



Julian TREFFLER, Cynthia TOBISCH, Christoph MONING und Jörg EWALD

## LandKlif-Verbundprojekt – Biodiversität und Klimawandel

### Was lässt sich aus großangelegten Forschungsvorhaben für die Naturschutzpraxis ableiten?

**Abbildung 1:**

Links: Bläulinge bei der Paarung, rechts: Vegetationsaufnahme auf einer der bayernweit angelegten Untersuchungsflächen (Fotos: Cynthia Tobisch, Sandra Rojas Botero).

Der Landnutzungswandel und die fortschreitenden Temperaturveränderungen durch den Klimawandel sind wesentliche Treiber von lokalen und regionalen Aussterbeprozessen und beeinflussen Biodiversität und die Bereitstellung von Ökosystemleistungen. Im Rahmen des LandKlif-Verbundprojekts wurden von 2018 bis 2023 in einer bayernweiten Feldstudie in 11 Teilprojekten die Wechselwirkungen beider Faktoren und deren kombinierte Einflüsse auf Arten, Lebensgemeinschaften und Ökosystemleistungen betrachtet. Dieser Beitrag stellt ausgewählte Erkenntnisse einzelner Teilprojekte vor und geht für drei exemplarische Themenfelder in Waldlebensräumen, dem Offenland sowie urbanen Räumen auf Anknüpfungspunkte in der Naturschutzpraxis ein. Im Rahmen des Transfers von der Wissenschaft in die Praxis werden zukünftige Handlungsmöglichkeiten aufgezeigt, um dem Artensterben in Bayern entgegenzuwirken und die Klimaresilienz von Ökosystemen zu stärken.

Das weltweite Artensterben ist nicht zuletzt durch den Erfolg des Volksbegehrens „Rettet die Bienen“ einer breiten Öffentlichkeit bekannt. Vor allem der Rückgang an Insekten ist seit einigen Jahren Thema vieler wissenschaftlicher Studien (siehe beispielsweise HABEL et al. 2019). Zu den wesentlichen Ursachen zählen Klimawandel und Landnutzungsänderungen (IPBES 2019). Diese Prozesse wirken großräumig und unabhängig von der lokalen Landnutzungsintensität (SEIBOLD et al. 2019).

NEFF et al. (2022) kritisieren hierbei, dass Klimawandel und Biodiversitätsrückgang häufig separat

betrachtet werden, obwohl sich negative Effekte von Klima- und Landnutzungsänderungen gegenseitig verstärken können. Um die Ursachen des Insektensterbens zu verstehen und weitere Verluste zu vermeiden, ist eine differenzierte Betrachtung der Wechselwirkungen auf ein breites Artenspektrum notwendig (OLIVER & MORECROFT 2014). Für Bayern wurde dies erstmals durch das LandKlif-Projekt untersucht. Von 2018 bis 2023 untersuchte das Projekt die Biodiversität und Multifunktionalität der Lebensräume entlang eines Landnutzungs- und Klimagradienten. Die zentralen Forschungsfragen beschäftigten sich damit, wie

Abbildung 2:

Info-Box mit den Kerndaten des LandKlif-Projekts, wie dem Projektzeitraum der Förderung sowie den beteiligten Hochschulen und Universitäten.



### Das LandKlif-Verbundprojekt

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

**Zeitraum:** 2018 – 2023

**Förderung:** Bayerisches Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst im Rahmen des Bayerischen Klimaforschungsnetzwerks (bayklif)

**Projektwebseite:** [www.landklif.biozentrum.uni-wuerzburg.de](http://www.landklif.biozentrum.uni-wuerzburg.de)  
[www.landklif.biozentrum.uni-wuerzburg.de/Project/Journal.aspx](http://www.landklif.biozentrum.uni-wuerzburg.de/Project/Journal.aspx)

**Teilprojekte:** 11 Teilprojekte an 5 Hochschulen/Universitäten



**Publikationsliste:**







Klima und Landnutzung die Artenvielfalt, Lebensgemeinschaften und Ökosystemdienstleistungen prägen, welchen Beitrag die biologische Vielfalt auf verschiedenen Ebenen zur Klimaresilienz von Ökosystemen leisten kann und welche Maßnahmen auf lokaler bis regionaler Ebene Biodiversität und Ökosystemleistungen im Kontext des Klimawandels fördern. Die Teilprojekte ergänzten diese Themen durch vertiefende Fragen (REDLICH et al. 2021; URL 1).

Dieser Beitrag gibt einen Überblick über die Ergebnisse und nennt Anknüpfungspunkte in der Naturschutzpraxis für drei ausgewählte Themen in Waldlebensräumen, dem Offenland und urbanen Räumen. Berücksichtigt werden auch Vorschläge aus Landwirtschaft und Naturschutz aus einer bayernweiten Umfrage des LandKlif-Projektes (THIEMANN et al. 2022). Außerdem fließen die Ergebnisse in einen bayernweiten Atlas der Ökosystemleistungen ein (URL 2).

#### Das LandKlif-Versuchsdesign

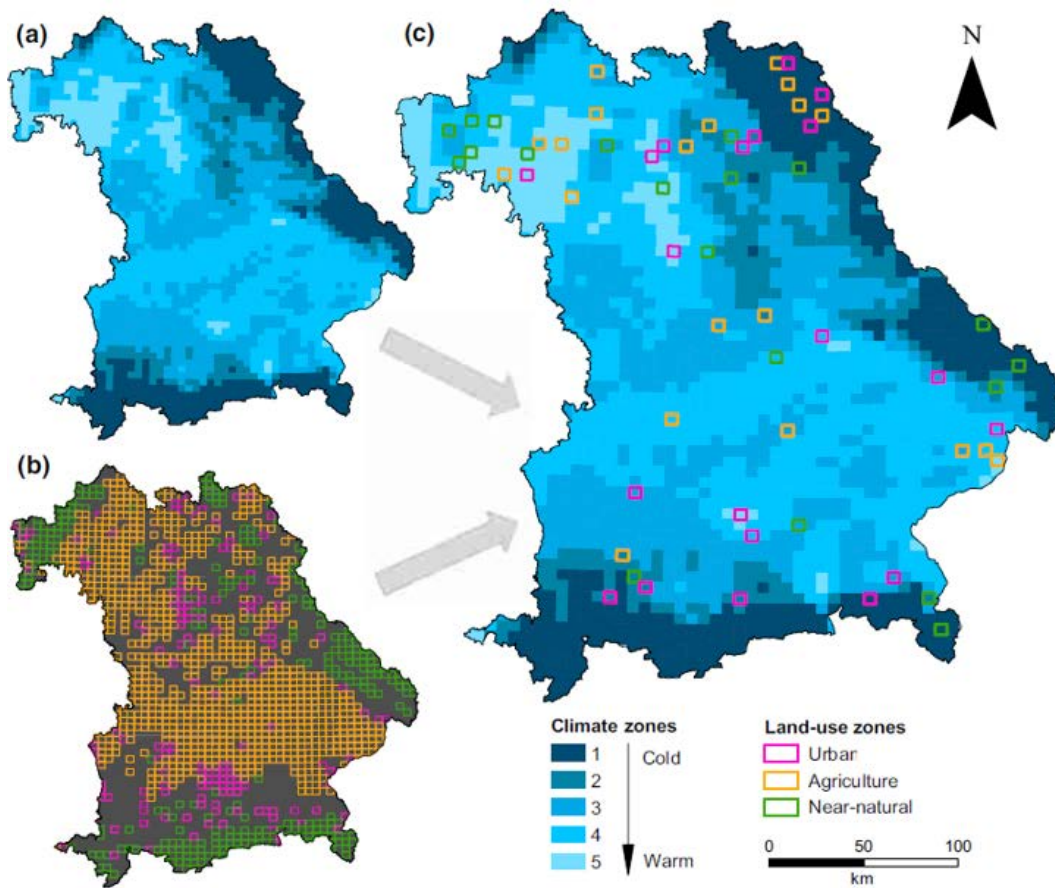
Um Klima- und Landnutzungseffekte auf Biodiversität und Ökosystemleistungen zu untersuchen, ging das Verbundprojekt nach einem Space-for-Time-Ansatz vor (BLÜTHGEN et al. 2022; REDLICH et al. 2021), betrachtete räumliche Gradienten also stellvertretend für lange Zeitreihen. Dazu unterteilte man Bayern nach der mittleren Jahrestemperatur in fünf Klimazonen und drei vorherrschende Landnutzungskategorien (naturnah, landwirtschaftlich und urban). Die resultierenden Kombinationen aus Klima und Landnutzung, viermal wiederholt, ergaben

60 repräsentative Quadranten (5,8 x 5,8 km; Abbildung 1).

