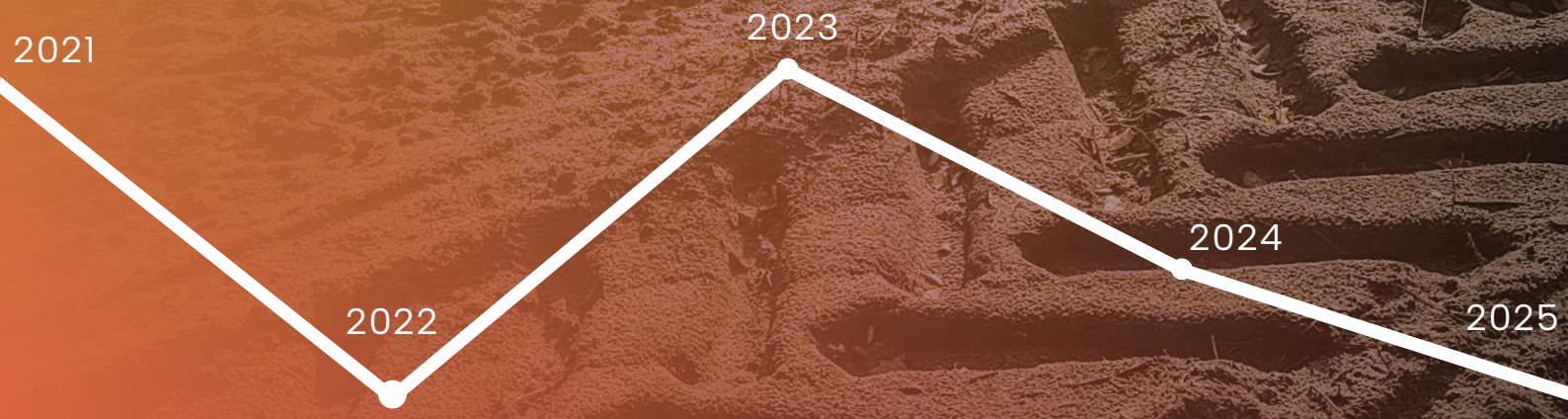
DER ECONICS GRÜN FEUCHT KÜHL INDEX



Die Leistungsfähigkeit
unserer Landschaften
im Klimawandel

ECONICS INSTITUTE


ECONICS INSTITUTE

Das 2025 gegründete ECONICS INSTITUTE e.V. ist ein **Thinktank für Ökosysteme.** Es knüpft an die Arbeit des Centre for Econics and Ecosystem Management an der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde an und bündelt angewandte wissenschaftliche sowie praktische Expertise zum Umgang mit Ökosystemen in der Klimakrise.

Das ECONICS INSTITUTE e.V. steht für den **Ansatz der »Ökonik«**, also das Lernen von der wirtschaftenden Natur für ein nachhaltiges Wirtschaften der Menschheit. Die ganzheitliche Betrachtung der Landschaft als komplexes sozial-ökologisches System ist unser konzeptionelles Fundament. Wir wollen zur Funktionstüchtigkeit von konkreten Ökosystemen beitragen.

Der Sitz des gemeinnützigen Vereins befindet sich in Chorin im UNESCO-Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin.

ECONICS INSTITUTE e.V.
Choriner Bahnhofstraße 1
16230 Chorin
www.econics.institute

ECONICS INSTITUTE

Der ECONICS-Grün-Feucht-Kühl-Index für Deutschland.
Redaktion: Inga M. Engelhardt & Pierre L. Ibisch. Chorin. 14. Juli 2026.

Die PDF-Version ist unter www.econics.institute frei verfügbar

Basierend auf: Adhikari, Y., Engelhardt, I. M. & Ibisch, P. L. (2026). Quantifying priorities for restoration and conservation of natural infrastructure. Zenodo. https://doi.org/10.5281/ZENODO.20794874.

Fotonachweis: P. L. Ibisch, Christoph Nowicki, A. D. Warnow
Karten und Grafiken: Y. Adhikari
Grafik: Y. Adhikari
Layout und Satz: A. D. Warnow

INHALTSVERZEICHNNIS

ZUSAMMENFASSUNG

1. EINLEITUNG

A. Warum die Leistungsfähigkeit der Natur wichtig ist und gemessen werden muss 5

B. Die politische Relevanz der Leistungsfähigkeit der Natur 6

C. Ziele der Studie und Vorarbeiten 7

D. Wissenschaftliche und methodische Grundlagen 7

2. ERGEBNISSE UND EINORDNUNG

A. Durchschnittlicher ECONICS-Grün-Feucht-Kühl-Index für den Fünfjahreszeitraum 2021-2025 9

B. ECONICS-Grün-Feucht-Kühl-Index 2021-2025: Karte der Veränderungstrends 12

C. ECONICS-Grün-Feucht-Kühl-Index 2021-2025: Veränderung nach Landnutzung und in den Bundesländern 14

D. Ökologischer Kernwert (Ecological Coreness) 16

E. Natürliche Infrastruktur 17

Prozentuale Verteilung der natürlichen Infrastruktur nach Landnutzungs-typen in den Bundesländern 19

Auswertung des Zustandes der Natürlichen Infrastruktur in den Schutzgebieten Deutschlands 21

3. EMPFEHLUNGEN

a. Gezielte und kostengünstige Datenanalyse, Monitoring und Wissenstransfer 24

b. Großräumiger ganzheitlicher Planungsansatz auf der Landschafts-ebene und landschaftsökologische definierte Schutzgüter 24

c. Das deutsche Schutzgebietssystem stärken 25

d. Großflächige, ausgeräumte Agrarlandschaften strukturieren, diversifizieren und revitalisieren 25

e. Urbane Räume umgestalten 25

f. Intakte Klimarefugien streng schützen und sichern 26

g. Fragmentierung minimieren und rückgängig machen, Verbundsituation stärken 26

ZUSAMMENFASSUNG

Der jährlich erscheinende ECONICS-Grün-Feucht-Kühl-Index ist der **»Geschäftsklimaindex« für Ökosysteme.** Auf der Grundlage von gemessenen Umweltdaten zur spätsommerlichen Grünheit der Landoberfläche, der Niederschläge und der Oberflächentemperaturen an heißen Tagen beschreibt er die Arbeits- und Leistungsfähigkeit der Landschaften in Deutschland. Dabei geht es nicht nur um die Vitalität der Pflanzendecke, sondern auch die Situation der Wasserressourcen in den Ökosystemen und die zunehmenden Hitze- und Dürrerisiken für Mensch und Natur.

Der diesjährige Index beruht auf den durchschnittlichen Werten der Jahre 2021 bis 2025 und bestätigt die räumlichen Muster der ersten Berichtsperiode (2018-2024). Es gibt in Deutschland nicht nur städtische Hitzeinseln, sondern ausgedehnte sommerliche Hitzelandschaften, in denen die Risiken für Menschen und alle Organismen zunehmen. Vegetationsarme Räume sind heißer, und Gebiete mit hohen Temperaturen erhalten tendenziell weniger Niederschläge. Eine Verschlechterung der Index-Werte wird durch steigende Temperaturen und sinkende Niederschläge sowie durch fortschreitende (Zer-)Störung von Ökosystemen angetrieben. Versiegelung von Flächen für städtische Entwicklung und Bautätigkeiten aller Art, bodenschädigende Landwirtschaft, aber auch das Kahlräumen von Waldflächen reduzieren die Grünheit der Landschaften.

Zum ersten Mal werden mit hoher räumlicher Auflösung nicht nur die absoluten Grün-Feucht-Kühl-Werte kartiert, sondern auch die Fünfjahrestrends berechnet. Nach einer allgemeinen Verbesserung der Indexwerte im Jahr 2023 ist in den letzten beiden Jahren eine Verschlechterung zu verzeichnen. **Im Jahr 2025 liegt der bundesweite Indexdurchschnitt um 16 % niedriger als 2021. Die Verschlechterung von 2024 nach 2025 betrug 7,2 %.**

Zusammenhängende, naturnahe Wälder, intakte Moore oder Auen wirken in der Landschaft wie eine natürliche Klimaanlage. Die verbleibenden Flächen mit höheren Grün-Feucht-Kühl-Werten sind von überragender Bedeutung für die land- und forstwirtschaftliche Produktion, den Landschaftswasserhaushalt und die Minderung der Folgen der sich verschärfenden Klimakrise. Diese Ökosysteme sind die Natürliche Infrastruktur mit Gesundheits-, Sicherheits- und Wirtschaftsrelevanz und sie sichern wesentliche Teile der biologischen Vielfalt in Deutschland.

Küstenregionen und der Alpenraum profitieren noch von günstigeren klimatischen Rahmenbedingungen. Die ostdeutschen Bundesländer sind von negativen Entwicklungen am stärksten betroffen. Der Index verdeutlicht erhebliche Kontraste zwischen verschiedenen Landnutzungstypen. Große, unzerschnittene Waldregionen wie Schwarzwald, Spessart, Bayerischer Wald oder Pfälzerwald erzielen höhere Werte. Oftmals verlaufen Entwicklungen dynamisch und nichtlinear. Während etwa im Schwarzwald positive Trends dominieren und im Harznationalpark Harz nach den Fichtenkalamitäten Regenerationsprozesse einsetzen, sinken die Werte in Nordbayern und weiten Teilen der Mitte Deutschlands. Für alle Bundesländer und Landnutzungsklassen werden die Trends angegeben.

Die diesjährige Berichterstattung umfasst auch die ökologische Verbundsituation der grün-feucht-kühlen Räume (»Ökologische Kernwerte«). Zusammen mit den Grün-Feucht-Kühl-Werten und den Trends werden sie für eine bundesweite Zonierung der Natürlichen Infrastruktur herangezogen. Im überwiegenden Teil Deutschlands weist die Natürliche Infrastruktur erheblichen Förderungs- oder Wiederherstellungsbedarf auf.

Die Betrachtung der Schutzgebiete in Deutschland zeigt einerseits die Wirksamkeit des rechtlichen Schutzstatus, deckt andererseits jedoch auch strukturelle Defizite auf. So werden 65 % der Flächen außerhalb von Schutzgebieten als ökologisch kritisch bewertet, während sich die meisten noch verbleibenden funktionalen Landschaften in Schutzgebieten befinden. Den höchsten Anteil an (sehr) guten Schutzpotenzialen weisen dabei Nationalparks mit 57 % auf, dicht gefolgt von Naturschutzgebieten und Biosphärenreservaten. Besorgniserregend ist hingegen die Bewertung der europäischen Natura-2000-Schutzgebiete: Bereits 25 % der Flächen in FFH-Gebieten und 40 % in Vogelschutzgebieten werden hier mindestens als kritisch eingestuft. Die primäre Ursache hierfür liegt in der starken Fragmentierung und geringen Größe der FFH-Gebiete. Als isolierte Inseln in einer aufgeheizten Kulturlandschaft sind sie extremen Randeffekten ausgesetzt.

Insgesamt leitet sich ein dringender Handlungsbedarf auf Landschaftsebene ab, der angesichts des fortschreitenden Klimawandels ein proaktives, vorbeugendes Management verlangt. Erforderlich ist ein großräumiger, ganzheitlicher Planungsansatz, der regulierende Ökosystemfunktionen und grüne, feuchte und kühle Klimarefugien als eigenständige Schutzgüter von überragendem öffentlichen Interesse rechtlich anerkennt und mit Hilfe von satellitengestütztem Monitoring überwacht. Das nationale Schutzgebietssystem muss funktional gestärkt, vergrößert und durch wirksame Pufferzonen optimiert werden.

In den großflächigen, vom Austrocknen bedrohten Agrarlandschaften ist eine Revitalisierung mittels Humusaufbau und Zwischenfrüchten sowie die Einführung von linearen und dreidimensionalen Grünstrukturen, wie Agroforstsysteme und Hecken zwingend notwendig. Urbane Räume müssen über eine rein dekorative Begrünung hinaus systematisch umgestaltet werden. Intakte Wälder sind als Klimarefugien zu sichern. Insgesamt muss die Fragmentierung der Natürlichen Infrastruktur durch neue Graue Infrastruktur konsequent vermieden werden. Bestehende Zerschneidungen müssen reduziert werden.

Investitionen und Fördergelder wie etwa des Aktionsprogramms Natürlicher Klimaschutz (ANK) sollten vorrangig dort eingesetzt werden, wo sie den größten synergetischen Nutzen für die allgemeine Funktionstüchtigkeit der Ökosysteme, Kühlungsfunktionen, den Wasserhaushalt und die Biodiversität entfalten.



1. EINLEITUNG

A. WARUM DIE LEISTUNGSFÄHIGKEIT DER NATUR WICHTIG IST UND GEMESSEN WERDEN MUSS

Der ECONICS-Grün-Feucht-Kühl-Index ist der Geschäftsklimaindex für Ökosysteme. Im Gegensatz zum IFO-Geschäftsklimaindex der Wirtschaft[1] basiert er nicht auf subjektiven monatlichen Umfragen, sondern auf realen Messwerten. Er erscheint einmal jährlich und bildet einen rollierenden Berichtszeitraum von fünf Jahren ab, um die Arbeitsbedingungen und die Leistungsfähigkeit der Natur dazustellen.

Die Natur besteht aus lebendigen, sich entwickelnden Systemen, die über komplexe Energiehaushalte verfügen und eng miteinander verzahnt sind. Sie ist weit mehr als eine ästhetische Kulisse oder ein Ort für Freizeitaktivitäten: Sie bildet die Umgebung unseres täglichen Lebens, die Grundlage unserer Nahrung sowie den Lebensraum unzähliger Organismen. Ökosysteme verrichten kontinuierlich Arbeit, indem sie fruchtbare Böden schaffen, den Landschaftswasserhaushalt regulieren, das Klima stabilisieren und wesentlich zu unserer Gesundheit beitragen. Damit sind sie auch das Fundament jeglichen ökonomischen Wirtschaftens.

Angesichts der fortschreitenden Auswirkungen des Klimawandels ist ein neuer, weiter gefasster Blick auf diese Zusammenhänge dringend erforderlich. Die globale Erwärmung führt zu einer Zunahme von Extremereignissen, sodass auch in Deutschland vermehrt Dürreperioden und Starkregen auftreten. Zuletzt wurde das öffentliche Bewusstsein für diese neuartigen extremen Witterungsereignisse im Juni 2026 geschärft, als Deutschland und weite Teile Mitteleuropas von der bislang stärksten und frühesten Hitzewelle erfasst wurde. Europa erwärmt sich aktuell doppelt so schnell wie die anderen Regionen der Erde. In jedem Jahrzehnt wird es seit den 1980er Jahren durchschnittlich um 0,56°C wärmer[2]. Nur die Arktis erwärmt sich noch schneller. Unter Umständen steht das Abschmelzen des Meereises in der Arktis und der Rückgang von Schnee und Gletschern mit der Veränderung von Wetterlagen in Europa in Verbindung[3].

