

Bellingen, Marius et al.

Article

Kühlung in Städten, Kohlenstoffspeicherung, Landschaften für Tourismus: Ökosystemrechnungen zeigen Leistungen der Natur

WISTA - Wirtschaft und Statistik

Provided in Cooperation with:

Statistisches Bundesamt (Destatis), Wiesbaden

Suggested Citation: Bellingen, Marius et al. (2026) : Kühlung in Städten, Kohlenstoffspeicherung, Landschaften für Tourismus: Ökosystemrechnungen zeigen Leistungen der Natur, WISTA - Wirtschaft und Statistik, ISSN 1619-2907, Statistisches Bundesamt (Destatis), Wiesbaden, Vol. 78, Iss. 1, pp. 41-55

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/337202>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

KÜHLUNG IN STÄDTEN, KOHLENSTOFFSPEICHERUNG, LANDSCHAFTEN FÜR TOURISMUS: ÖKOSYSTEMRECHNUNGEN ZEIGEN LEISTUNGEN DER NATUR

Marius Belling, Simon Felgendreher, Dan Kanmegne,
Johannes Oehrlein, Jonathan Reith, Simon Schürz

📌 **Schlüsselwörter:** Umweltökonomische Gesamtrechnungen – Ökosystemleistungen – Feinstaubfilterung – Holzzuwachs – Ernteerträge

ZUSAMMENFASSUNG

Die Ökosystemrechnungen haben zum Ziel, das räumliche Ausmaß, den Zustand sowie die Leistungen der Ökosysteme für den Menschen systematisch in Konten zu erfassen und im Zeitverlauf darzustellen. Die Leistungsbilanzen der Ökosysteme zeigen eine Auswahl der vielfältigen Leistungen der Natur, beispielsweise Kühlung in Städten, naturbezogener Tourismus oder Kohlenstoffspeicherung. Diese werden auf Basis der Flächen- und Zustandsbilanz in physischen Einheiten gemessen oder modelliert. Die dargestellten Leistungsindikatoren beziehen sich auf bundesweite jährliche Schätzwerte für alle Ökosysteme und erfüllen neue Berichtspflichten der Verordnung über europäische umweltökonomische Gesamtrechnungen.

📌 **Keywords:** *environmental-economic accounting – ecosystem services – absorption of fine particles – wood provision – crop provision*

ABSTRACT

The purpose of ecosystem accounting is to record the extent and condition of ecosystems and their services to humans, and present this information over time in the form of accounts. Ecosystem service accounts present some of the manifold services provided by nature. These services are measured or modelled in physical units based on the ecosystem extent and condition accounts. The service indicators shown refer to yearly estimates for all ecosystems in Germany and meet new reporting obligations of the regulation on European environmental economic accounts.

Marius Belling

studierte Geographie und Management natürlicher Ressourcen. Im Statistischen Bundesamt ist er in den Bereichen Ökosystemrechnungen sowie Waldgesamtrechnungen tätig.

Dr. Simon Felgendreher

ist Volkswirt, koordiniert im Statistischen Bundesamt die Ökosystemrechnungen und ist für deren konzeptionelle Weiterentwicklung zuständig.

Dr. Dan Kanmegne

ist Fernerkundungswissenschaftler und im Statistischen Bundesamt bei den Ökosystemrechnungen für die technische Implementierung der Flächen- und Zustandsbilanz verantwortlich.

Dr. Johannes Oehrlein

ist Mathematiker im Bereich Geoinformatik. Im Statistischen Bundesamt betreut er die technische Konzeption und Umsetzung der Ökosystemrechnungen.

Jonathan Reith

ist Geograph und setzt seine ökologische Expertise im Statistischen Bundesamt bei der Berechnung der Ökosystemleistungen ein.

Dr. Simon Schürz

ist Volkswirt und im Statistischen Bundesamt verantwortlich für methodische Fragen und die monetären Konten der Ökosystemrechnungen.