Innerhalb jedes Quadranten liegen je drei Untersuchungsflächen aus den lokalen Landnutzungstypen Wald, Grünland, Acker und Siedlungsraum. Die insgesamt 179 Untersuchungsflächen lagen standardisiert in offener, krautiger Vegetation, weshalb in agrarischen Flächen Standorte im Ackerrandbereich und in Forsten offene Waldlichtungen ausgewählt wurden. Der Großteil (88 %) lag außerhalb von geschützten Biotopen oder Schutzgebieten in der Normallandschaft (REDLICH et al. 2021; TOBISCH et al. 2023).

Von April bis August 2019 wurden auf allen Flächen Fluginsekten mit Malaisefallen erfasst, die Insektenbiomasse gewogen sowie die Artenvielfalt mit DNA-Sequenzierung (Metabarcoding) identifiziert (UHLER et al. 2021). Als taxonomische Einheit für die Artenzahlen dienen Barcode Index Numbers (BIN), die eine hohe Übereinstimmung zu tatsächlichen Arten haben und ein vergleichbares Bestimmungsniveau über alle Artengruppen gewährleisten (RATNASINGHAM & HEBERT 2013). Ebenso wurden 2019 auf allen 179 Flächen Vegetationsaufnahmen im Umfang von 10 m<sup>2</sup> im direkten Umfeld der Fallen durchgeführt. Ergänzend folgten 2020 floristische Transektkartierungen entlang von Wegen in 200 m-Radien um die Fallenstandorte, angelehnt an die Methodik des Schweizer Biodiversitätsmonitorings (KOORDINATIONSTELLE BDM 2014; TOBISCH et al. 2023).





**Abbildung 3:**  
 Oben: Die Verteilung der Untersuchungsflächen nach den Klimazonen Bayerns, verknüpft mit der Landnutzung (REDLICH et al. 2021). Rechts: Erfassung der Fluginsekten mit Malaisefallen (Fotos: Cynthia Tobisch).

Acker



Grünland

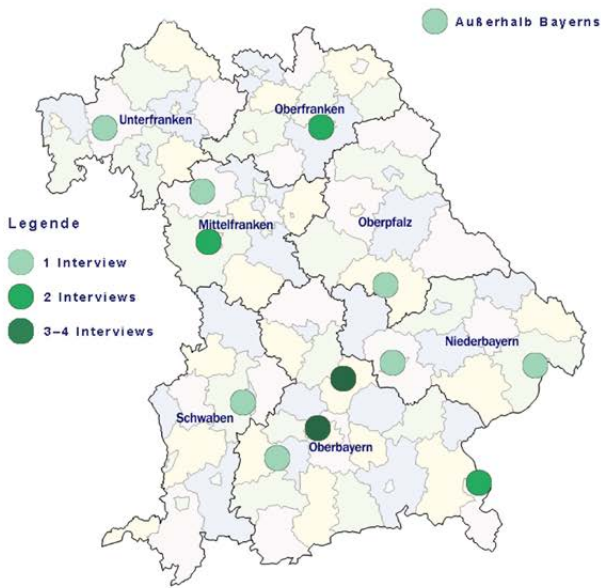


Siedlung



Wald





**Abbildung 4:**

Verortung der Interviews und Darstellung nach den Ebenen der Naturschutzpraxis (Kartengrundlage: d-maps.com).

**Diskussion der Ergebnisse in Experteninterviews**

Um die Ergebnisse in die Praxis einzubringen, wurde an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf untersucht, mit welchen Instrumenten der Landschafts- und Raumplanung die Landschaften Bayerns an den Klimawandel angepasst werden können. Um die Möglichkeiten zu konkretisieren, führte das Projektteam im Winter 2022/23 21 Experteninterviews in allen Regierungsbezirken auf allen Ebenen der Naturschutzpraxis durch (Abbildung 2).

**Ausgewählte Ergebnisse des LandKlif-Projektes**

Der Beitrag stellt im Folgenden Ergebnisse für die betrachteten Lebensräume im Wald, dem Offenland sowie urbanen Räumen vor und geht jeweils im Anschluss auf Anknüpfungspunkte in der Praxis ein.

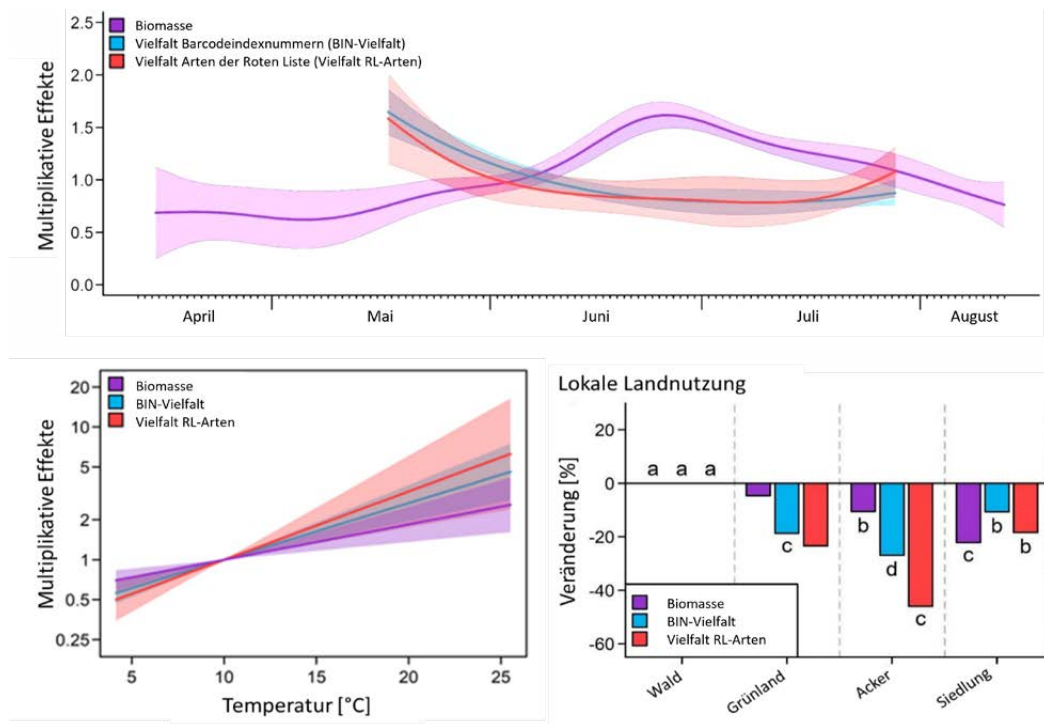
**Erkenntnisse für Waldlebensräume**

**Landnutzung prägt die Artenvielfalt – Waldhabitate fördern Insekten**

Landnutzung, die verfügbaren Ressourcen und die betrachteten Klimavariablen wirken im Zusammenhang auf bestäubende Insekten. Mit