Die Kombination aus rasch steigenden Durchschnittstemperaturen, Hitzewellen und veränderten Niederschlagsmustern führt zu einem fortschreitenden Absinken des Grundwasserspiegels sowie zu einer Austrocknung der Landschaft und zum Absterben von Bäumen und ganzen Forsten. Durch diese Veränderungen sind natürliche Ökosysteme in ihrer Funktion als Lebens- und Rückzugsräume für Flora, Fauna und den Menschen massiv beeinträchtigt. Insbesondere auf Feuchtigkeit angewiesene Arten wie etwa Amphibien geraten erheblich unter Druck.

Die negativen Entwicklungen können zudem durch die Landnutzung erheblich verschärft werden. Insbesondere intensive Landwirtschaft, die Über- und Fehlnutzung von Wäldern sowie der kontinuierliche Ausbau von Infrastruktur aller Art führen zu einer Schwächung der Leistungsfähigkeit der Natur. Zunehmende Fragmentierung zerstört ökologische Korridore und führt zu einer gefährlichen Isolation von Populationen, ebenso kommt es zu einem Verlust von kühlenden bzw. puffernden Funktionen. Insbesondere steigen aber auch die Produktionsrisiken in Land- und Forstwirtschaft.

Vor diesem Hintergrund ist es von überragender strategischer Priorität, die Veränderungen der Leistungsfähigkeit der Landschaften in Deutschland regelmäßig zu erfassen und zu interpretieren. Die Ergebnisse können politische Entscheidungen auf nationaler und lokaler Ebene orientieren. Es geht einerseits um die Anpassung an den Klimawandel und andererseits ganz allgemein um den Erhalt der Lebens- und Wirtschaftsgrundlagen in Deutschland. Es ist wichtig, die prioritären Räume zu identifizieren, in denen Maßnahmen ergriffen werden müssen, um negative Trends umzukehren. Die Messung der Leistungsfähigkeit der Landschaften kann auch dabei helfen, den Erfolg von Maßnahmen des Natürlichen Klimaschutzes oder des Naturschutzes zu beurteilen.

[1] ifo Geschäftsklima Deutschland | Umfragereihe | ifo Institut

[2] Europe's record heatwave: does the continent have a new climate

[3] Increased European heat waves in recent decades in response to shrinking Arctic sea ice and Eurasian snow cover

B. DIE POLITISCHE RELEVANZ DER LEISTUNGSFÄHIGKEIT DER NATUR

Das Verständnis für die Relevanz der Natürlichen Infrastruktur ist bei vielen Akteuren gewachsen. Dies wird unter anderem durch den Vorschlag belegt, ein Gesetz zur Stärkung der Natürlichen Infrastruktur zu verabschieden. Die Wiederherstellung von degradierten Ökosystemen und die Förderung der Natürlichen bzw. Grünen Infrastruktur stehen auch vor dem Hintergrund internationaler Initiativen und Verpflichtungen auf der politischen Agenda.

Zu nennen sind etwa die UN-Dekade zur Wiederherstellung von Ökosystemen und den damit verbundenen ambitionierten Flächenzielen bis 2030, die EU-Strategie für Grüne Infrastruktur[4] (siehe auch das entsprechende Bundeskonzept[5]) sowie vor allem auch die Wiederherstellungsverordnung der EU[6].

Allerdings gibt es auch nennenswerte Bemühungen, Gesetzgebungsinitiativen und Vorhaben abzuschwächen oder zu verhindern. Der Grund dafür ist vermutlich, dass die Leistungen der Ökosysteme und ihre Bedeutung für die Daseinsvorsorge, die menschliche Gesundheit und Sicherheit sowie für die Wirtschaft nicht genügend bekannt sind.

Die bestehenden Initiativen zur Förderung der Natürlichen Infrastruktur implizieren die Etablierung eines strategisch geplanten Netzwerks natürlicher und naturnaher Flächen als funktionales Gegenstück zur Grauen Infrastruktur. So sollen Ökosystemleistungen wie Hochwasserschutz oder urbane Klimaregulierung gesteuert und gefördert werden. Ohne Zweifel steht die Praxis vor erheblichen Herausforderungen. Planungsbehörden und Kommunen sehen sich ausgeprägten Zielkonflikten gegenüber, da die natürliche Infrastruktur in direkter Konkurrenz zu anderen drängenden Flächenansprüchen wie dem Wohnungsbau, der Landwirtschaft oder dem Ausbau erneuerbarer Energien steht. Es wird eine Grundlage benötigt, um die Leistungsfähigkeit und den Zustand der betroffenen Flächen zu bewerten und Planungsmaßnahmen sicher zu steuern.



[4] Europäische Kommission (2013): Grüne Infrastruktur (GI) – Aufwertung des europäischen Naturkapitals, COM(2013) 249 final

[5] BMUKN: Bundeskonzept Grüne Infrastruktur

[6] VERORDNUNG (EU) 2024/1991 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 24. Juni 2024 über die Wiederherstellung der Natur und zur Änderung der Verordnung (EU) 2022/869

C. ZIELE DER STUDIE UND VORARBEITEN

In dem vorliegenden Bericht wird der 2025 erstmals vorgestellte ECONICS-Grün-Feucht-Kühl-Index mit Daten aus dem letzten Jahr fortgeschrieben und als Instrument weiterentwickelt. Dabei werden die räumlichen Muster des letzten Berichtszeitraums überprüft und die Anwendung verschiedener Indikatoren zur Bewertung der Leistungsfähigkeit, Klassifizierung und Priorisierung natürlicher Ökosysteme aufgezeigt. Neu sind neben der Angabe der neuesten Index-Durchschnittswerte nun auch die Berechnung eines Veränderungstrends mit hoher Auflösung für das gesamte Bundesgebiet, die Bundesländer und die unterschiedlich genutzten Flächen, eine Bewertung der Verbundsituation funktionstüchtiger Landschaften (Ökologischer Kernwert), die Identifikation der natürlichen Infrastruktur in Deutschland sowie eine Klassifikation des Handlungsbedarfs gemäß dem Zustand der Natürlichen Infrastruktur.

Im Jahr 2025 stellte das ECONICS INSTITUTE mit dem »Grün-Feucht-Kühl-Index« ein neuartiges Instrument zur Verfügung, das die Wechselwirkungen zwischen Vegetationszustand, Temperatur und Niederschlag in Deutschland systematisch untersucht und eine Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Landschaften ermöglicht.

Die Ergebnisse der inzwischen auch international publizierten wissenschaftlichen Analyse[7] zeigten einen konsistenten Zusammenhang zwischen Vegetationsgrünheit, Feuchtigkeit und Oberflächentemperatur auf Grundlage von satellitenbasierten und meteorologischen Daten.

Grüne und vitale Vegetation geht mit höheren Niederschlagsmengen und niedrigeren Temperaturen einher. Gleichzeitig sind kühlere Landschaften häufiger mit einer besseren Wasserversorgung verbunden, während trockene und stark erwärmte Gebiete tendenziell weniger Vegetation und geringere Niederschläge aufweisen. Die Ergebnisse aus dem Jahr 2025, die auf Daten der Jahre 2018 bis 2024 beruhen, liefern einen quantitativen Nachweis für die enge Verknüpfung dieser drei Faktoren auf nationaler Ebene. Vor allem wurde die zentrale Bedeutung gesunder Vegetation für die Stabilisierung des Klima- und Wasserhaushalts in Deutschland nachgewiesen. Die Schlussfolgerungen zeigen, dass die gezielte Stärkung von Ökosystemfunktionen wichtige Effekte für Umwelt und Gesellschaft hervorbringt.

D. WISSENSCHAFTLICHE UND METHODISCHE GRUNDLAGEN

In der Wirtschaft fungiert der Geschäftsklimaindex als etablierter Indikator, der komplexe wirtschaftliche Dynamiken in einer einzigen, leicht verständlichen Kennzahl zusammenfasst, um Trends und systemische Risiken frühzeitig erkennbar zu machen. Der ECONICS-Grün-Feucht-Kühl-Index überträgt dieses Prinzip mit Hilfe von gemessenen Umweltdaten auf natürliche Ökosysteme.

Die Methodik des Index beruht auf der Auswertung und Integration der **Spätsommergrünheit der Landoberfläche** (satellitenbasierter Index NDVI für September), der **Oberflächentemperatur an heißen Tagen** (satellitenbasiert) und des **Jahresniederschlags.** Die Flächen, die am Ende des Sommers, im September, noch grün sind, sind u.a. über längere Zeiten bioproduktiv, bieten mehr Ressourcen für die Biodiversität und zeichnen sich durch einen höheren Gehalt »grünen Wassers« aus. Die Oberflächentemperatur an heißen Tagen verdeutlicht, ob eintreffende Strahlung in andere Energieformen überführt oder eher direkt in Wärme umgewandelt wird. Hohe Temperaturen bedingen eine deutlich stärkere Austrocknung und Hitzestress für Pflanzen, Tiere und Menschen.

Die Studie zur Einführung des Index wurde in der Fachzeitschrift *Ecological Solutions and Evidence* publiziert[7]. Hier werden sowohl das theoretische Konzept als auch das methodische Vorgehen eingehend erläutert. Ein zentraler konzeptioneller Fokus liegt auf den Wechselwirkungen innerhalb der Grün-Feucht-Kühl-Triade sowie deren Verknüpfung mit weiteren Indikatoren.

[7] Adhikari, Y., Ibisch, P. L., Wohlleben, P., Schneider, A., & Johnson, D. (2026). Working landscapes under climate change need to be green, moist, and cool—A case study of Germany. Ecological Solutions and Evidence, 7(2), e70270.

Die im vorliegenden Dokument präsentierten Ergebnisse und methodischen Erweiterungen wurden zur Publikation eingereicht und können als öffentlich verfügbarer **Preprint** eingesehen werden[9].

Für den aktuellen **ECONICS-Grün-Feucht-Kühl-Index 2021–2025** werden erstmals Sentinel-Satellitendaten für die Erfassung der **Vegetationsgrünheit** benutzt, die eine Betrachtung mit sehr hoher Auflösung von 10 Metern gewährleisten. Für alle Jahre von 2021 bis 2025 wurden die ECONICS-Grün-Feucht-Kühl-Werte und Trends für alle 30-Meter-Pixel in Deutschland berechnet. Damit lassen sich auch individuelle Flächen wie etwa Bundesländer, Naturschutzgebiete oder Landnutzungstypen jeweils separat analysieren und bewerten.

Neu eingeführt wird für die höheren Grün-Feucht-Kühl-Werte, die eine bessere Funktionstüchtigkeit der Ökosysteme und damit die aktuell besonders relevante Natürliche Infrastruktur anzeigen, die ökologische Verbundsituation bzw. die Lage im Kern von größeren funktionalen Landschaften. Die neu entwickelte Metrik des »**Ökologischen Kernwertes**« (engl. *ecological coreness*) quantifiziert für jedes Pixel, inwieweit Natürliche Infrastruktur in größere, nicht oder wenig fragmentierte Netzwerke eingebettet ist. In größeren, zusammenhängenden Grün-Feucht-Kühl-Räumen werden viele Ökosystemprozesse effektiver aufrechterhalten als in isolierten oder kleinen, von Randeffekten dominierten Fragmenten. Die berechneten Ökologischen Kernwerte wurden standardisiert und zu einem einzigen Index mit Werten von 0 bis 1 zusammengefasst, wobei Werte nahe 1 für Pixel stehen, die tief in große, zusammenhängende funktionale Landschaften eingebettet sind. Pixel mit einem Grün-Feucht-Kühl-Wert unter dem nationalen Mittelwert wurde dabei ein Ökologischer Kernwert von 0 zugewiesen.

Letztlich werden für alle Pixel die **durchschnittlichen Grün-Feucht-Kühl-Werte (Durchschnitt von 2021-2025** , der **Fünfjahresentwicklungstrend** und die **Ökologischen Kernwerte** der verschiedenen Pixel gemeinsam genutzt, um eine **Karte zur Bewertung der Natürlichen Infrastruktur Deutschlands** zu erstellen, aus der Maßnahmen zu ihrer Erhaltung, Entwicklung und Wiederherstellung abgeleitet werden können. Durch die Kombination von Funktionsstatus, Veränderungsverläufen und räumlichem Kontext ermöglicht dieses Rahmenkonzept die Identifizierung und Priorisierung von Gebieten, in denen natürliche Infrastruktur gut funktioniert, anfällig wird oder ein hohes Renaturierungspotenzial bietet, und liefert damit umsetzbare Leitlinien für gezielte Maßnahmen unter sich ändernden klimatischen Bedingungen.



[9] Adhikari, Y., Engelhardt, I. M. & Ibisch, P. L. (2026). Quantifying priorities for restoration and conservation of natural infrastructure. Zenodo. https://doi.org/10.5281/ZENODO.20794874.

2. ERGEBNISSE UND EINORDNUNG

A. DURCHSCHNITTLICHER ECONICS-GRÜN-FEUCHT-KÜHL-INDEX FÜR DEN FÜNFJAHRESZEITRAUM 2021–2025

Die räumlichen Muster des ECONICS-Grün-Feucht-Kühl-Index für den Zeitraum 2021–2025 (Abb. 1) ähneln weitgehend den Ergebnissen der Periode 2018–2024 (siehe Bericht 2025). Die jeweiligen jährlichen Karten zeigen insgesamt gleichbleibende räumliche Muster, wobei bereits identifizierte kritische Bereiche auch mit den nun verwendeten höher aufgelösten Datensätzen von Sentinel deutlich erkennbar bleiben. Eine Ausnahme bildet das Jahr 2023, in dem in einigen Landbedeckungskategorien eine leichte Erholung der Werte beobachtet wurde.

Abgesehen von 2023, welches witterungsbedingt ein feuchteres Jahr mit mehr Niederschlägen war, bleiben räumliche Muster überwiegend kohärent. In ganz Deutschland ließen sich in diesem Jahr höhere Indexwerte verzeichnen. 2025 fällt ähnlich ungünstig aus wie das Jahr 2022, das sich durch einen markanten Sommer auszeichnete.

