. Dr. Juliano Sarmiento Cabral

Ecosystem Modeling, CCTB
Julius-Maximilians-Universität Würzburg



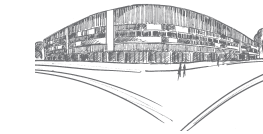
Dr. Uta Raeder

Limnologische Station Iffeldorf
Aquatische Systembiologie
Technische Universität München



Prof. Dr. Thomas Knoke

Forest Management
Technische Universität München



Prof. Dr. Johannes Sauer

Agricultural Production and Resource Economics
Technische Universität München



Prof. Dr. Florian Hartig

Theoretische Ökologie
Fakultät für Biologie und Präklinische Medizin
Universität Regensburg



Prof. Dr. Perdita Pohle

Geographie
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen Nürnberg

■ BayTreeNet

Talking Trees



Prof. Dr. Achim Bräuning

Geographie
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg



Prof. Dr. Thomas Mölg

Geographie
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg



Prof. Dr. Jan Christoph Schubert

Didaktik der Geographie
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

■ LandKlif

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



Prof. Dr. Ingolf Steffan-Dewenter

Tierökologie und Tropenbiologie
Universität Würzburg



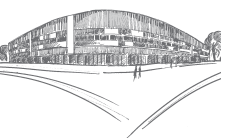
Prof. Dr. Jörg Müller

Tierökologie und Tropenbiologie
Universität Würzburg



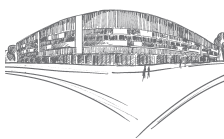
Prof. Dr. Jörg Ewald

Botanik, Vegetationskunde, Gebirgsökosysteme
Hochschule Weihenstephan-Triesdorf



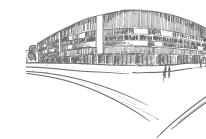
Prof. Dr. Johannes Kollmann

Renaturierungsökologie
Technische Universität München



Prof. Dr. Annette Menzel

Ökologiklimatologie
Technische Universität München



Dr. Wibke Peters

L4 - Wildbiologie und Wildtiermanagement
Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft

■ LandKlif



PD Dr. Thomas Hovestadt
Theoretical Evolutionary Ecology Group
Universität Würzburg



Prof. Dr. Stefan Dech
Fernerkundung
Universität Würzburg



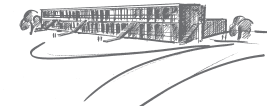
Prof. Dr. Tobias Ullmann
Fernerkundung
Universität Würzburg



Prof. Dr. Harald Kunstmann
Regionales Klima und Hydrologie
Universität Augsburg
Karlsruher Institut für Technologie, Campus Alpin



Prof. Dr. Thomas Koellner
Ökologische Dienstleistungen
Universität Bayreuth



Prof. Dr. Christoph Moning
Zoologie, Tierökologie
Hochschule Weihenstephan-Triesdorf

■ Projektleiter Juniorprojekte

■ ADAPT

Wandelt Klima Arten? Zur Anpassungsfähigkeit von Bestäubern im alpinen Raum



Dr. Alice Claßen

Tierökologie und Tropenbiologie
Julius-Maximilians-Universität Würzburg

■ BayForDemo

Anpassungsstrategien an den Klimawandel für bayerische Wälder



Prof. Dr. Lisa Hülsmann

Ökosystemanalyse & -simulation
Universität Bayreuth

■ Cleanvelope

Energieaktive Gebäudehüllen als Baustein klimaorientierter Stadtentwicklung



Dr.-Ing. Claudia Hemmerle

Gebäudetechnologie und
klimagerechtes Bauen
Technische Universität München

■ HyBBEx

Hysteresis-Effekte in Bayerischen Buchenwald-Ökosystemen durch Klimaextreme

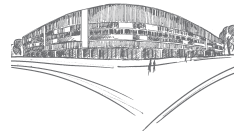


Prof. Dr. Christian Zang

Wälder und Klimawandel
Hochschule Weihenstephan-Triesdorf

■ MintBio

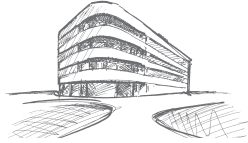
Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt in Bayern



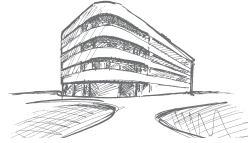
Prof. Dr. Christian Hof

Global Change Ecology
Justus-Maximilians-Universität Würzburg

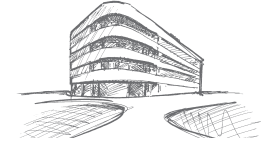
■ Geschäftsstelle



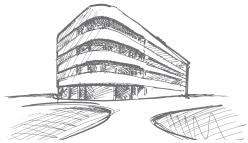
Dr. Ulrike Kaltenhauser
Geschäftsführung



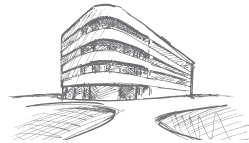
Dr. Sabine Rösler
Referentin



Andreas Hauser
Leitung Digitale Vernetzung

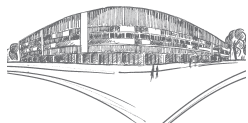


Dr. Sophia Schreiber
Wissenschaftliche Mitarbeiterin



Julius Reich
Referent Datenmanagement

■ Sprecher bayklif



Prof. Dr. Annette Menzel
Wissenschaftliche Sprecherin



Prof. Dr. Ingolf Steffan-Dewenter
Wissenschaftlicher Sprecher



■ Danksagung

Das Team der Geschäftsstelle **bayklif** möchte einen besonderen Dank an die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der einzelnen **bayklif** Forschungsprojekte aussprechen. Ohne ihre effektive und professionelle Unterstützung wäre die Zusammenstellung dieser Ergebnisbroschüre nicht möglich gewesen. Mit diesem kurzen Überblick über die wichtigsten Daten aus fünf Jahren Forschung möchten wir die Ergebnisse des Netzwerks in einer Form präsentieren, die interessierten Lesern vielleicht Anregungen gibt, aktiver zu handeln.

Ebenso möchten wir dem Bayerischen Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst unseren Dank aussprechen, das durch die finanzielle Unterstützung der Forschungsarbeiten einen bedeutenden Beitrag zur erfolgreichen Umsetzung dieses Projekts geleistet hat.

Impressum

Konzept Dr. Ulrike Kaltenhauser
Umschlag Julius Reich
Design hr-design, Rainer Herrmann
Druck Druckhaus Kastner, Wolnzach
Bilder bayklif, Adobe Stock
© 2023 Alle Rechte vorbehalten

Diese Ergebnisbroschüre dient nicht nur als Informationsquelle über die Konsequenzen des Klimawandels in Bayern, sondern auch als Motivation und Ansporn für die bayerische Gemeinschaft. Sie betont die Notwendigkeit interdisziplinärer Forschung, die Wichtigkeit des Engagements jedes Einzelnen und unterstreicht die potenziellen Lösungswege für die anstehenden Herausforderungen. Es ist ein Aufruf zum Handeln, basierend auf soliden wissenschaftlichen Erkenntnissen der bayklif-Projekte.