1

Einleitung

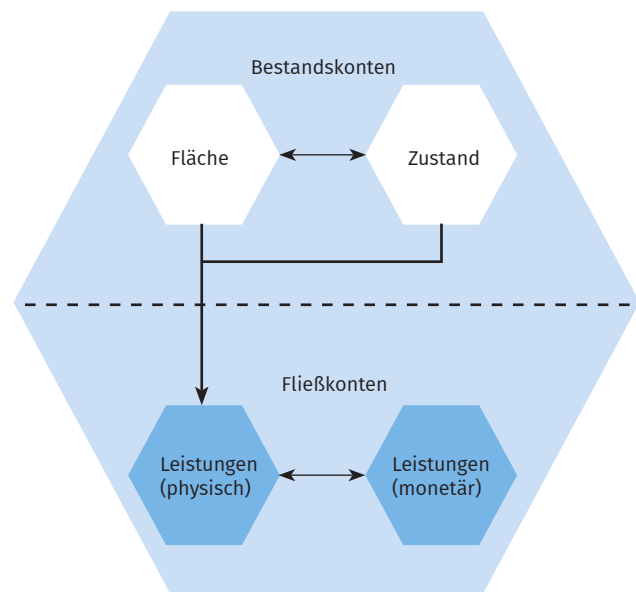
Das im November 2025 verabschiedete Berliner BäumePlus-Gesetz soll die Anzahl der Stadtbäume in der deutschen Hauptstadt verdoppeln und so die Hitzebelastung abmildern und die Luftqualität verbessern.¹ Während der COVID-19-Pandemie stieg die Bedeutung von Tourismus in der Natur.² Durch Schädlinge und Trockenheit geben die Wälder in Deutschland inzwischen mehr Kohlenstoff ab, als sie aufnehmen.³ Diese Schlagzeilen verdeutlichen, wie stark gesellschaftliche Diskussionen mit den Leistungen von Ökosystemen verbunden sind – etwa Kühlung in Städten, Feinstaubfilterung, naturbezogener Tourismus oder Kohlenstoffspeicherung.

Verwunderlich ist das allerdings nicht, denn Ökosystemleistungen schaffen substanziellen gesundheitlichen, sozialen und wirtschaftlichen Nutzen: Urbanes Grün senkte die Temperaturen in deutschen Städten im Sommer 2023 durchschnittlich um 0,9° Celsius. Deutschlands Wälder filterten im Jahr 2023 insgesamt 25 300 Tonnen Feinstaub. Deutschlandweit hingen im Jahr 2023 rund 265 Millionen touristische Übernachtungen von attraktiven Ökosystemen wie Wäldern, Gewässern oder Stränden ab (Statistisches Bundesamt, 2025a). Diese Werte zeigen das breite Spektrum der Ökosystemleistungen und ihren direkten Einfluss auf Menschen und Wirtschaft.

Wie aber können solche Ökosystemleistungen umweltstatistisch bemessen und mit breiterem Blick auf Umwelt und Gesellschaft verstanden werden? Welche Datenangebote gibt es? Die Ökosystemrechnungen des Statistischen Bundesamtes liefern in drei aufeinander aufbauenden Konten zu Ausmaß (Bellinghen und andere, 2021), Zustand (Bellinghen und andere, 2024) und Leistungen räumliche Zeitreihendaten ab dem Berichtsjahr 2015 in Tabellen- und Kartenform. ➤ **Grafik 1** Dieser Artikel stellt mit den Leistungsbilanzen den dritten Teil dieses Berichts-

Grafik 1

Aufbau der Ökosystemrechnungen nach dem SEEA¹ der Vereinten Nationen



1 System of Environmental-Economic Accounting (2021).

systems vor und erläutert die dahinterliegenden biophysikalischen Modelle. Er zeigt in Fallbeispielen, wie durch die Verbindung von Informationen zu Flächen (wo gibt es welche Ökosysteme?) und qualitativen Eigenschaften (wie geht es diesen Ökosystemen?) ein ganzheitliches Informationspaket angeboten wird.

Die Ökosystemrechnungen folgen dem internationalen statistischen Standard „System of Environmental-Economic Accounting – Ecosystem Accounting (SEEA EA)“ (Vereinte Nationen, 2024). Im Zuge der Berichtspflicht nach der Verordnung (EU) Nr. 691/2011 über europäische umweltökonomische Gesamtrechnungen wurden die Methoden europaweit abgestimmt und die Ergebnisse somit vergleichbar gemacht. Die Ökosystemrechnungen komplementieren das weitere Datenangebot (unter anderem Umweltbelastungen wie Emissionen oder Energieverbrauch, Maßnahmen zum Umweltschutz oder umweltbezogene Steuern) der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen, welche dem internationalen Rahmenwerk „SEEA Central Framework“ folgend die Wechselwirkungen zwischen Umwelt und Wirtschaft quantifizieren. Auch in Bezug auf die Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen besteht

1 Siehe zum Beispiel www.rbb24.de

2 Siehe zum Beispiel www.statistikportal.de. Ländliche Regionen (vor allem in Nord- und Süddeutschland) gewannen relativ an Bedeutung, da sich die verbleibende touristische Nachfrage primär auf diese Räume konzentrierte.

3 Siehe www.tagesschau.de

durch einheitliche Accounting-Regeln die Möglichkeit, wirtschaftliche Indikatoren durch die bisher nicht erfassten Ökosystemleistungen zur ergänzen.