Besonders günstige Bedingungen weisen küstennahe und maritim beeinflusste Regionen auf, vor allem die kühleren und feuchteren Gebiete Norddeutschlands. Ebenso zeigen sich Gebiete im Mittelgebirge und in den Alpen begünstigt durch ihre Höhenlage mit niedrigeren Temperaturen und höheren Niederschlägen. Höhere Indexwerte finden sich dabei vor allem in Wäldern sowie in ländlichen Gebieten höherer Lagen, deren Landschaftsstruktur weniger stark vereinfacht oder »ausgeräumt« ist. Demgegenüber zeigen sich großflächige kritische Landschaftsräume vor allem in landwirtschaftlich geprägten Regionen, wie in der Magdeburger Börde und in Ostdeutschland. Stark erwärmende und austrocknende Agrarlandschaften erreichen dabei teilweise ähnlich kritische Werte wie urbane Räume. Regionen mit hohen Anteilen von versiegelter Fläche und Infrastruktur, welche grüne Landschaften zurückdrängt und zerschneidet, weisen ebenfalls schlechtere Indexwerte auf.

Die Karten der Daten, die dem ECONICS-Grün-Feucht-Kühl-Index zugrunde liegen (Abb. 2) – also Spätsommergrünheit, Oberflächentemperaturen an heißen Tagen und Jahresniederschlag – verdeutlichen die ungleiche Verteilung der Ressourcen für die Arbeitsfähigkeit der Ökosysteme. Der Osten des Landes ist aufgrund geografischer Faktoren wie z.B. geringerer Niederschläge insgesamt benachteiligt, aber die Landnutzung und somit die Grünheit spielen ebenfalls eine wichtige Rolle. Weniger grüne Regionen sind heißer und auch trockener.



Der ECONICS-Grün-Feucht-Kühl-Index für Deutschland 2021–2025

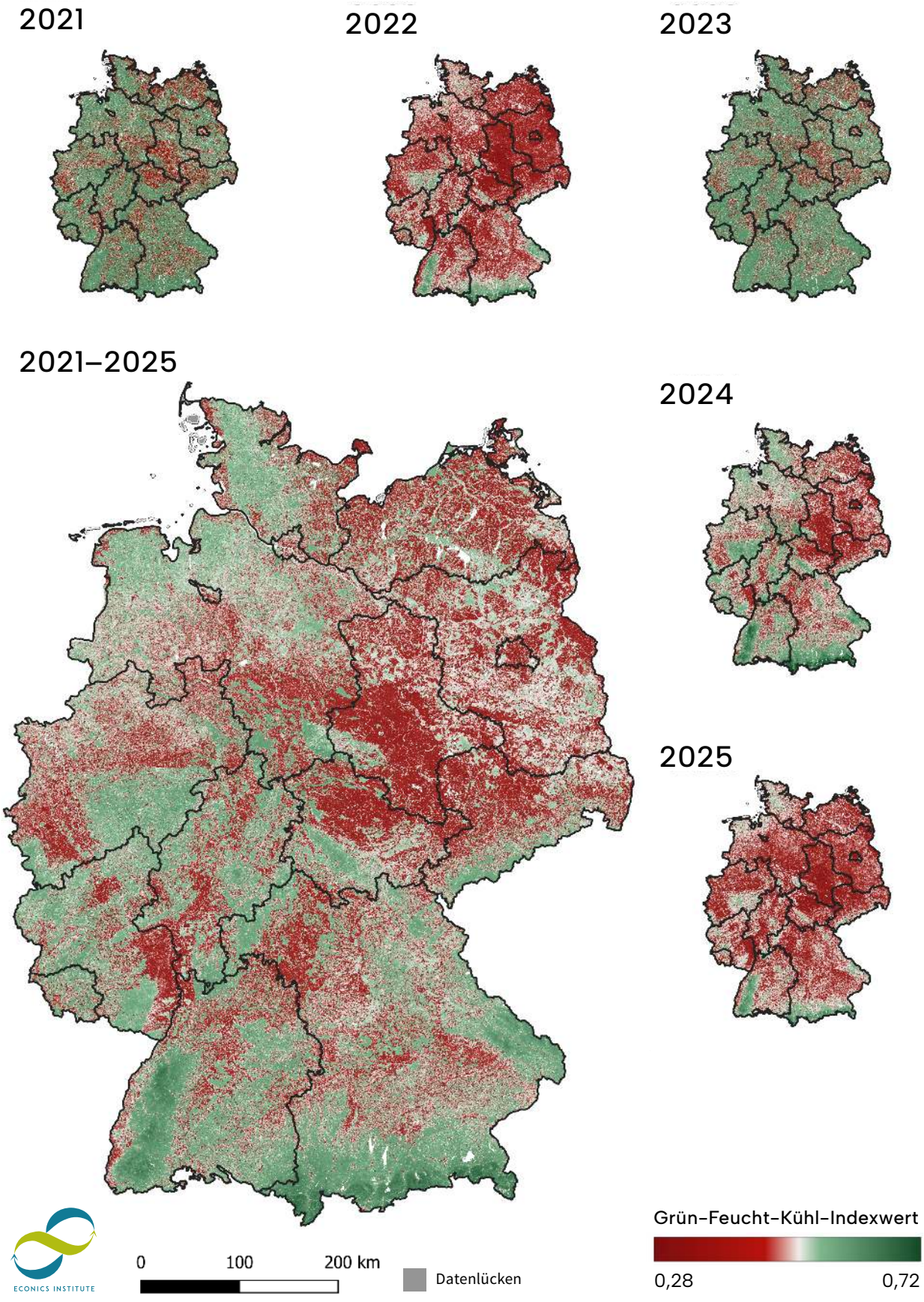


Abb. 1: Die Abbildung zeigt die Verteilung der durchschnittlichen Grün-Feucht-Kühl-Werte für den Fünfjahreszeitraum 2021–2025 sowie für die einzelnen Jahre.

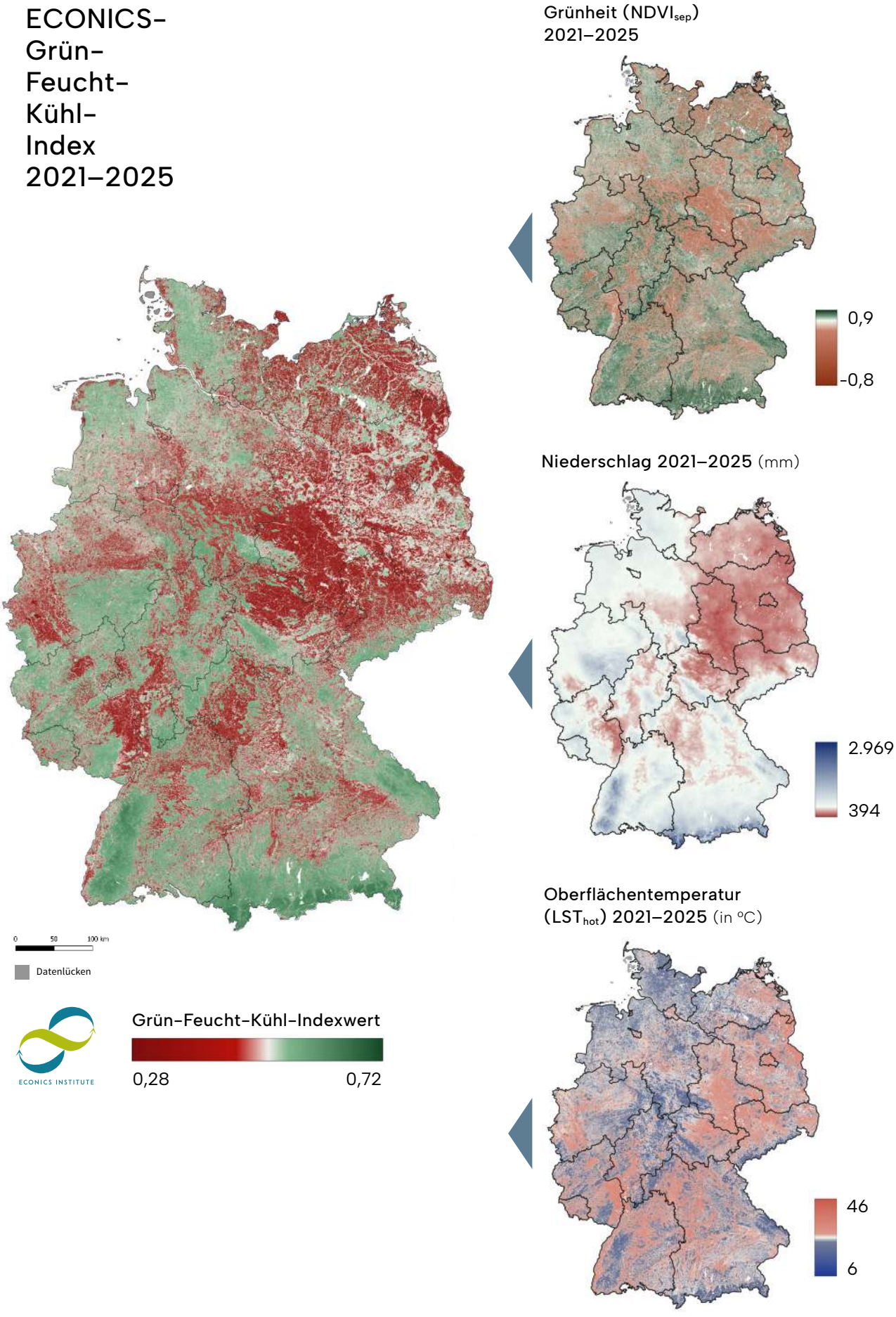


Abb. 2. Der ECONICS-Grün-Feucht-Kühl-Index (große Karte links) setzt sich aus den drei Komponenten der Spätsommergrünheit (Karte rechts oben), dem Jahresniederschlag (Karte rechts mittig) und der Oberflächentemperaturen (Karte rechts unten) an heißen Tagen zusammen.

B. ECONICS-GRÜN-FEUCHT-KÜHL-INDEX 2021-2025: KARTE DER VERÄNDERUNGSTRENDS

Im betrachteten Fünfjahreszeitraum bis 2025 zeigt sich deutschlandweit ein abnehmender Trend der Leistungsfähigkeit der Ökosysteme (Abb. 3). Nach dem extremen Jahr 2022 erfolgte 2023 zunächst eine Erholung. Danach ergibt sich aus den Werten von 2024 und 2025 ein Abwärtstrend. Im Jahr 2025 liegt der bundesweite Indexdurchschnitt um 16 % niedriger als 2021. Die Verschlechterung von 2024 nach 2025 betrug 7,2 %.

Nationale Grün-Feucht-Kühl Zeitreihe

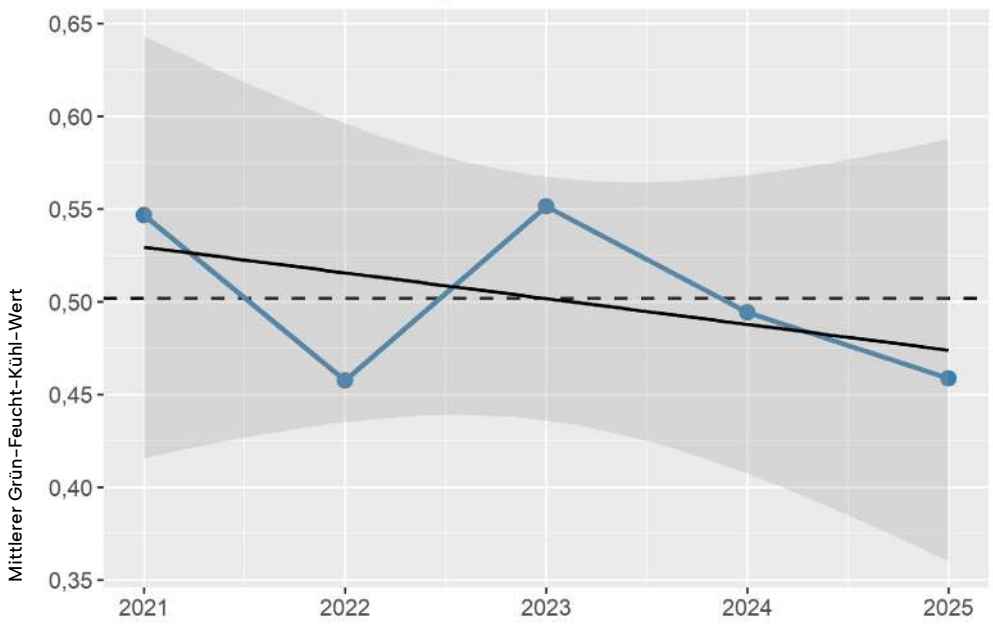


Abb. 3. Regressionstrend (schwarze Linie) des nationalen ECONICS-Grün-Feucht-Kühl-Index im Vergleich zu dem jährlichen nationalen Mittelwert (blaue Linie) und dem Gesamtmittelwert (gestrichelte Linie) für Deutschland.

Die zeitlichen Verläufe der Grün-Feucht-Kühl-Werte für die verschiedenen Landnutzungskategorien (Abb. 4) zeigen erwartungsgemäß, dass vergleichbare Muster zu beobachten sind, da diese stark von den klimatischen Faktoren beeinflusst werden. Nach dem weniger günstigen Jahr 2022 zeigen naturnahe Ökosysteme allerdings eine bessere Erholung und einen weniger steilen Abwärtstrend.