**Abbildung 5:**

Saisonale Auswirkungen (oben), Einfluss der lokalen Temperatur (unten links) sowie der Landnutzung (unten rechts) auf Biomasse, BIN-Vielfalt (= Barcodeindexnummern) und Vielfalt an Rote-Liste-Arten der Fluginsekten, welche mit Malaisefallen auf den 179 Plots gesammelt wurden. Multiplikative Effekte beschreiben die relative Veränderung im Vergleich zu einem gesetzten Referenzwert (adaptiert und übersetzt nach UHLER et al. 2021).





abnehmender Landnutzungsintensität (Siedlung, Acker, Grünland, Wald) nimmt die Vielfalt bestäubender Insekten zu. Eine geringe Intensität und hohe Blütenpflanzenvielfalt wirken sich in Wäldern (Waldlichtungen) positiv auf Bestäubergemeinschaften aus. So prägen zum Beispiel Wechselwirkungen von Klima und Landnutzung die regionale Diversität von Schmetterlingen und die Artenzusammensetzung von Käfern, während die lokale Bestäubervielfalt durch unabhängige Effekte beider Faktoren beeinflusst wird. Höhere Temperaturen führen in wärmeren Regionen zu einer Vereinheitlichung der Artengemeinschaft und wirken sich bayernweit bislang positiv auf Insektenvielfalt und -biomasse aus (Abbildung 3, unten links). Die Temperaturen wurden dafür direkt auf den Untersuchungsflächen mit Temperaturloggern gemessen und anschließend über die Standzeit der Malaisefallen hinweg gemittelt. Für Insekten kritische Temperaturen sind aus dieser Studie noch nicht ersichtlich (UHLER et al. 2021). Ein höherer Waldanteil in der Landschaft kann bislang negativen Klimaeffekten entgegenwirken (GANUZA et al. 2022).

Artenzahlen und Insektenbiomasse folgen über das Jahr hinweg unterschiedlichen Trends (Abbildung 3, oben) und dürfen bei der Beurteilung von Insektenpopulationen nicht gleichgesetzt werden. Die größten Unterschiede in der Biomasse von Fluginsekten finden sich zwischen Waldhabitaten und den urbanen Räumen (Differenz -22 %), während die Artenvielfalt in beiden Lebensräumen vergleichbar war. Die größten Unterschiede des gesamten Artenspektrums (-29 %) und der Rote-Liste-Arten (-56 %) bestehen zwischen Wäldern und Äckern. Die Biomassewerte im Offenland (Acker und Grünland) liegen hingegen nur gering unter den Waldlebensräumen. In diesen bewirtschafteten Lebensräumen findet man zwar weniger Arten, diese häufig als Generalisten auftretende Insekten kommen dafür in großer Menge vor, wodurch ähnliche Biomasse-Werte wie in naturnahen Habitaten erreicht werden. In ausgeräumten Landschaften finden Insekten Rückzugshabitate in Waldlichtungen. Bereits kleine Waldbestände und Einzelbäume können zum Erhalt der Biodiversität beitragen (UHLER et al. 2021).

#### Der Frühlingsaustrieb mitteleuropäischer Wälder verschiebt sich klimabedingt

Gegenwärtig treiben mitteleuropäische Wälder immer früher aus. Was dies für die Phänologie der Buchenwälder bedeutet, untersuchte LandKlif in neun ausgewählten Quadranten über

einen Temperaturgradienten von 2,5 °C im Frühjahr der Jahre 2019 und 2020 mit Zeitrasterkameras, visuellen Bodenbeobachtungen und Sentinel-2-Satellitendaten. Für jedes °C mehr (wärmer) fand der Austrieb im Kronenraum jeweils durchschnittlich -2,6 (gemessen über Kameras) beziehungsweise -2,9 Tage (visuell ermittelt) früher statt. Im Unterwuchs dagegen wurde keine signifikante Verschiebung festgestellt. Dieses phänologische Ungleichgewicht zwischen Krone und Unterwuchs kann zu negativen Auswirkungen in Waldökosystemen führen. So könnten lichtbedürftige Pflanzen im Unterwuchs und am Waldboden unter Stress geraten und Ökosystemfunktionen wie Photosynthese und CO<sub>2</sub>-Speicherung im Unterwuchs vermindert werden. Dies unterstreicht die Bedeutung von Waldlichtungen und lichten Waldstrukturen mit einer vielfältigen Pflanzensammensetzung im Unterwuchs, welche für die biologische Vielfalt von Bedeutung sind. In Zukunft sollten Wälder so bewirtschaftet werden, dass sowohl die natürliche Verjüngung als auch die Ansprüche lichtbedürftiger Arten berücksichtigt werden (UPHUS et al. 2021).

#### Anknüpfungspunkte im Wald

Da die Forstwirtschaft den Waldgesetzen des Bundes und der Länder unterliegt, finden sich Anknüpfungspunkte vor allem in den Waldbewirtschaftungsplänen der Forstwirtschaft. Eine praktische Hürde stellt die Dominanz der Hochwälder dar, mit einem Anteil an standortfremden Nadelhölzern wie der Fichte in tieferen Lagen von über 50 % in Deutschland (BMEL 2021). In den Experteninterviews wurde deutlich, dass die Förderung lichter Waldstrukturen ein wichtiges Instrument im Hinblick auf Klimaanpassung und Resilienz von Ökosystemen darstellt. Die Ergebnisse betonen, wie wichtig lichte Wälder als Quelle für Biodiversität in Normallandschaften sowie als Puffer für negative Klimawandeleffekte sind. Verlichten jedoch Waldbestände, schreibt § 11 Bundeswaldgesetz (BWaldG) vor, die Flächen wieder aufzuforsten oder zu ergänzen. Dies verkürzt die Lichtwaldphasen und die Habitatverfügbarkeit. LandKlif empfiehlt daher auch von politischer Seite anzusetzen, um zukünftig lichte Wälder leichter zu schaffen und zu fördern.

Die Zuständigkeiten für die Etablierung von mehr Lichtwaldstrukturen liegen aus Sicht der interviewten Fachleute bei der Politik, den Staatsforsten und den Revierleitenden. So wird besonders den Staatsforsten wegen klarer Verwaltungsstrukturen und eigener Flächen

großer Einfluss zugesprochen. Diese können standörtlich unrentable Flächen wie Steillagen, besonders trockene oder feuchte Bodenverhältnisse oder Sonderstandorte unter Hochspannungsleitungen, unter denen Hochwald aus technischen Gründen unerwünscht ist – fürlichte Waldstrukturen nutzen. Mehr Bedeutung kommt in Zukunft auch Pionierwaldstadien zu, da bedingt durch den Klimawandel Kalamitäten, Windwurf, Dürren und Hitzewellen für steigende Waldschäden verantwortlich sind (BMEL 2021).

Die LandKlif-Ergebnisse beziehen sich auf Waldinnenflächen. Es lohnt sich jedoch, die Erkenntnisse auf Waldränder und walddnahe Ökotope zu übertragen. So fördert die Verzahnung von land- und forstwirtschaftlicher Nutzung Artenreichtum, Nektarproduktion, Stammholzbioasse und Baumverjüngung (VANNESTE et al. 2023).