Nationale Grün-Feucht-Kühl-Trends nach Landnutzungstypen

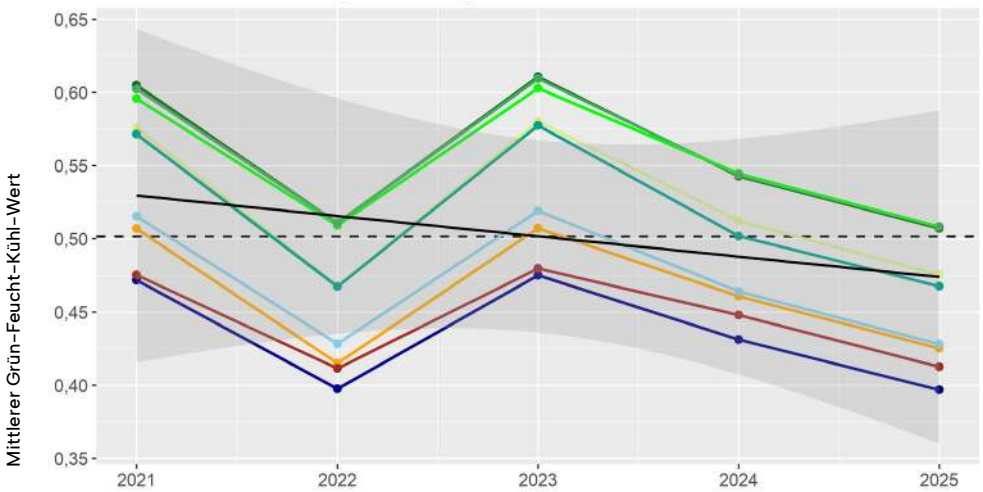
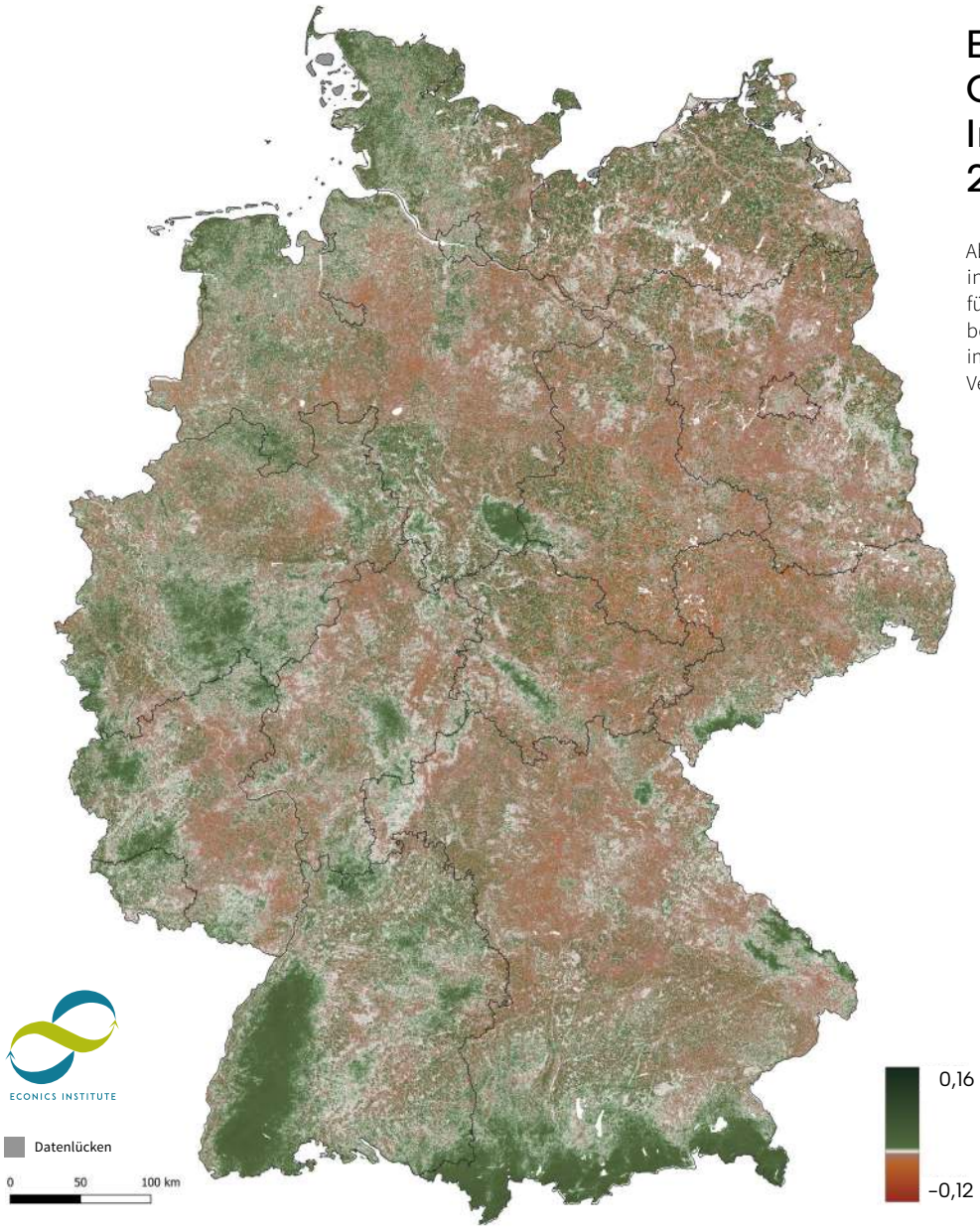


Abb. 4. Nationale ECONICS-Grün-Feucht-Kühl-Index Trends nach Landnutzungtypen (CORINE Land Cover) in verschiedenen Farben im Vergleich zum nationalen Regressionstrend (schwarze Linie) und dem nationalen ECONICS-Grün-Feucht-Kühl-Index Mittelwert (gestrichelte Linie).

Die Karte der Veränderungstrends erlaubt die Beurteilung, wo Ökosysteme grüner-feuchter-kühler geworden und wo negative Veränderungen zu beobachten sind (Abb. 5). Tendenziell verschärft sich die Lage in Gebieten, in denen die Bedingungen bereits kritisch sind. Ein deutlicher Rückgang des Indexwertes ist insbesondere in urbanen Hitzeinseln, auf trockenen landwirtschaftlichen Nutzflächen sowie in Gebieten mit vermehrtem Baumsterben und forstlichen Räumungshieben zu beobachten. Auch in den Kiefernforsten Nordostdeutschlands dominieren negative Trends, ebenso wie in vielen anderen Regionen, die ohnehin niedrigere Ausgangswerte bei Feuchtigkeit und Kühlung aufweisen. Dass Entwicklungen innerhalb der Landnutzungsklassen dynamisch und differenziert ablaufen, zeigt sich in Waldgebieten besonders deutlich. Die größte zusammenhängende Region mit einem positiven Trend liegt im Schwarzwald in Baden-Württemberg. In Bayern hingegen ist der Norden durch ein fortlaufendes Absterben von Fichten in Franken und einen entsprechend absinkenden Indextrend geprägt, währenddessen zeigen das südliche Alpenvorland und der Alpenraum einen positiven Trend. Dies führt zu einem erheblichen Nord-Süd-Gradienten innerhalb des Bundeslandes. Auch Erholung von vorhergegangenen Verschlechterungen sind in Waldregionen zu verzeichnen. Ein Beispiel hierfür ist der Harz. Nach den schweren Fichtenkalamitäten im Jahr 2018 setzt dort inzwischen eine großflächige Regeneration des Waldes ein, was sich in einer positiven Trendentwicklung widerspiegelt.



ECONICS-Grün-Feucht-Kühl-Index Trend 2021–2025

Abb. 5. Die Karte zeigt für alle 30-Meter-Pixel in Deutschland den Veränderungstrend für die Jahre 2021 bis 2025 (als Regression berechnet). Grünliche Bereiche zeigen eine insgesamt positive Entwicklung, rötliche eine Verschlechterung.

C. ECONICS-GRÜN-FEUCHT-KÜHL-INDEX 2021-2025: VERÄNDERUNG NACH LANDNUTZUNG UND IN DEN BUNDESLÄNDERN

Die Grün-Feucht-Kühl-Werte einiger Bundesländer (Abb. 6) liegen aus naturräumlichen Gründen über dem fünfjährigen Bundesdurchschnitt bei 0,5 (zum Beispiel Baden-Württemberg und Bayern aufgrund der insgesamt höheren Lage und der höheren Niederschläge im (Vor-)Alpenraum) oder sie profitieren von der Nähe zum Meer (zum Beispiel Hamburg und Schleswig-Holstein). In einigen Ländern ergeben sich die Werte aber auch eindeutig aus der Landnutzung (weniger Wald bzw. mehr geschädigte Wälder).

Wie zuvor geschildert, zeigt sich eine Korrelation zwischen Zustand und Trend der Grün-Feucht-Kühl-Werte. Wo der Zustand kritischer ist, gibt es tendenziell einen negativeren Trend.

Die Grün-Feucht-Kühl-Werte schwanken erwartungsgemäß von Jahr zu Jahr, da sie stark von der Witterung beeinflusst werden. So fielen etwa im Jahr 2023 nach dem heißeren und trockeneren Jahr 2022 in vielen Landesteilen größere Niederschlagsmengen, was eine Erholung vieler Ökosysteme ermöglichte. In den Jahren 2024 und 2025 setzte allerdings wieder ein Abwärtstrend ein und die Bedingungen verschlechterten sich, obwohl diese Jahre insgesamt oft als weniger extrem empfunden wurden als 2022.

Grün-Feucht-Kühl-Trend nach Bundesländern und Landnutzungskategorien

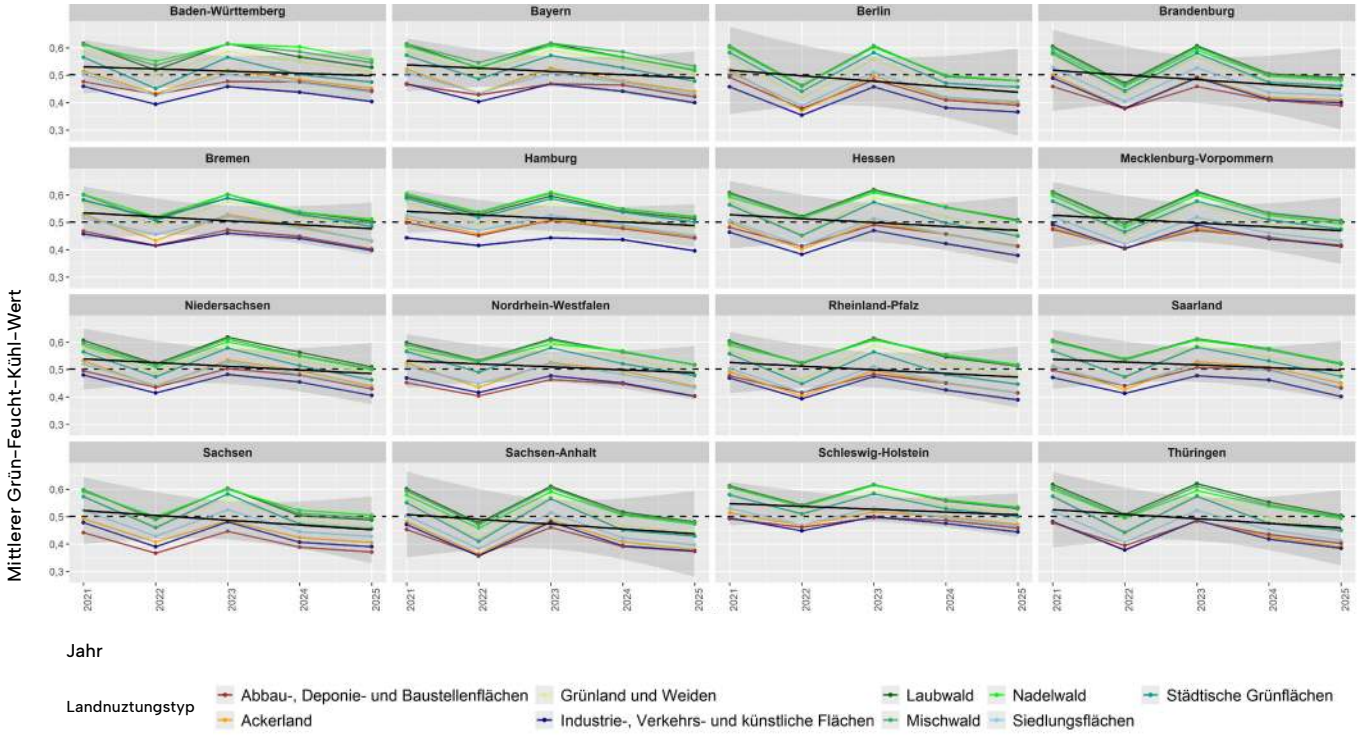


Abb. 6. Die Grafik zeigt die zeitliche Veränderung des ECONICS-Grün-Feucht-Kühl-Index für die einzelnen Bundesländer und die verschiedene Landnutzungskategorien. (schwarze Linie = bundeslandspezifischer Regressionstrend; gestrichelte Linie = nationaler Mittelwert)

Abbildung 7 veranschaulicht, dass sich die Oberflächentemperaturen an heißen Tagen über die verschiedenen Landnutzungtypen hinweg im Zeitraum von 2021 bis 2025 von allen Bundesländern erhöhten. Küstennahe Bundesländer (zum Beispiel Schleswig-Holstein) zeigen dabei niedrigere Temperaturen und einen gedämpften Anstieg. Einige Länder (v.a. Sachsen-Anhalt und Thüringen) zeigten im Jahr 2022 eine deutliche Temperaturspitze und einen Rückgang in 2023. Nach 2023 steigen die Temperaturen fast überall wieder an. Höchste Oberflächentemperaturen wurden auf versiegelten Flächen, also in industriell und verkehrsgeprägter Landschaft sowie im urbanen Raum ermittelt, am niedrigsten bleiben Temperaturen in den Waldgebieten. Im Offenland heizt sich das Ackerland in einigen Fällen ähnlich stark auf wie Siedlungsflächen, während das Grünland etwas kühler bleibt.

Absolute LST_{max} nach Bundesländern und Landnutzungskategorien

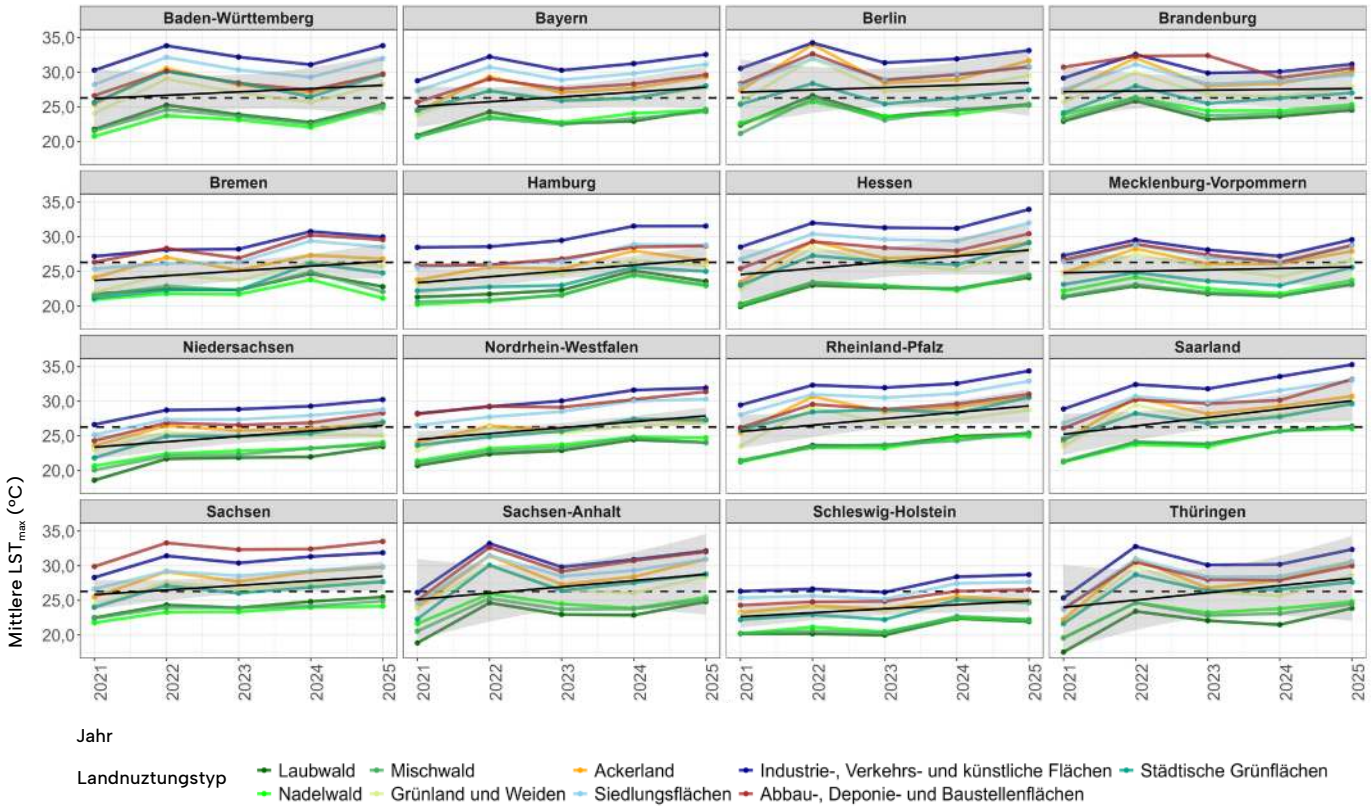


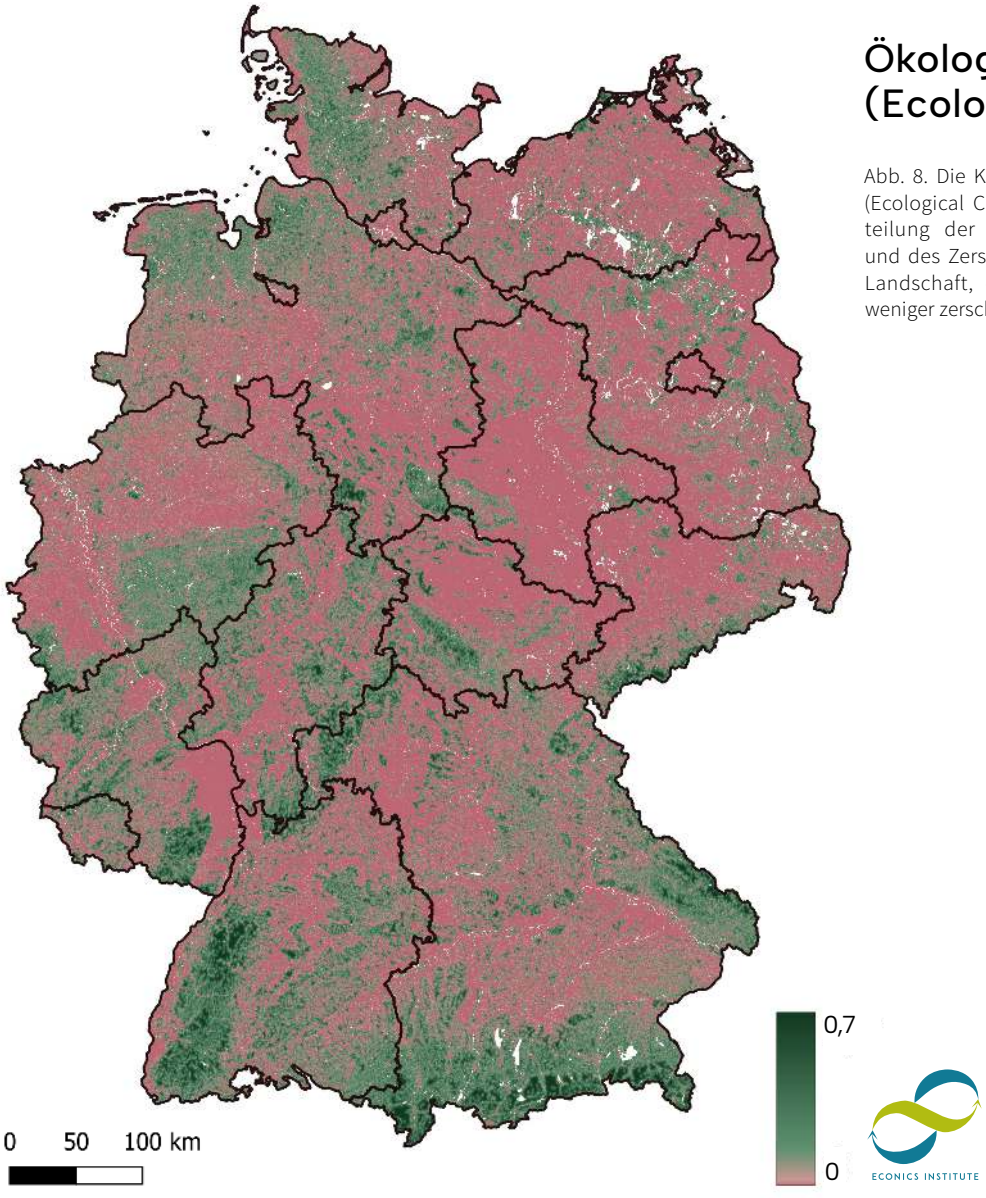
Abb. 7. Die Grafik zeigt für die einzelnen Bundesländer und die verschiedenen Landnutzungskategorien die zeitliche Veränderung der durchschnittlichen Oberflächentemperaturen an heißen Tagen. (schwarze Linie = bundeslandspezifischer Regressionstrend; gestrichelte Linie = nationaler LST_{max}-Mittelwert)

D. ÖKOLOGISCHER KERNWERT (ECOLOGICAL CORENESS)

Wie erwartet, zeigt die Karte der **ökologischen Kernwerte der funktionstüchtigen Landschaften** (Abb. 8), dass die höchsten Werte (dunkles Grün) vor allem in Gebieten mit großen, zusammenhängenden Waldökosystemen wie Schwarzwald, Spessart, Bayerischer Wald oder Pfälzer Wald erzielt werden. Auch der Alpenraum weist vergleichsweise hohe Werte auf, da aufgrund der Höhenlage und der Geländeform hier oftmals weniger Infrastruktur die Landschaften zerschneidet und eine bessere Verbundsituation herrscht. Im Norden fallen z.B. der Solling und der westliche Harz als Gebiete mit guten Ökologischen Kernwerten auf.

Größere Räume mit **niedrigen ökologischen Kernwerten** werden vor allem in urbanen Gebieten festgestellt. Aber auch in Landschaften, die stark durch Landwirtschaft geprägt sind, wie dem Oderbruch im Nordosten, der Magdeburger Börde im mittleren Osten oder dem von Weinbau und Infrastruktur geprägten Rhein-Main-Gebiet, sind die Werte entsprechend niedrig.

Berechnungen ergeben positive Zusammenhänge zwischen **Ökologischen Kernwerten**, Spätsommergrünheit der Vegetation und Niederschlag sowie eine negative Beziehung mit der Landoberflächentemperatur an heißen Tagen. Grün ist wichtig – und zwar möglichst viel davon und unzerschnitten.



Ökologischer Kernwert (Ecologial Coreness)

Abb. 8. Die Karte der ökologischen Kernwerte (Ecological Coreness) zeigt die räumliche Verteilung der ökologischen Verbundsituation und des Zerschneidungsgrades. Je grüner die Landschaft, desto besser eingebunden und weniger zerschnitten.

E. NATÜRLICHE INFRASTRUKTUR

Basierend auf der Integration der drei zentralen Datensätzen des ECONICS-Grün-Feucht-Kühl-Index 2021–2025 (mittlerer Indexwert), dem Fünfjahrestrend sowie den Ökologischen Kernwerten der grün-feucht-kühlen Gebiete wurde eine Karte der natürlichen Infrastruktur für Deutschland erstellt (Abb. 9). Im Ergebnis werden fünf Prioritätenkategorien für die bundesweite Zonierung der Natürlichen Infrastruktur und die Priorisierung der erforderlichen Maßnahmen vorgeschlagen:

Gebiete mit **sehr gutem Potenzial** repräsentieren eine funktionale, relativ stabile und gut vernetzte Natürliche Infrastruktur. Sie besitzen somit die höchste Priorität für den Naturschutz.

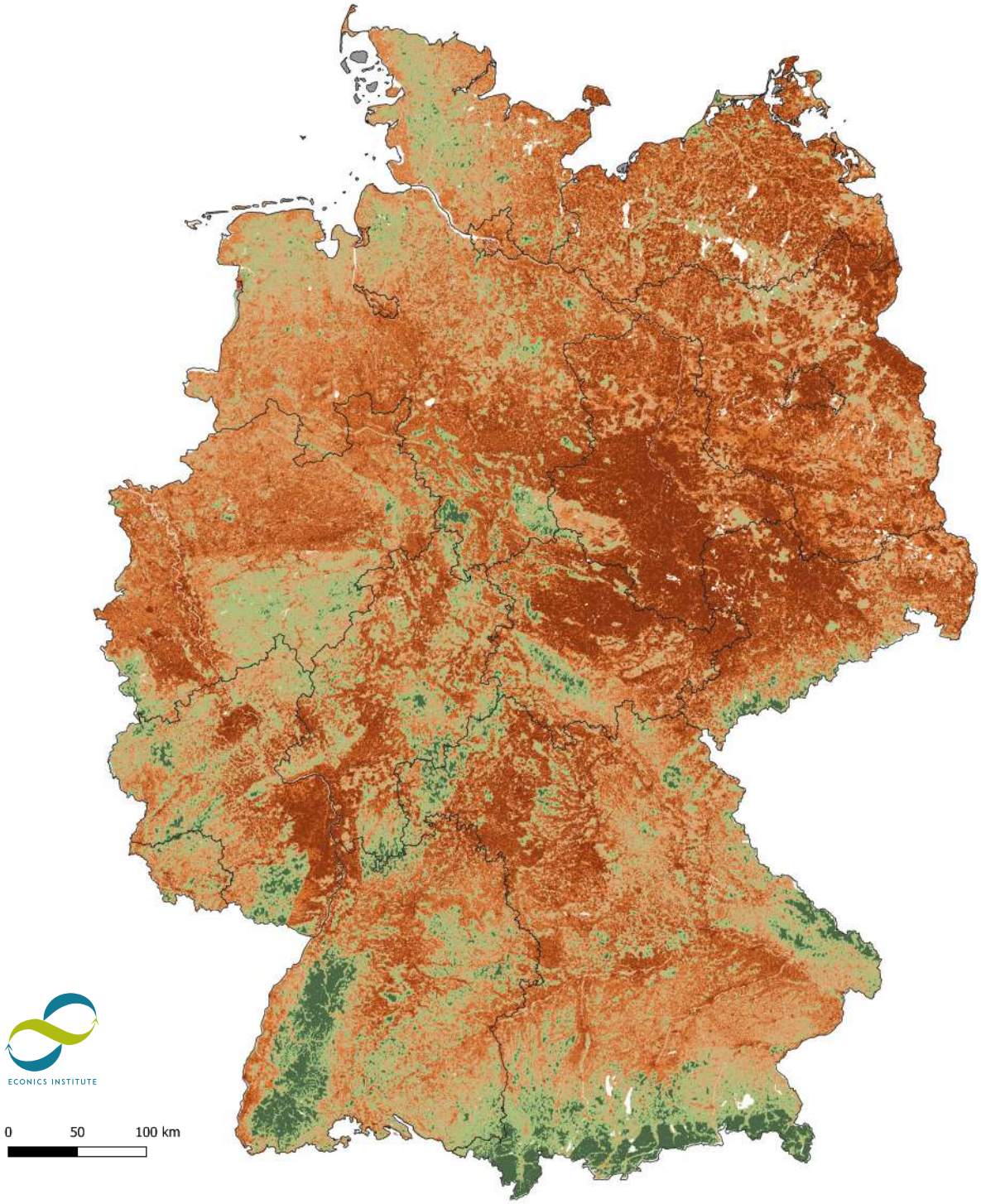
Gebiete mit **gutem Potenzial** weisen ebenfalls eine relativ starke Ökosystemfunktion sowie Konnektivität auf und sind wichtig, um die Resilienz der Ökosysteme zu erhalten und zu stärken.

Die Kategorie **mäßiges Potenzial** umfasst Landschaften mit durchschnittlicher funktionaler Leistungsfähigkeit oder Konnektivität. Hier sind gezielte Managementmaßnahmen wichtig, um die Ökosystemresilienz zu stabilisieren und wiederherzustellen.

Als **kritisch geschädigt** klassifizierte Gebiete sind durch eine eingeschränkte Ökosystemfunktion, rückläufige Entwicklungen und eine schwächere Konnektivität gekennzeichnet, was sie zu klaren Schwerpunktgebieten für Renaturierungsmaßnahmen macht.

Sehr stark geschädigte und gefährdete Gebiete weisen schließlich den schlechtesten funktionalen Zustand, die deutlichsten Degradationserscheinungen und die schwächste Konnektivität auf. Sie sollten daher als Räume mit der höchsten Priorität für Renaturierungs- und Minderungsmaßnahmen





Natürliche Infrastruktur 2021–2025

- Sehr stark geschädigt und gefährdet
  sehr hohe Priorität für Schutz- und Wiederherstellungsmaßnahmen
- Kritisch geschädigt
  hohe Priorität für Wiederherstellungsmaßnahmen
- Mäßiges Potenzial
  wichtig für die Stabilisierung und Wiederherstellung der ökologischen Resilienz
- Gutes Potenzial
  hohe Priorität für die Entwicklung der natürlichen Infrastruktur und ihrer ökologischen Resilienz
- Sehr gutes Potenzial
  sehr hohe Priorität für den Erhalt der natürlichen Infrastruktur und die Förderung ihrer ökologischen Resilienz
- Datenlücken

Abb. 9. Karte der Natürlichen Infrastruktur für Deutschland. Abstufung in die fünf Klassen nach Zustand und Maßnahmenpriorisierung.