#### Abbildung 6:

Beispiele für kartierte Arten der Rote Liste Bayern (A: *Centaurea erythraea*, B: *Phyteuma nigrum*, C: *Campanula patula*, D: *Centaurea cyanus*; alle Vorwarnliste) und Zeigerarten für § 30-Biotop (E: *Clinopodium vulgare*, F: *Veronica officinalis*, G: *Lychnis flos-cuculi*, H: *Betonica officinalis*); Fotos: Cynthia Tobisch).

#### Erkenntnisse für intensiv und extensiv genutzte Lebensräume im Offenland

#### Biotopzeigerpflanzen als Zeiger für Insektenvielfalt

Im Projekt wurden Zusammenhänge zwischen Pflanzen- und Insektenvielfalt für trophische (Herbivoren, Prädatoren, Parasitoide, Destruenten) sowie taxonomische Gruppen (Tagfalter, Zikaden, Wanzen, Käfer, Schwebfliegen, Wildbienen) und Rote-Liste-Arten untersucht. Neben der Gesamtvielfalt der Pflanzen wurden

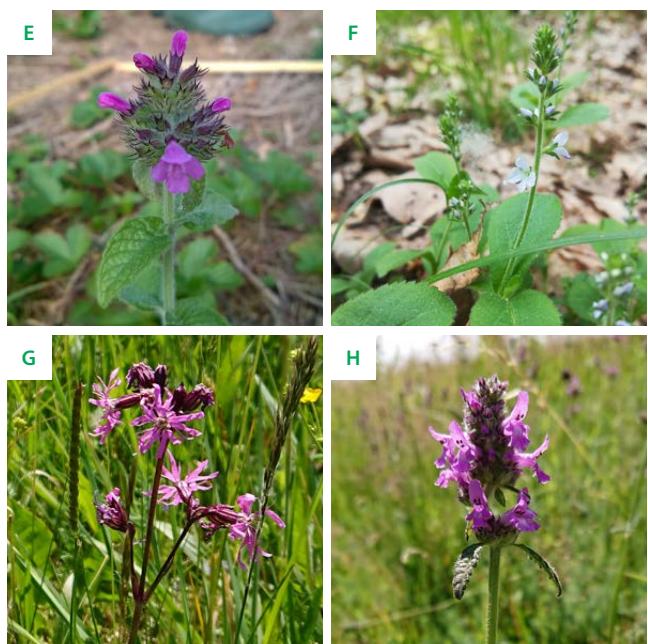
die Effekte naturschutzrelevanter Pflanzengruppen betrachtet. Dies umfasst Pflanzenarten der Rote Liste Bayern (SCHEUERER & BERG 2003) sowie Arten, die für die Identifizierung gesetzlich geschützter Biotop (§ 30 Bundesnaturschutzgesetz [BNatSchG]) verwendet werden und im Bestimmungsschlüssel für Bayern (LFU 2020) gelistet sind (Abbildung 4). Neben der Pflanzenvielfalt wurden in der Auswertung weitere Faktoren wie Habitatmenge, Landschaftsstruktur, Landnutzungstyp und Temperatur berücksichtigt (TOBISCH et al. 2023).

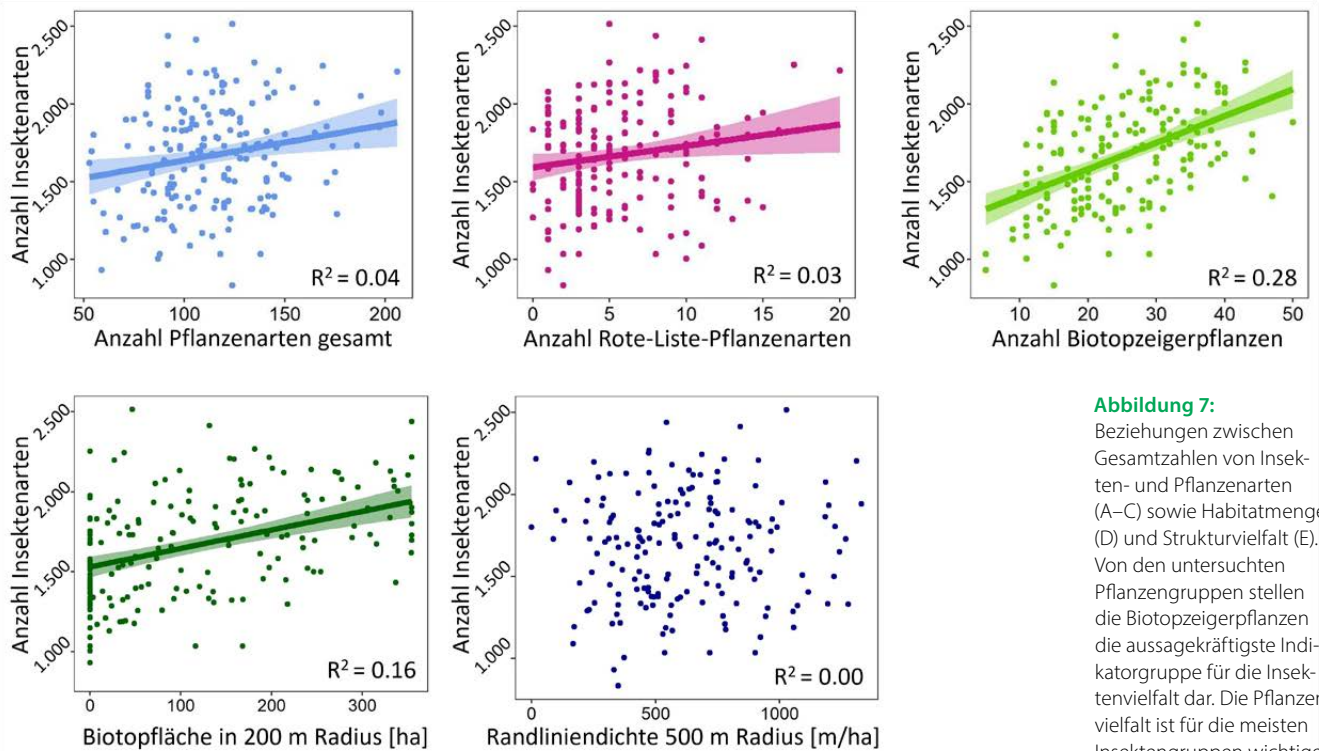
Die Studie zeigt eine deutliche Korrelation der Insektenvielfalt mit der Anzahl an Biotopzeigerarten, während die gesamte Pflanzenartenzahl und die der Rote-Liste-Pflanzen sich nur geringfügig auswirkten (Abbildung 5). Dies galt für alle trophischen Gruppen gleichermaßen. Neben den trophischen Gruppen Herbivore, Prädatoren, Parasitoide und Destruenten wurden jeweils zusammenfassend alle Arthropoden sowie die Untergruppe der Rote-Liste-Arten untersucht. Auf Ebene der Insektenordnungen betrachtete man die Auswirkungen der Pflanzengruppen auf Schwebfliegen, Käfer, Schmetterlinge, Zikaden, Wanzen und Bienen. Die Anzahl der Rote-Liste-Insektenarten sowie die Gesamtzahl der Tagfalterarten war stark mit Pflanzenarten der Rote Liste korreliert. Für die Gesamtzahl der Wanzen, Zikaden und Wildbienen war die Gesamtvielfalt der Pflanzen der entscheidende Faktor. Auch bei Berücksichtigung weiterer