PROZENTUALE VERTEILUNG DER NATÜRLICHEN INFRASTRUKTUR NACH LANDNUTZUNGSTYPEN IN DEN BUNDESLÄNDERN

Der Blick auf die prozentuale Verteilung der natürlichen Infrastruktur nach Landnutzungstypen in den verschiedenen Bundesländern (Abb. 10) zeigt zum Teil deutliche Unterschiede. Landwirtschaftlich genutztes Ackerland zeigt in vielen Landesteilen ähnlich kritische Werte wie Siedlungsflächen. Nur in Baden-Württemberg, Bayern, Niedersachsen und Schleswig-Holstein gibt es kleine Anteile von Ackerland, die mit einem sehr guten Potential eingestuft werden können. Die Grafik zeigt jedoch insgesamt, dass sich Ackerland in allen Bundesländern in einem sehr stark geschädigten kritischen Zustand befindet und hier deutschlandweit Maßnahmen notwendig wären, um die natürliche Infrastruktur zu stärken.

Es mag verwundern, dass das Ackerland derartig ungünstig abschneidet. Dies ist dadurch bedingt, dass die Flächen am Ende des Sommers meistens nicht grün sind, aber auch, dass sie sich an heißen Tagen zusehends stärker erwärmen. Die Äcker spielen zwar eine wichtige Rolle für die Menschen, da auf ihnen Nahrungsmittel und andere Agrarprodukte angebaut werden, aber abgesehen davon leisten sie nur sehr wenig bzw. erwärmen die Landschaft und verstärken eine problematischer werdende Wasserkrise. Die landwirtschaftliche Produktivität wird bislang mit technologischem Aufwand erhalten, aber die klimawandelbedingten Risiken gefährden die Nachhaltigkeit. Im Rahmen der Anpassung an den Klimawandel bedarf es dringend einer Verbesserung der Wasserrückhaltefähigkeit der landwirtschaftlich genutzten Böden. Humus und Bodenleben müssen regeneriert werden. Einer übermäßig starken Erhitzung und weiterer Austrocknung kann durch Hecken, Gehölze und Agroforstsysteme entgegengewirkt werden.

Für das Grünland ist die Verteilung etwas differenzierter. Auch hier schneiden Bayern und Baden-Württemberg im Vergleich etwas besser ab, auch in Schleswig-Holstein und einigen anderen Bundesländern gibt es Grünlandflächen mit einem guten Potential. Allerdings bleiben die Anteile weit unter 50 %. Grünlandflächen zeigen vor allem in den östlichen Bundesländern, wie Brandenburg, Sachsen, Thüringen und Sachsen-Anhalt, höhere Anteile von Flächen mit sehr stark geschädigtem und gefährdetem Zustand.

Prozentuale Verteilung der Natürlichen Infrastruktur nach Landnutzungstypen

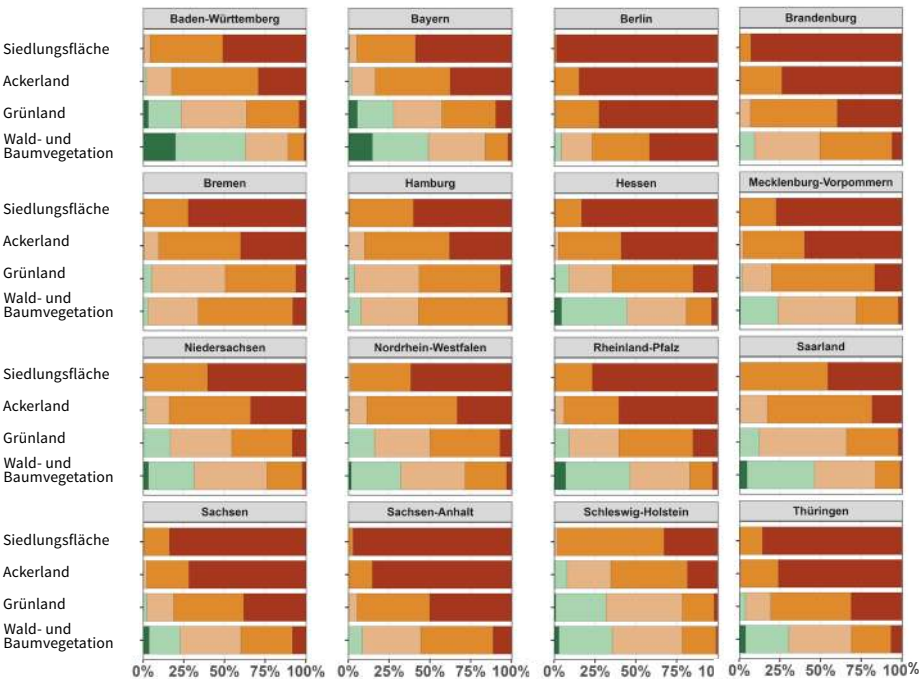


Abb. 10. Grafik der Verteilung der Natürlichen Infrastruktur nach Landnutzungstypen in den verschiedenen Bundesländern.

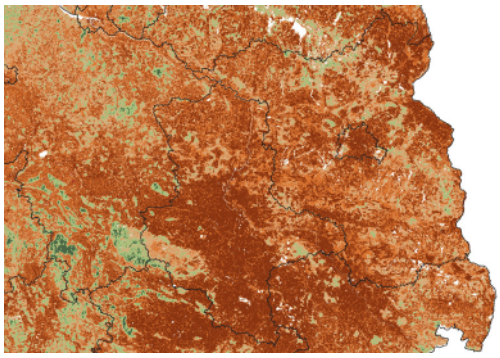
- Sehr stark geschädigt und gefährdet
- Kritisch geschädigt
- Mäßiges Potenzial
- Gutes Potenzial
- Sehr gutes Potenzial

Besorgniserregend – aber angesichts der bekannten Zahlen aus den Waldzustandsberichten nicht überraschend – ist die relativ **schlechte Situation vieler Wälder.** Momentan zeigen vor allem Bayern und Baden-Württemberg noch einen größeren Flächenanteil mit gutem oder sehr gutem Potenzial. Von den Flächenländern fallen Brandenburg und Sachsen-Anhalt durch einen geringen Anteil von Potenzialflächen auf – hier überwiegen die Prioritäten für Wiederherstellung bzw. Entwicklung der Resilienz.

Das Vorhandensein und der Zustand der Natürlichen Infrastruktur in Siedlungsräumen übersetzt sich direkt in gesundheitliche Risiken für die Bevölkerung. Stabile grün-feucht-kühle Lebensbedingungen in Städten werden in der Klimakrise zu einem entscheidenden **Kriterium nicht nur der Wohn- und Lebensqualität, sondern auch der physischen Sicherheit.**

Die hoch aufgelösten Karten lassen sich auf regionaler oder lokaler Ebene interpretieren und nutzen. In Brandenburg fallen im Bild unten links zum Beispiel die Laubwälder (etwa im Naturpark Schlaubetal, im Bereich der Choriner Endmoräne oder der Uckermärkischen Seenlandschaft) mit ihrem vergleichsweise besseren Potenzial auf. Auffällig sind auch die sehr von intensiver Landwirtschaft geprägten, aber von Hitze und Dürre gefährdeten Gebiete nördlich und östlich des Harzes (u.a. Magdeburger Börde).

Der Kartenausschnitt rechts lässt gut erkennen, dass der Westharz (u.a. Nationalpark Harz) ein deutlich besseres Potenzial aufweist als der Ostharz, wo nach Fichtenkalamitäten und anschließender Beräumung große baumfreie Flächen entstanden. Positiv bemerkenswert sind auch die Buchenwälder des Südharz. Nördlich vom Harz ist u.a. der Höhenzug des Elm erkennbar. Westlich vom Harz liegt im Süden Niedersachsens der Solling, eines der wertvollsten Laubwaldgebiete in Deutschland. Im südlich angrenzenden, ehemals größten zusammenhängenden Waldgebiet Nordhessens, im Reinhardswald, zeigen sich inzwischen größere Bereiche im kritischen Zustand.



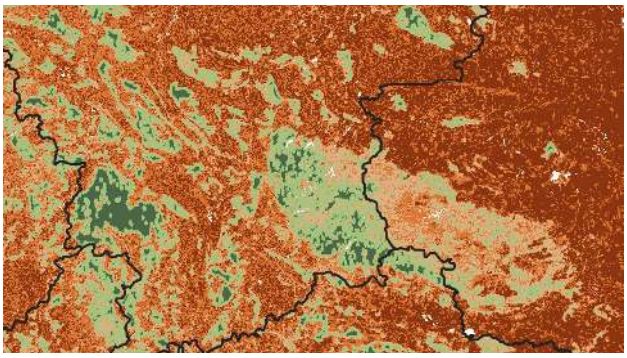


Abb. 11 u. 12. Links: Kartenausschnitt für Ostdeutschland für die Bundesländer Berlin, Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Teile von Niedersachen, Sachsen und Mecklenburg-Vorpommern. Rechts: Kartenausschnitt für den Harz und den Solling mit den Bundeländern Sachsen-Anhalt und Niedersachen.

Auch vom Menschen angelegte Forsten und Renaturierungsflächen können höhere Potenzialwerte aufweisen. Ein Beispiel ist etwa die durch Aushub in den letzten 40 Jahren entstandene Sophienhöhe im Rheinischen Revier nordöstlich vom Hambacher Tagebau (Abb. 13). Diese Fläche wurde in den vergangenen Jahrzehnten systematisch aufgeforstet. Zum einen zeigt sich hier die positive Wirkung von Renaturierungsmaßnahmen, zum anderen wird deutlich, dass entsprechende Erfolge nur über lange Zeiträume erzielt werden können. Deshalb ist die Erhaltung und bestmögliche Stabilisierung von noch grün-feucht-kühlen Flächen von allergrößter Bedeutung. Verlust von Bäumen und Wald führt zu einer sofortigen, sehr negativen und lange anhaltenden Wirkung in der Landschaft. Das Rheinische Revier ist ein Beispiel dafür, wie der Verlust des bis in die 80er Jahre ausgedehnten Hambacher Forsts durch Aufforstungsmaßnahmen nicht ausgeglichen wurde. Es zeigt sich hier auch eindrucksvoll, in welch kritischem Zustand die letzten verbleibenden Relikte des einst zusammenhängenden Waldes sich inzwischen befinden, die zudem von einer ebenfalls sich in einem kritischen Zustand befindlichen Stadt- und Agrarlandschaft umgeben sind.

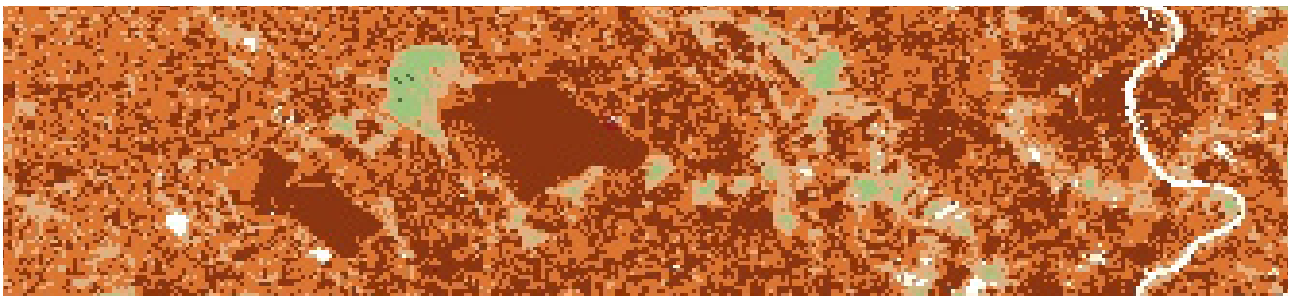


Abb. 13. Rheinisches Revier mit Tagebauflächen von Inden und Hambach (große rote Flächen links von der Mitte) sowie der Aufforstungsfläche Sophienhöhe nordwestlich der Hambacher Grube. Im Osten Ausschnitt des Kölner Stadtgebiets mit dem Rhein (weiß).

AUSWERTUNG DES ZUSTANDES DER NATÜRLICHEN INFRASTRUKTUR IN DEN SCHUTZGEBIETEN DEUTSCHLANDS

Unsere Studie leistet auch eine Diagnostik der Schutzgebiete in Deutschland und ihre Rolle bei der Bewahrung der Natürlichen Infrastruktur.

Ein Blick auf die Verteilung der Prioritätsklassen nach Schutzgebietskategorien in Deutschland zeigt unterschiedliche Ergebnisse (siehe Abb. 14). Mit **ca. 57 %** wiesen Nationalparks den höchsten Anteil an Flächen auf, die als Gebiete mit **gutem und sehr gutem Schutzpotenzial** eingestuft wurden. In Landschaftsschutzgebieten, Naturschutzgebieten und Biosphärenreservaten gab es ebenfalls einen erheblichen Anteil an Gebieten mit **gutem und sehr gutem Potenzial (ca. 31–39 %)**. Tatsächlich überwiegen in diesen Schutzgebietskategorien jedoch Landschaften mit nur mäßigem Potenzial.

Die FFH-Gebiete (*Special Areas of Conservation*) und die Vogelschutzgebiete (*Special Protection Areas*) der europäischen Natura 2000-Schutzgebietskulisse schneiden teilweise schlechter ab als die Großschutzgebiete. Besorgniserregend ist, dass ein erheblicher Anteil der Natura-2000-Gebiete als **»sehr kritisch« oder »kritisch« eingestuft wird (FFH-Gebiete: 25 %; Vogelschutzgebiete: 40 %).**

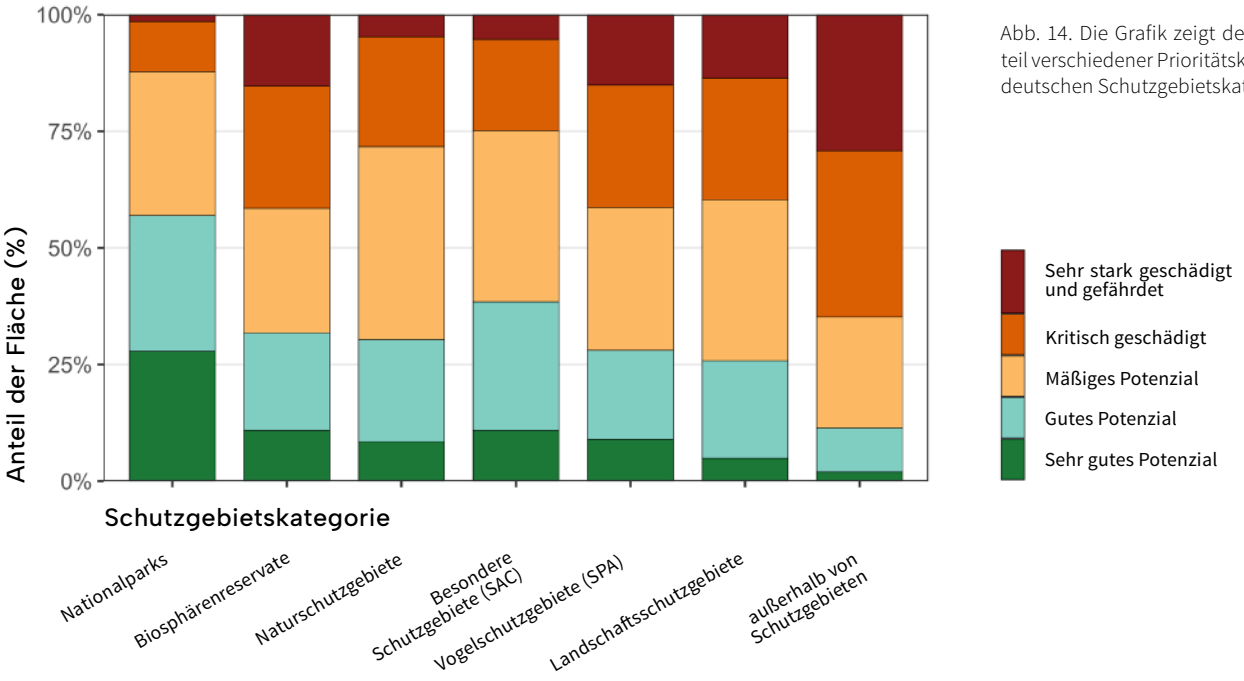


Abb. 14. Die Grafik zeigt den Flächenanteil verschiedener Prioritätsklassen für die deutschen Schutzgebietskategorien in %.

Ein entscheidendes und seit Langem bekanntes Problem vor allem der FFH-Gebiete ist ihre starke Fragmentierung und die meist sehr kleine Flächengröße (siehe Abb. 15). Mit fortschreitender Klimakrise in Kombination mit Degradation durch Landnutzung verschärft sich die kritische Situation vieler Gebiete und ihrer Schutzobjekte. Vor allem kleine isolierte Gebiete inmitten einer heißen und trockener werdenden Matrix sind sehr stark gefährdet. Abhilfe kann allein ein intensiverer Schutz und eine Verbesserung der Flächenkulisse schaffen.

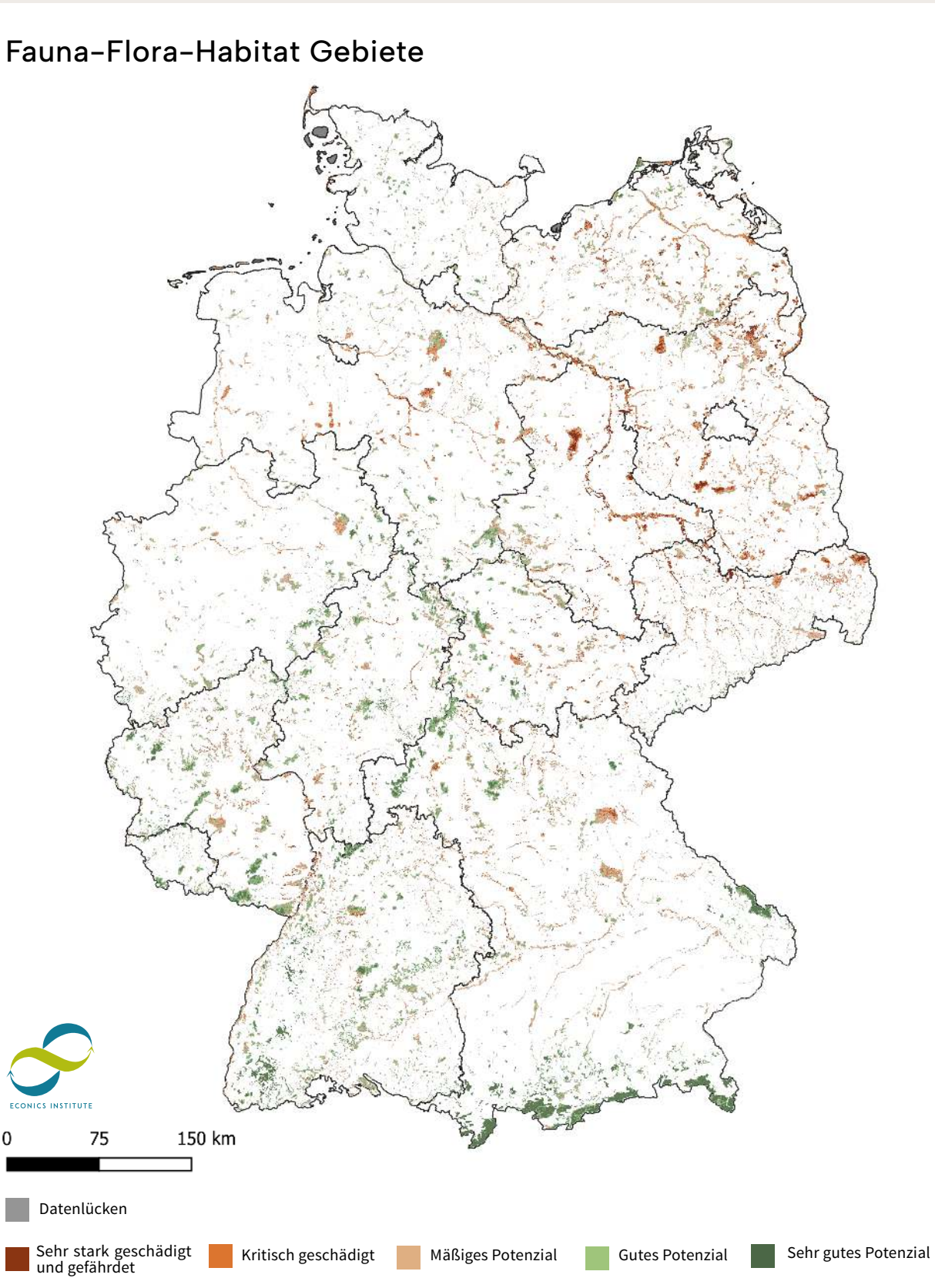


Abb. 15. Karte der räumlichen Verteilung der Prioritätsklassen der deutschen Flora-Fauna-Habitat-Gebiete.

Die Großschutzgebiete sind recht unterschiedlich mit naturräumlichen Potenzialen ausgestattet und entwickeln sich von unterschiedlichen Startbedingungen ausgehend. Allein die Flächengrößen und Formen – und damit auch die negativen Randeffekte – variieren in ausgeprägter Weise (vgl. Bsp. Nationalparke; Abb. 16). Angesichts der Verschlechterung der Leistungsfähigkeit vieler Ökosysteme verdienen die Großschutzgebiete und ihre landschaftliche Einbettung deshalb eine verstärkte Aufmerksamkeit. Umgebende Landschaften müssen angemessene Pufferwirkungen entfalten.

Gebiete **außerhalb der etablierten Schutzgebietskategorien** weisen eine deutlich ungünstigere Verteilung auf. So wurden nur **etwa 11 % als Gebiete mit gutem oder sehr gutem Potenzial** eingestuft, während fast **65 % als kritisch oder sehr kritisch** bewertet wurden. Dies zeigt, dass Schutzgebiete ihre Funktion erfüllen, da viele der funktionalsten und am besten vernetzten Landschaften bereits geschützt sind. Dennoch gibt es in allen Kategorien auch Bedarf nach Verbesserungen und Wiederherstellungsmaßnahmen.

Nationalparks

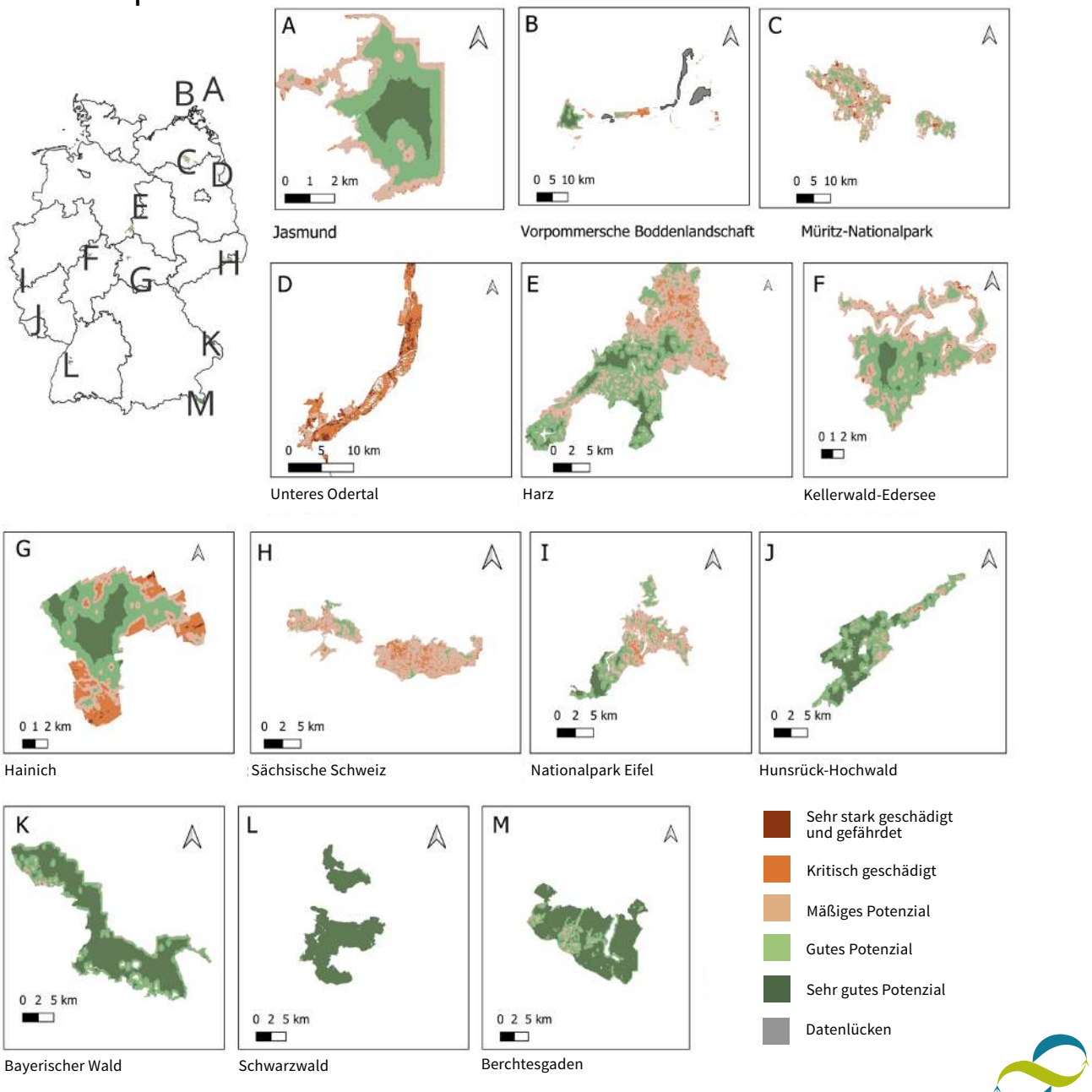


Abb. 16. Karten der räumlichen Verteilung der Prioritätsklassen in den deutschen Nationalparks.

3. EMPFEHLUNGEN

Der aktuelle ECONICS-Grün-Feucht-Kühl-Index für die Jahre 2021 bis 2025 zeigt, dass sich die räumlichen Muster des letzten Berichtzeitraums bestätigen. Eine zeitliche Betrachtung ergibt zudem einen deutlichen negativen Fünfjahrestrend. Angesichts des fortschreitenden und sich aktuell verschärfenden Klimawandels ist in allen Bundesländern und für alle Landnutzungsklassen mit einer Verschlechterung der Gesamtsituation zu rechnen. Dies erfordert nicht nur dringendes Handeln in Bezug auf die Landnutzung und Investitionen in die Natürliche Infrastruktur, sondern auch insgesamt ein proaktives, vorbeugendes Management.

Die Natürliche Infrastruktur der gesamten Landesfläche und nicht allein in Schutzgebieten ist von überragendem öffentlichem Interesse. Die differenzierte Förderung und Behandlung der entsprechenden Flächen sind notwendig, ökologisch und ökonomisch sinnvoll sowie auch machbar.

ES ERGIBT SICH EINE VIELZAHL KONKRETER EMPFEHLUNGEN:

a. Gezielte und kostengünstige Datenanalyse, Monitoring und Wissenstransfer

Um Maßnahmen effektiv und adaptiv zu steuern, ist die systematische Nutzung von kostengünstigen satellitengestützten Daten unverzichtbar. Ein fernerkundungsgestütztes Monitoring sowie regelmäßige Inventuren müssen systematisch und bundesweit durchgeführt und aufgearbeitet werden. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse müssen in die nationalen Berichterstattungen, in Landschaftsrahmen- und Managementpläne sowie in konkrete Klimaschutzprojekte einbezogen werden.

Insbesondere hochaufgelöste Karten können als Orientierungshilfe dienen, um zu entscheiden, wo Gelder für die Sanierungs- bzw. Renaturierungsprojekte vorrangig eingesetzt und wo Schutzmaßnahmen weitergeführt oder eingeleitet werden sollten.

b. Großräumiger ganzheitlicher Planungsansatz auf der Landschaftsebene und landschaftsökologische definierte Schutzgüter

Um mit dem durch den Klimawandel bedingten Temperaturanstieg und den damit einhergehenden Belastungen für Mensch und Umwelt umzugehen, müssen funktionale Landschaftseinheiten systemisch und als Ganzes verstanden, geschützt und erhalten werden. Um den natürlichen Klimaschutz voranzutreiben, ist ein Verständnis dafür notwendig, dass Ökosysteme durch thermodynamische und hydrologische Kreisläufe eng miteinander verwoben sind. Nur durch großräumig vernetzte Schutzkonzepte, die über administrativ festgelegte Schutzgebietsgrenzen hinausgehen und nachhaltige Bewirtschaftungskonzepte beinhalten, lässt sich eine echte Resilienz der natürlichen Infrastruktur erreichen.