#### Pflanzenarten der Rote Liste Bayern



#### Zeigerarten für geschützte Biotop



**Abbildung 7:**

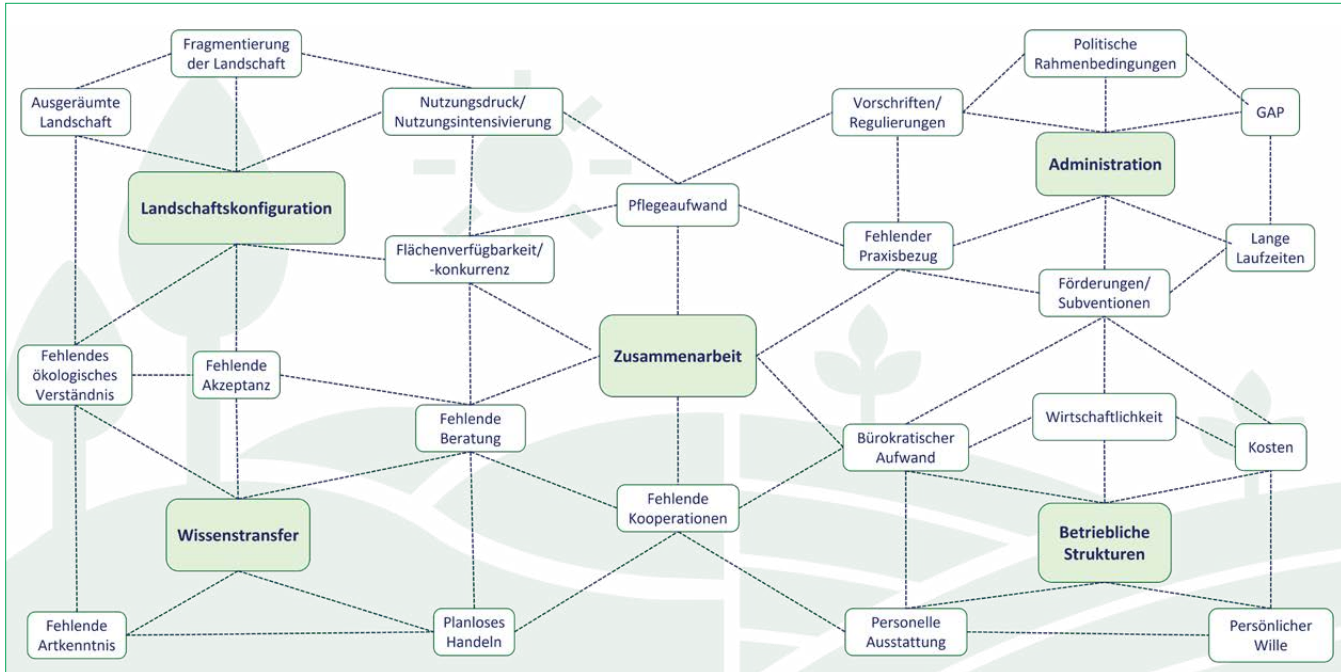
Beziehungen zwischen Gesamtzahlen von Insekten- und Pflanzenarten (A–C) sowie Habitatmenge (D) und Strukturvielfalt (E). Von den untersuchten Pflanzengruppen stellen die Biotopzeigerpflanzen die aussagekräftigste Indikatorgruppe für die Insektenvielfalt dar. Die Pflanzenvielfalt ist für die meisten Insektengruppen wichtiger als die Habitatmenge oder Strukturvielfalt (verändert nach TOBISCH et al. 2023).

Einflussfaktoren gehörte die Pflanzenvielfalt zu den stärksten Treibern für die Insektenvielfalt. Die Menge an verfügbarem Habitat, das heißt die Flächenanteile an geschützten Biotopen sowie Laub- und Mischwäldern wirkte sich weniger deutlich, aber dennoch positiv auf die Insektenvielfalt aus. Die Landschaftsstruktur, hier dargestellt durch die Randliniendichte, zeigte keine Effekte. Demnach ist vor allem die lokale Habitatqualität förderlich für die Insektenvielfalt. Dies bestätigt die Bedeutung der Biotopzeigerarten für die Beurteilung der Habitate, die auch über die Bestimmung geschützter Biotopzeigerarten hinaus ein Instrument zur Bewertung insektenfreundlicher Flächen darstellen können. Ein Insektenmonitoring erfordert hohen zeitlichen und finanziellen Aufwand, da die Arten durch Fachleute bestimmt oder über DNA-Sequenzierung analysiert werden müssen. Zudem ist dies meist mit der Tötung von Individuen verbunden. Die Erfassung von Biotopzeigerpflanzen bietet je nach Aufgabenstellung eine kostengünstige Alternative, um Flächen in Bezug auf die Vielfalt vieler Insektengruppen großflächig und handhabbar für die planerische Praxis zu bewerten. Das Spektrum an Biotopzeigern umfasst nicht nur seltene Arten, die auf wenige Standorte beschränkt sind, sondern auch Arten, die außerhalb geschützter Flächen vorkommen. So kann die Habitatqualität auch in intensiver genutzten Landschaften bewertet werden (TOBISCH et al. 2023).

### Biotopzeigerpflanzen in der Planungspraxis

In den Studien des LandKlif-Projektes wirkten sich Landnutzungsänderungen stärker auf die biologische Vielfalt aus als klimatische Einflüsse (UHLER et al. 2021). Um negative Landnutzungseffekte abzumildern, ist eine vielfältige Landschaft notwendig, wie die Projektergebnisse zeigen (GANUZA et al. 2022). Nach HABER (2014) ist ein Mindestsatz von 10 % an entsprechenden Strukturen in der Landschaft notwendig, damit Naturschutzmaßnahmen und -projekte einen Mehrwert für die Biodiversität erzielen können. Dazu gehören Hecken, Raine und Ranken, unbefestigte Feldwege, Gewässerrandstreifen und extensiv bewirtschaftete Flächen. LandKlif zeigt auch, dass für viele Insektengruppen die Habitatqualität wichtiger ist als die Habitatmenge (TOBISCH et al. 2023). Die Biotopzeigerpflanzen können hier über die amtlich kartierten Biotopzeiger hinaus herangezogen werden, um Flurstücke zu bewerten. Das kann als Grundlage dienen, um langfristig ein funktionierendes Biotopverbundsystem aufzubauen und die strukturelle Vielfalt auf Landschaftsebene zu verbessern. Neben dem andauernden Landnutzungswandel spielen auch ökonomische und soziale Faktoren eine große Rolle bei der Umsetzung solcher Maßnahmen (Abbildung 6).



**Abbildung 8:**

Bestehende Hürden im Offenland, welche für eine erfolgreiche Implementierung der Erkenntnisse in der Praxis berücksichtigt werden müssen (Grafik: Julian Treffler).

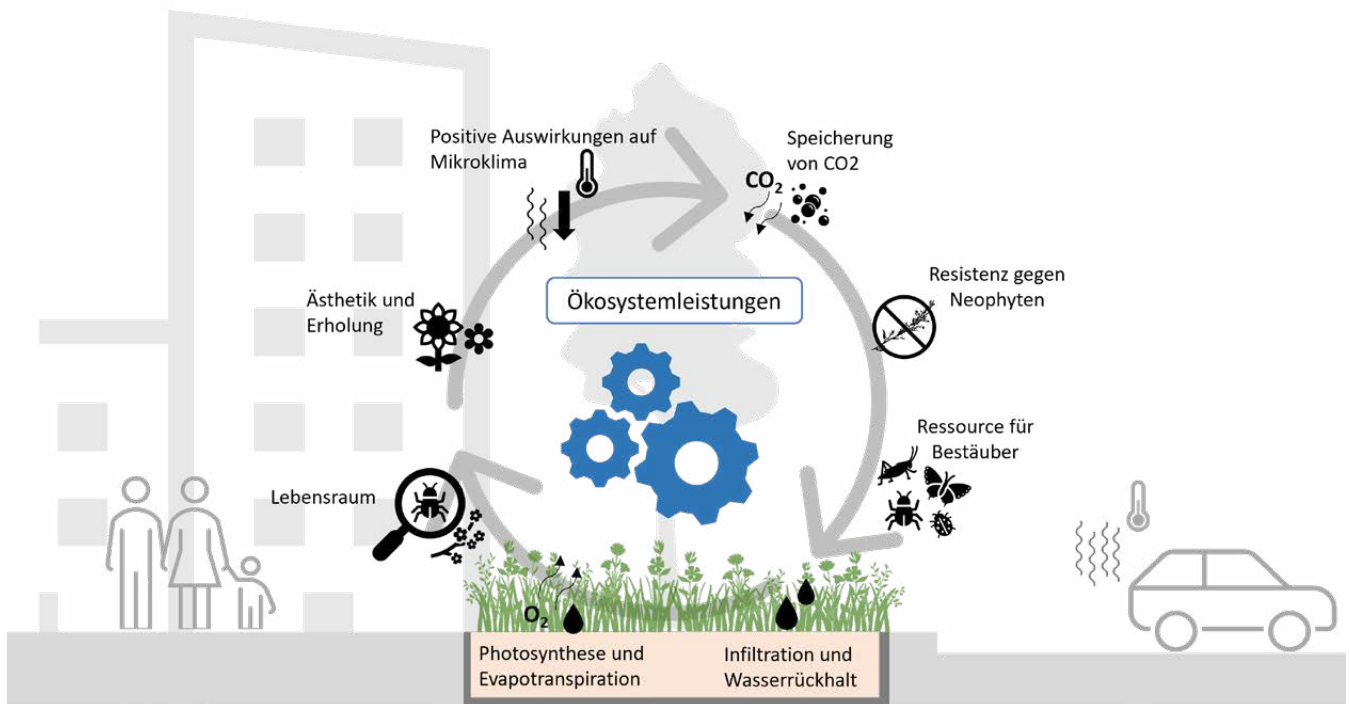
Die Experteninterviews zeigten, dass die Rolle der Biotopzeigerpflanzen von Interesse ist, und zwar nicht nur für die beratenden Personen und Stakeholder der Landwirtschaft sowie für die verschiedenen Ebenen der Naturschutzverwaltung, sondern auch für alle, die bei der Gestaltung von Fördermaßnahmen mitwirken. In den Förderprogrammen lassen sich diese Pflanzen als Kennarten für Erfolgskontrollen noch stärker integrieren (BERTKE et al. 2003), wenn mehr erfolgsbasierte Subventionen eingerichtet und die bestehenden Kennartenlisten (LFL 2023) insgesamt breiter aufgestellt werden. LandKlif konnte erstmals mit einem wissenschaftlichen Datensatz über ganz Bayern hinweg die Rolle der Zeigerpflanzen für Fluginsekten belegen. Diese Pflanzen sind somit nicht nur für die allgemeine Identifizierung hochwertiger Flächen von Interesse, sondern können als Stellschraube genutzt werden, um Habitats aufzuwerten und gezielter dem Insektensterben in der Normallandschaft zu begegnen.

### Umfrage-Ergebnisse zu Agrarumweltmaßnahmen

Unsere Umfrage im Rahmen von LandKlif zu Agrarumweltmaßnahmen zeigt, dass Landwirte (verschiedene Erwerbsformen und Bewirtschaftungsweisen) und Akteure der Naturschutzpraxis unterschiedliche Motivationen haben, sich an den Programmen zu beteiligen. Alle Perspektiven müssen bei der Gestaltung von Naturschutzmaßnahmen beachtet werden (ZINDLER 2022 nach PRAGER & FREESE 2009). Für die Landwirtschaft sind Förderungen attraktiv, wenn sie

flexibel, praktikabel und rentabel gestaltet sind. Die finanzielle Sicherheit ist insbesondere für Haupterwerbsbetriebe entscheidend. Umgekehrt priorisierten Teilnehmende der Naturschutzseite den Nutzen für die Biodiversität vor ökonomischen Themen. In den Verbesserungsvorschlägen von 825 Landwirtinnen und Landwirten und 118 Personen aus der Naturschutzpraxis sprechen sich beide Seiten für mehr erfolgsbasierte Agrarumweltmaßnahmen aus, welche kosteneffektiver als handlungsorientierte Maßnahmen, aber auch mit finanzieller Unsicherheit verbunden sind (BURTON & SCHWARZ 2013; ZINDLER 2022 nach ANSELL et al. 2016). Die Umfrage zeigt ein starkes Interesse an Fördermaßnahmen, welche den Einsatz von Düngemitteln und Pestiziden verringern. Gleichzeitig werden verstärkt Maßnahmen gefordert, die den Humusaufbau fördern, zum Beispiel durch mehrjährige Kulturen, Einarbeitung von Biomasse und Subventionierung geeigneter Fruchtfolgen. Ein Hauptthema sind die geltenden Schnittzeitpunkte im Grünland, welche aus Sicht der Befragten flexibler an örtliche Standortbedingungen angepasst werden sollen. In diesem Kontext müssen örtliche Besonderheiten sowie die regionale Artenvielfalt mitberücksichtigt werden. Das könnte durch den Einsatz der Biotopzeigerarten als Kennarten umgesetzt werden. Teilnehmende aus der Naturschutzpraxis schlagen weitere konkrete erfolgsbasierte Maßnahmen vor, wie zum Beispiel für eine erfolgreiche Reproduktion von Wiesenbrütern auf landwirtschaftlichen Flächen. Zusätzlich sprechen sich beide Akteursgruppen für mehr





Beratung hinsichtlich Fördermöglichkeiten und Maßnahmenumsetzung aus und unterstützen eine unkompliziertere Gestaltung der Subventionen. Agrarumweltmaßnahmen sollen demnach auch in Zukunft sowohl traditionelle als auch innovative Ideen aufnehmen und unterstützen. Dazu zählen die Förderung von Permakulturen und Dreifelderwirtschaft, Agroforstwirtschaft, Agrophotovoltaik, Drohnen und alte Kultursorten (ZINDLER 2022).

### Erkenntnisse für urbane Lebensräume

#### Heimische Pflanzen für Multifunktionalität urbaner Ökosysteme

Neben dem Versuchsdesign (REDLICH et al. 2021) wurden weitere Freilandexperimente auf experimentell angelegten, urbanen Grünflächen durchgeführt und in Klimakammerversuchen getestet, wie tolerant die Grünlandgesellschaften gegenüber einer Invasion von *Solidago gigantea* sind (Gras-Krautverhältnisse von 50:50, 25:75 und 0:100). Die Ergebnisse der Experimente zeigen, dass eine Pflanzensammensetzung aus verschiedenen funktionellen Gruppen die Multifunktionalität der Grünflächen und deren Beitrag für die Biodiversität und Ökosystemleistungen fördert (ausgewählte Ökosystemleistungen in Abbildung 7; ROJAS-BOTERO et al. 2022, 2023).