Es ist dringend erforderlich, regulierende Ökosystemfunktionen und Ökosystemleistungen explizit als Schutzgüter anzuerkennen und sie gezielt wirksam zu erhalten. Vor allem die rechtliche Anerkennung von Klimarefugien mit höheren Grün-Feucht-Kühl-Werten als eigenständige Schutzgüter von herausragendem öffentlichen Interesse erscheint dringend geboten.

Zusammenhängende, naturnahe Wälder, intakte Moore oder Auen wirken in der Landschaft wie natürliche Klimaanlagen.

Im Hinblick auf die strategische Umsetzung von Maßnahmen im Rahmen des Aktionsprogramms für Natürlichen Klimaschutz (ANK) ist eine fundierte Einschätzung des ökologischen Zustands unerlässlich, um eine präzise Einstufung und Priorisierung von Flächen vorzunehmen. Investitionen und Fördergelder sollten dorthin fließen, wo sie den größten synergetischen Nutzen für thermodynamische Leistungen, Kühlungsfunktionen, den Wasserhaushalt und die Biodiversität entfalten. Eine klare Klassifizierung und Priorisierung anhand geprüfter und messbarer Indikatoren ist hierfür unbedingt notwendig.

c. Das deutsche Schutzgebietssystem stärken

Die Wirksamkeit und der Zustand von Schutzgebieten kann und sollte mithilfe des ECONICS-Grün-Feucht-Kühl-Index und der Kartierung der Natürlichen Infrastruktur bewertet werden. Aus wissenschaftlicher Sicht gehört die Schutzgebietskulisse insofern auf den Prüfstand, als sie den fachlichen und gesetzlichen Anforderungen insgesamt nicht genügt. Viele Schutzgebiete müssen vergrößert, arrondiert und besser verbunden werden. Die sie umgebende Landschaft muss so bewirtschaftet werden, dass schädliche Randeffekte minimiert werden. Auch wenn es sich hierbei keineswegs um eine neue Forderung handelt, kann das Defizit nunmehr eindeutig beschrieben und quantifiziert werden.

d. Großflächige, ausgeräumte Agrarlandschaften strukturieren, diversifizieren und revitalisieren

In den großen, biomasse- und strukturarmen Agrarregionen ist die Basis für die Nahrungsmittelproduktion gefährdet.

Praktiken zur Förderung der dauerhaften Bodenbedeckung (Zwischenfrüchte, Untersaaten, Mulch) und der Erhaltung von Grünland gebührt höchste Priorität. Alle Maßnahmen, die aus der Perspektive des Natürlichen Klimaschutzes im Offenland als günstig identifiziert werden, fördern auch grün-feucht-kühle Bedingungen (und umgekehrt).

Die landwirtschaftlichen Flächen müssen insgesamt wieder kleinteiliger und strukturreicher werden. Es bedarf der Förderung von möglichst dreidimensionalen Vegetationsstrukturen. Für große Schläge sollte es zur Pflicht werden, schützende Strukturen wie Agroforstsysteme, Hecken, Knicks und dauerhafte Grünstreifen anzulegen. Sie bremsen den Wind, schaffen ein kühleres Mikro- sowie Mesoklima und tragen zur Wasserrückhaltung bei. Zur Senkung der Vulnerabilität von Hecken und linearen Grünstrukturen bei Hitze und Dürre sind entsprechend größere Flächen vorzusehen. Entsprechende Programme zur Förderung agroforstlicher Maßnahmen sollten konsequent ausgebaut werden.

e. Urbane Räume umgestalten

In den urbanen Räumen muss dringend mehr Raum für Vegetation geschaffen werden. Hier müssen Kommunen von punktuellen, rein dekorativen Begrünungen und pflegeleichten Pflanzkübeln zu einem systemisch-funktionalen Ansatz übergehen. Vernetzte Grün-Blaue Infrastrukturen sind in den Flächennutzungsplänen zu verankern und auf der Fläche zu schaffen bzw. zu bewahren, um die negativen Wirkungen der urbanen Hitzeinseln effektiv zu dämpfen. Kommunale Wälder und Gehölze verdienen eine besondere Aufmerksamkeit und ggf. spezifische Fördermöglichkeiten. Das Potenzial von Brach- und „Ehda”-Flächen muss besser genutzt werden.

Die Argumente für das Schwammstadt-Prinzip sind inzwischen gut bekannt, müssen aber vor allem in den kritischen Räumen tatsächlich zu wirksamen Aktionen führen.

f. Intakte Klimarefugien streng schützen und sichern

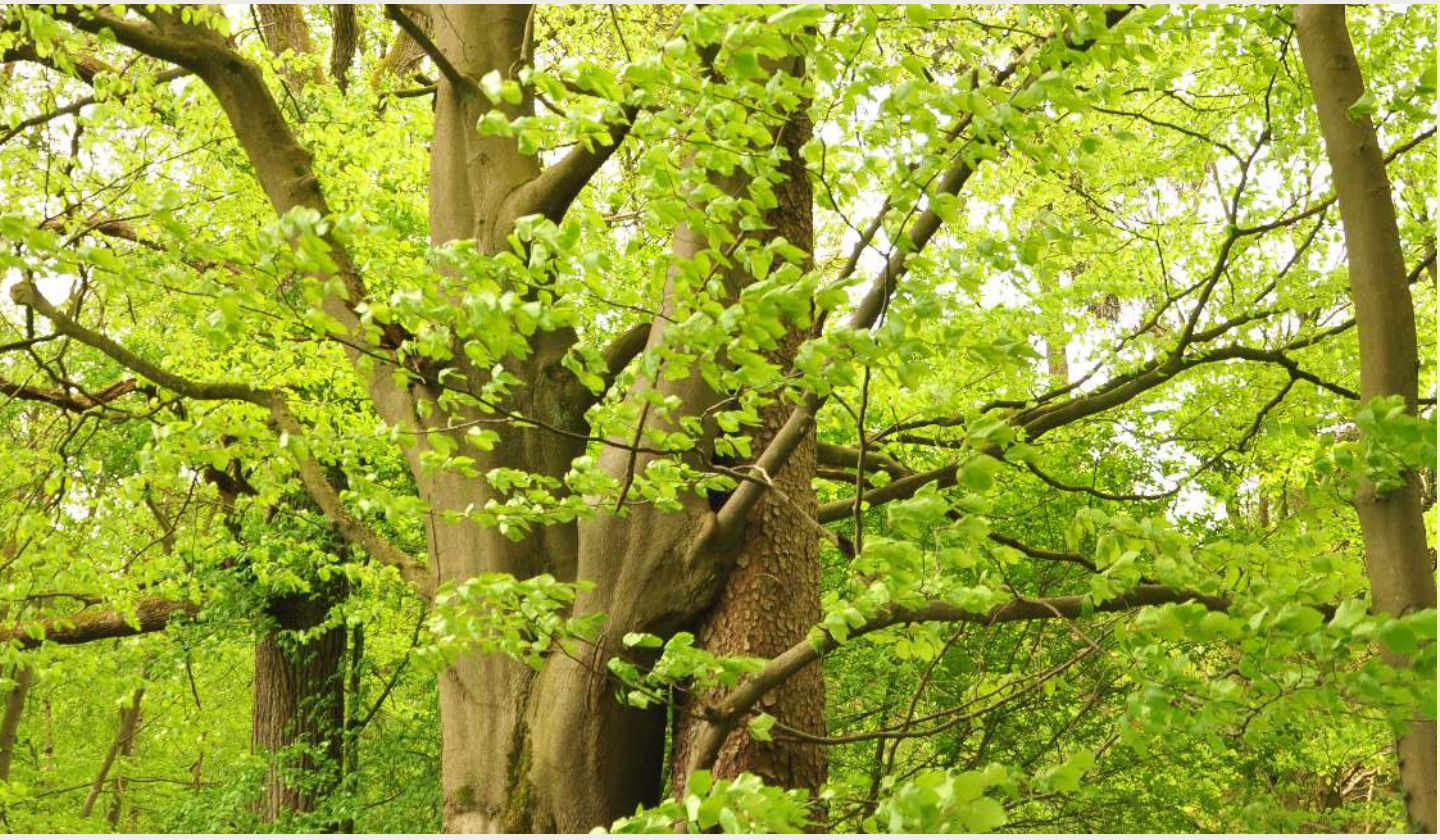
Landschaften, die dank ihrer Struktur und grüner Vegetation noch relativ kühl und feucht sind, müssen streng geschützt und erhalten werden. Eine weitere Zerschneidung dieser wertvollen, thermodynamisch funktionalen Landschaften muss verhindert werden. Eine besondere Rolle nehmen Wälder ein, da sie die wichtigsten Klimarefugien darstellen. In der Waldbewirtschaftung muss der Schutz der ökohydrologischen Ressourcen höchste Priorität haben.

Die Holzernte darf die mikroklimatische Funktionalität nicht beeinträchtigen. Angesichts der zunehmenden Austrocknung von Waldböden müssen gesetzliche Vorschriften den Einsatz schwerer Erntemaschinen strikt beschränken, um irreversible Bodenschäden und Verdichtungen zu verhindern. Diese beeinträchtigen die natürliche Versickerung und Speicherung von Niederschlägen, schädigen das Wurzelwerk der Bäume und das Bodenmikrobiom. Zudem sollte die Entwicklung hin zu resilienten Laubmischwaldgesellschaften konsequenter verfolgt werden. Die Anlage neuer, größerer Nadelbaumforsten – mit erwartbaren volkswirtschaftlichen Folgekosten – sollte gesetzlich unterbunden werden.

g. Fragmentierung minimieren und rückgängig machen, Verbundsituation stärken

Dass Zerschneidung der Landschaft wichtige ökologische Korridore zerstört, die für Bewegungen von Organismen im Raum sowie den genetischen Austausch von Populationen im Klimawandel überlebenswichtig sind, ist gut belegt und bekannt. Unsere Daten zeigen jedoch, dass die ökologische Verbundsituation als maßgeblicher Faktor auch Einfluss auf die Leistungsfähigkeit der Landschaftsökosysteme nimmt.

Weiterhin sollte die fortschreitende Fragmentierung funktionaler Landschaften durch neue Graue Infrastruktur konsequent vermieden werden. Im Rahmen von Wiederherstellungsbemühungen ist die strategische Verbindung von Ökosystemen mit höherer Arbeitsfähigkeit anzustreben.



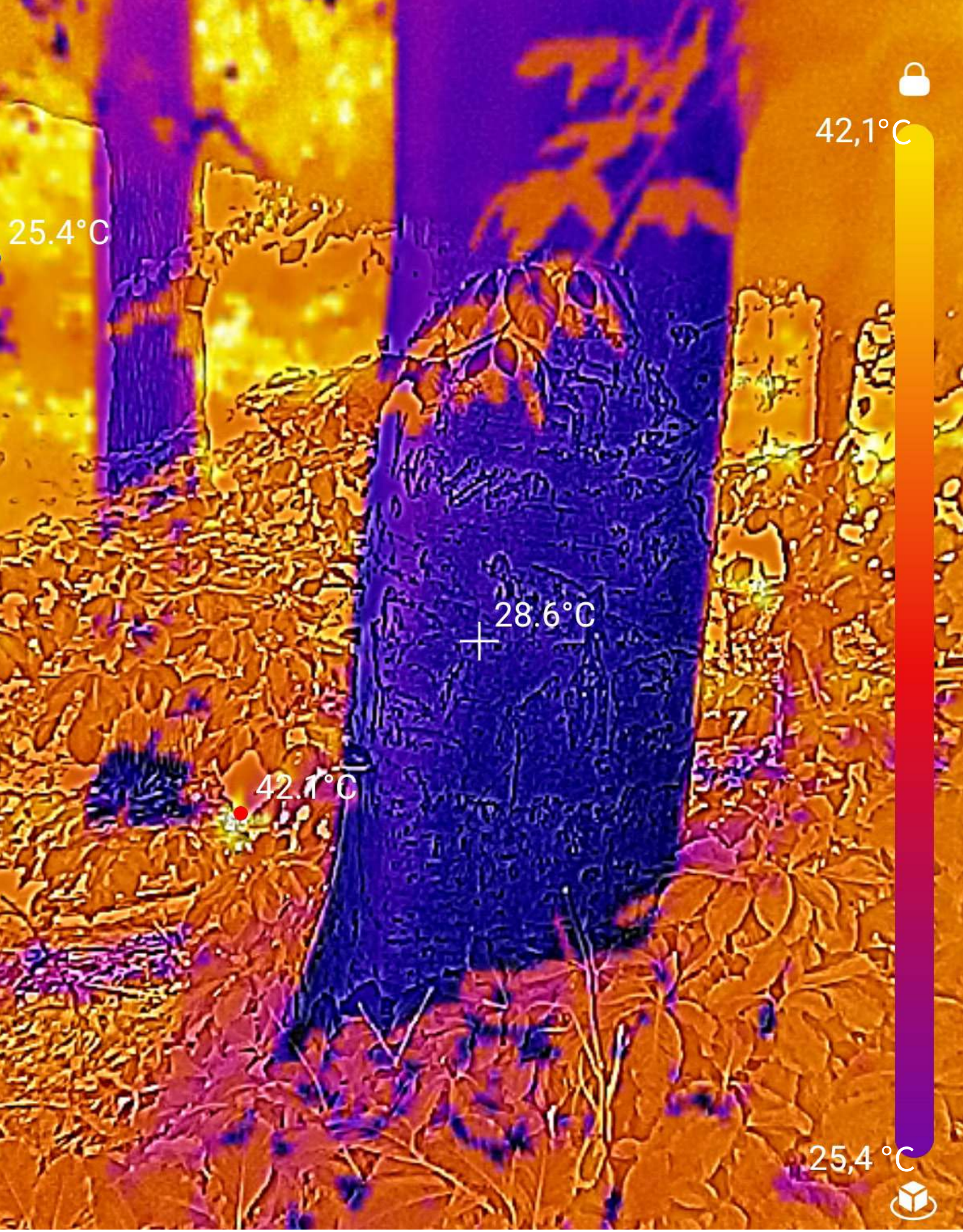


Abb. 17. Beispielhafte Infrarot-Thermalaufnahme von Vegetation an einem heißen Tag, die den ›kühlenden‹ Effekt von Bäumen auf das Mikroklimaklima illustriert.