Die Vegetation entlang von Straßenrändern oder auf größeren Grünflächen stellt in versiegelten Räumen einen Rückzugsort für die biologische Vielfalt dar und bietet wichtige Ressourcen für Bestäuber. Versuche im Freiland

belegen jedoch unterschiedliche Wirkungen je nach Blütenangebot und Zusammensetzung der funktionellen Gruppen. Ein höherer Krautanteil kann im Sommer die Oberflächentemperatur auf Blühflächen im Vergleich zu versiegelten Flächen oder reinen Grasbeständen besser reduzieren. Der Klimawandel wirkt sich aber auch auf die Entwicklung der Vegetation aus: Höhere Temperaturen und ein höherer CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Etablierungsphase erhöhen die Biomasse und das Blütenangebot. Fehlender Niederschlag stellt dagegen eine wesentliche Beeinträchtigung der Multifunktionalität von Blühflächen dar. Durch den Trockenstress wird die oberirdische Biomasseproduktion und der Blütenreichtum gehemmt. Inwieweit auch die unterirdische Biomasse betroffen ist, hängt von den funktionellen Pflanzen-Gruppen ab. Bezüglich der Infiltrationsleistung und dem Wasserhaushalt der Grünflächen unterschieden sich die untersuchten Gemeinschaften nicht. Seltener mähen und artenreiche Saummischungen einbringen fördert die Multifunktionalität von Grünland, ist praktikabel und steht der Klimaresilienz urbaner Grüner Infrastruktur nicht im Weg. Werden heimische Arten und regionales Saatgut verwendet, unterstützt dies insgesamt die Multifunktionalität urbaner Ökosysteme besser. Das fördert auch die Invasionsresistenz. Die Experimente in Klimakammern zeigen, dass die Konkurrenzstärke einheimischer Pflanzengemeinschaften ein entscheidender Faktor für die Ansiedlung von *Solidago gigantea* ist (ROJAS-BOTERO et al. 2022, 2023).

#### Abbildung 9:

Grünflächen mit mehr heimischen, krautigen Pflanzen fördern die Multifunktionalität und Ökosystemleistungen (Grafik: Julian Treffler).

### Anknüpfungspunkte im urbanen Raum

Möglichkeiten, um Grünflächen multifunktional weiterzuentwickeln, werden in den Experteninterviews in formellen und informellen Instrumenten gesehen. Zu den formellen Instrumenten zählen Grünordnungs-, Flächennutzungs-, Landschafts- und Bebauungspläne. Verbindliche Festsetzungen zu öffentlichen und privaten Grünflächen ermöglichen eine funktionierende Grüne Infrastruktur. Konkrete Pflanzvorgaben mit mehr heimischen, krautigen Arten können nicht nach § 9 Baugesetzbuch (BauGB) festgesetzt werden. Hier liegen Möglichkeiten bei informellen Instrumenten, wie freiwilligen Gestaltungssatzungen, Stadtentwicklungskonzepten, der Doppelten Innenentwicklung und städtischen Sanierungsgebieten vor.

Administrativ müssen neben den Bürgermeistern und Bürgermeisterinnen, den Verwaltungseinheiten und Bauhöfen auch die Bürger und Bürgerinnen bei der Gestaltung des städtischen Grüns einbezogen werden. Bedeutend für die Implementierung der Projektergebnisse sind auch die vielfältigen bestehenden städtischen Projekte und Initiativen. Wie vielfältig das aktuelle Angebot ist, zeigt Abbildung 8. Diese Sammlung steht hier stellvertretend für themennahe Initiativen mit dem Ziel, Biodiversität und Klimaanpassung in urbanen Räumen zu fördern. Auch laufende Projekte profitieren von neuen Erkenntnissen aus dem LandKlif-Projekt. So belegen die Experimente, dass ein höheres Blütenangebot durch höheren Anteil krautiger Pflanzen praktikabel ist und die Klimaanpassung unterstützen kann. Infiltrationsleistung und Wasserhaushalt unterscheiden sich nicht von den typischen Vegetationsflächen mit hohem Grasanteil. Gleichzeitig erschweren aber heimische, krautige Pflanzen die Etablierung von Neophyten.

Aus den Interviews geht zudem hervor, dass das Förderangebot mittlerweile zu unübersichtlich ist, um sich rasch über Förderoptionen zu informieren. Ein neues, übersichtliches Internetportal wird als geeignet angesehen, diese praktische Hürde zu lösen. Darüber könnte auch eine vereinfachte Antragsstellung erfolgen, um gerade Kommunen mit wenig Personal die Bearbeitung zu erleichtern.

### Fazit

Die mediale Aufmerksamkeit nach dem erfolgreichen Volksbegehren äußert sich auch in Forschung und Praxis durch zahlreiche Studien und Initiativen mit positiven Effekten für Biodiversität und Klimaanpassung. Dies kann die Naturschutzpraxis als Rückenwind nutzen, um die Themen Artenvielfalt im Klimawandel zu verstetigen. Der Rückgang der Biodiversität und der fortschreitende Klimawandel bleiben auch in Zukunft zentrale Herausforderungen für alle Sektoren. Maßnahmen zum Schutz der biologischen Vielfalt und zur Förderung der Klimaresilienz werden sich langfristig zu Pflichtaufgaben für Kommunen entwickeln.

Landnutzungsmuster und Klimafaktoren gemeinsam zu betrachten, hat im Verbundprojekt LandKlif aufgezeigt, dass insbesondere großflächige, wertvolle Lebensräume erhalten und etabliert werden müssen. Waldhabitate bieten einen wichtigen Rückzugsort für die biologische Vielfalt in der intensiv genutzten Normallandschaft. Eine hohe Landschaftsdiversität ist gerade in ausgeräumten Landschaften Voraussetzung für funktionierende Lebensgemeinschaften und die Bereitstellung von Ökosystemleistungen. Die Potenziale von bestehenden hochwertigen Flächen müssen erkannt und in Biotopverbundsystemen gefördert werden. Dafür bieten die Biotopzeigerarten einen guten Wegweiser für Pflege- und Renaturierungsbemühungen. Die

**Abbildung 10:**

Ausgewählte Logos von Projekten, Initiativen und Initiatoren zum Thema Förderung der biologischen Vielfalt in (bayerischen) Städten (Grafik: Julian Treffler).





Ergebnisse zeigen außerdem, dass eine höhere Habitatqualität auch in urbanen Räumen erzielt werden kann, wenn abwechslungsreichere Grünflächen mit mehr heimischen, krautigen Pflanzen angelegt werden.

### Danksagung

Wir danken dem Bayerischen Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst für die Projektförderung im Rahmen des Bayerischen Klimaforschungsnetzwerks (bayklif). Unser besonderer Dank gilt allen Projektbeteiligten und Teilnehmenden der Interviews für die gute Zusammenarbeit.

### Literatur

- ANSELL, D., FREUDENBERGER, D., MUNRO, N. et al. (2016): The cost-effectiveness of agri-environment schemes for biodiversity conservation: A quantitative review. – *Agriculture, Ecosystems & Environment* 225: 184–191; [doi.org/10.1016/j.agee.2016.04.008](https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.04.008)
- BERTKE, E., HESPELT, S.-K. & TUTE, C. (2003): Ergebnisorientierte Honorierung ökologischer Leistungen der Landwirtschaft. – In: *Angebotsnaturschutz, Vorschläge zur Weiterentwicklung des Vertragsnaturschutzes* 89, BfN-Skripten, Bonn-Bad Godesberg: 27–40.
- BLÜTHGEN, N., STAAB, M., ACHURY, R. et al. (2022): Unraveling insect declines: can space replace time? – *Biological Letters* 18: 20210666.
- BMEL (= BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT, Hrsg., 2021): *Waldbericht der Bundesregierung* 2021.
- BURTON, R. J. F. & SCHWARZ, G. (2013): Result-oriented agri-environmental schemes in Europe and their potential for promoting behavioural change. – *Land Use Policy* 30: 628–641; [doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.05.002](https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.05.002).
- GANUZA, C., REDLICH, S., UHLER, J. et al. (2022): Interactive effects of climate and land use on pollinator diversity differ among taxa and scales. – *Science Advances* 8(18): eabm9359. [10.1126/sciadv.abm9359](https://doi.org/10.1126/sciadv.abm9359).
- HABEL, J. C., SAMWAYS, M. J. & SCHMITT, T. (2019): Mitigating the precipitous decline of terrestrial European insects: Requirements for a new strategy. – *Biodiversity and Conservation* 28: 1343–1360.
- HABER, W. (2014): *Landwirtschaft und Naturschutz*. – Wiley-VCH Verlag, Weinheim: 298 S.
- IPBES (= INTERGOVERNMENTAL PLATFORM ON BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM SERVICES, Hrsg., 2019): *Global assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. – In: BRONDIZIO, E. S., SETTELE, J., DIAZ, S. et al. (eds), Bonn.
- KOORDINATIONSTELLE BDM (2014): *Biodiversitätsmonitoring Schweiz BDM – Beschreibung der Methoden und Indikatoren*. – Umwelt-Wissen 1410, Bundesamt für Umwelt, Bern: 104 S.
- LFL (= BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT, Hrsg., 2023): *Artenreiches Grünland – Ergebnisorientierte Grünlandnutzung*. – Kennarten ab 2023 für „Kennarten in Dauergrünland“ (ÖRS) „Ergebnisorientierte Grünlandnutzung“ (G/D30), 9. Auflage, Freising-Weißenstephan.
- LFU (= BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, Hrsg., 2020): *Bestimmungsschlüssel für Flächen nach § 30 BNatSchG/Art. 23 BayNatSchG*. – Stand Juni 2020.
- NEFF, F., KORNER-NIEVERGELT, F., REY, E. et al. (2022): Different roles of concurring climate and regional land-use changes in past 40 years' insect trends. – *Nature Communications* 13: 7611; [doi.org/10.1038/s41467-022-35223-3](https://doi.org/10.1038/s41467-022-35223-3).
- OLIVER, T. H. & MORECROFT, M. D. (2014): Interactions between climate change and land use change on biodiversity: attribution problems, risks, and opportunities. – *WIREs Climate Change* 5: 317–335; [doi.org/10.1002/wcc.271](https://doi.org/10.1002/wcc.271).
- PRAGER, K. & FREESE, J. (2009): Stakeholder involvement in agri-environmental policy making – Learning from a local- and a state-level approach in Germany. – *Journal of Environmental Management* 90: 1154–1167; [doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.05.005](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.05.005).
- RATNASINGHAM, S. & HEBERT, P. D. (2013): A DNA-based registry for all animal species: the barcode index number (BIN) system. – *PLoS ONE* 8: 66213; <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0066213>.
- REDLICH, S., ZHANG, J., BENJAMIN, C. et al. (2021): Disentangling effects of climate and land use on biodiversity and ecosystem services – A multiscale experimental design. – *Methods in Ecology and Evolution* 13 (2): 514–527; [doi.org/10.1111/2041-210X.13759](https://doi.org/10.1111/2041-210X.13759).
- ROJAS-BOTERO, S., KOLLMANN, J. & TEIXEIRA, L. H. (2022): Competitive trait hierarchies of native communities and invasive propagule pressure consistently predict invasion success during grassland establishment. – *Biological Invasions* 24: 107–122; [doi.org/10.1007/s10530-021-02630-4](https://doi.org/10.1007/s10530-021-02630-4).
- ROJAS-BOTERO, S., TEIXEIRA, L. H. & KOLLMANN, J. (2023): Low precipitation due to climate change consistently reduces multifunctionality of urban grasslands in mesocosms. – *PLoS ONE* 18(2): e0275044; <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0275044>.
- SCHUEERER, M. & BERG, M. (2003): *Rote Liste gefährdeter Gefäßpflanzen Bayerns mit regionalisierter Florenliste*. – Bayerisches Landesamt für Umwelt.
- SEIBOLD, S., GOSSNER, M. M., SIMONS, N. K. et al. (2019): Arthropod decline in grasslands and forests is associated with landscape-level drivers. – *Nature* 574: 671–674; [doi.org/10.1038/s41586-019-1684-3](https://doi.org/10.1038/s41586-019-1684-3).
- THIEMANN, M., RIEBL, R., HAENSEL, M. et al. (2022): Perceptions of ecosystem services: Comparing socio-cultural and environmental influences. – *PLOS ONE* 17: e0276432; [doi.org/10.1371/journal.pone.0276432](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0276432).

TOBISCH, C., ROJAS-BOTERO, S., UHLER, J. et al. (2023): Conservation-relevant plant species indicate arthropod richness across trophic levels: Habitat quality is more important than habitat amount. – *Ecological Indicators* 148: 110039; doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110039.

UHLER, J., REDLICH, S., ZHANG, J. et al. (2021): Relationship of insect biomass and richness with land use along a climate gradient. – *Nature Communications* 12: 5946; doi.org/10.1038/s41467-021-26181-3.

UPHUS, L., LÜPKE, M., YUAN, Y. et al. (2021): Climate Effects on Vertical Forest Phenology of *Fagus sylvatica* L., Sensed by Sentinel-2, Time Lapse Camera, and Visual Ground Observations. – *Remote Sensing* 13: 3982; doi.org/10.3390/rs13193982.

URL 1: LandKlif; [www.landklif.biozentrum.uni-wuerzburg.de/](http://www.landklif.biozentrum.uni-wuerzburg.de/) (Zugriff: 09.08.2023).

URL 2: Online-Atlas der Ökosystemleistungen; <http://atlas.oekosystemleistung.bayern/> (Zugriff: 09.08.2023)

VANNESTE, T., DEPAUW, L. & DE LOMBAERDE, E. et al. (2023): Trade-offs of biodiversity and ecosystem services in European forest edges vs interiors. – Preprint (Version 1); doi.org/10.21203/rs.3.rs-2761401/v1.

ZINDLER, M. (2022): Designing Agri-Environmental Schemes – Different Ideas from Groups of Farmers and Nature Managers in Bavaria. – Masterthesis, Universität Bayreuth, unveröff.

## Autoren und Autorin



### B. Eng. Julian Treffler

Jahrgang 1996

Julian Treffler hat eine Ausbildung im Garten- und Landschaftsbau sowie anschließend ein Studium der Landschaftsarchitektur mit Schwerpunkt Landschaftsplanung an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf absolviert. Seit 2022 arbeitet er als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf und studiert im Master Ingenieurökologie an der Technischen Universität München

+49 8161 71-5077

[Julian.Treffler@hswt.de](mailto:Julian.Treffler@hswt.de)

### M. Sc. Cynthia Tobisch

Wissenschaftliche Mitarbeiterin

Institut für Ökologie und Landschaft

### Prof. Dr. Christoph Moning

Professur für Zoologie und Tierökologie

Fakultät Landschaftsarchitektur

### Prof. Dr. Jörg Ewald

Professur für Botanik, Vegetationskunde und Gebirgsökosysteme

Fakultät Wald und Forstwirtschaft

[www.hswt.de](http://www.hswt.de)

## Zitiervorschlag

TREFFLER, J., TOBISCH, C., MONING, C. & EWALD, J.: LandKlif-Verbundprojekt – Biodiversität und Klimawandel. – *Anliegen Natur* 46(1): 93–104, Laufen; [www.anl.bayern.de/publikationen](http://www.anl.bayern.de/publikationen).