Die Ökosystemrechnungen basieren hauptsächlich auf räumlichen, möglichst hochaufgelösten Sekundärdaten. Durch eine automatisierte Verarbeitung werden die einzelnen Zeitschritte der Flächen-, Zustands- und Leistungsbilanzen berechnet. Diese bundesweiten, regelmäßigen, räumlichen Daten erfüllen zum einen die Anforderungen eines Gesamtrechnungssystems, zum anderen eignen sich die Ökosystemrechnungen zusätzlich ideal für Sonderauswertungen, das Ableiten von Indikatoren oder zur Integration in andere Berichtssysteme. Für jede dieser drei Bilanzen (Ökosystemfläche, Zustand und Leistungen) steht ein einheitliches Veröffentlichungsportfolio zur Verfügung:

- > Die **Bilanzen als Tabellenform**: Das Kernprodukt des Accounting-Systems stellt die Resultate im Zeitverlauf für verschiedene Ökosysteme in den jeweiligen administrativen Einheiten dar, beispielsweise die Fläche des Ökosystems Streuobstwiese in Bayern im Zeitverlauf. Im Fall der Leistungsbilanzen sind in einem [Statistischen Bericht](#) sowie in der Datenbank des Statistischen Bundesamtes [GENESIS-Online](#) sowohl Aufkommens- (welches Ökosystem stellt welche Leistung bereit?) als auch Verwendungstabellen (wer nutzt die Leistung?) verfügbar.
- > Der [Ökosystematlas](#) ist eine interaktive Sammlung von Karten zu Fläche, Zustand und Leistungen bis auf Gemeindeebene im Zeitverlauf und stellt diese als Geodaten zum Download bereit.
- > [Steckbriefe](#) zu den einzelnen Ökosystemtypen, Zustandsvariablen und Leistungen beschreiben die Datenquellen, Datenverarbeitung und -modelle sowie weitere Informationen transparent für die Nutzenden. Weitere Informationen zur Methodik der jeweiligen Bilanzen liefern standardisierte [Qualitätsberichte](#) beziehungsweise [Methodenberichte](#).

Die Bilanzen der Ökosystemrechnungen werden regelmäßig aktualisiert; Fläche und Zustand im dreijährigen Turnus und die Leistungsbilanz jährlich. Das Datenangebot reicht momentan von 2015 bis 2023 und wird kontinuierlich fortgeführt.

Der Artikel beschreibt in Kapitel 2 die Methoden und bundesweiten Ergebnisse für drei ausgewählte Ökosystemleistungen und zeigt in Kapitel 3 regionale Fallbeispiele für diese Leistungen. Er endet mit einem Ausblick auf eine potenzielle monetäre Bewertung von Ökosystemleistungen und fasst die Anwendungsfälle der Ökosystemrechnungen zusammen.

2

Methoden und Ergebnisse

Ökosystemleistungen werden als Beiträge definiert, die Ökosysteme zum menschlichen Wohlbefinden leisten. Die Ökosystemrechnungen erfassen finale Ökosystemleistungen, also solche, die Gesellschaft und Wirtschaft direkt nutzen (Vereinte Nationen, 2024). Sie betrachten die Umwelt daher aus einer instrumentellen Perspektive. Ökosystemleistungen werden grundsätzlich in drei Kategorien eingeteilt. [Bereitstellungsleistungen](#) liefern direkt nutzbare Güter wie Holzzuwachs oder Ernteerträge. [Regulierungsleistungen](#), zum Beispiel Feinstaubfilterung, Kohlenstoffspeicherung, Bodenerosionsschutz und städtische Kühlung, stabilisieren natürliche Kreisläufe und mindern Umwelteinflüsse. [Kulturelle Leistungen](#), etwa der naturnahe Tourismus, spiegeln die immateriellen Vorteile wider, die Menschen aus naturnahen Räumen für Erholung, Wohlbefinden und kulturelle Erfahrung ziehen.

Bereitstellungsleistungen werden bereits in den Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen erfasst. Die Ökosystemrechnungen verorten hier den Beitrag der Natur räumlich und schreiben ihn bestimmten Ökosystemen zu. Regulierungs- und kulturelle Leistungen werden erstmals in einem Berichtssystem der amtlichen Statistik berücksichtigt.

Die sechs bisher veröffentlichten Ökosystemleistungen werden ab 2026 durch drei weitere Leistungen rückwirkend ergänzt. ➤ [Übersicht 1](#)

All diesen Leistungen liegt entweder ein bestehendes statistisches Berichtssystem oder ein eigenes biophysikalisches Modell zugrunde. Ersteres verhindert, dass Doppelstrukturen aufgebaut werden

Übersicht 1

Bisher erfasste und mittelfristig geplante Ökosystemleistungen

Bereitstellungsleistungen	Bereitstellung von Kulturpflanzen (Ernteerträge)
	Holzzuwachs
	Bestäubung ¹
Regulierungsleistungen	Luftfilterung (PM _{2,5})
	Kohlenstoffspeicherung (Nettosequestrierung)
	Kohlenstoffspeicherung (Bestände)
	Kühlung in Städten
	Erosionsschutz
Kulturelle Leistungen	Naturnaher Tourismus

■ ab 2026 geplante, rückwirkende Ergänzungen

1 Bestäubung kann als intermediäre, also nicht finale Leistung angesehen werden. Wegen der umweltpolitischen Relevanz gibt es aber auf europäischer Ebene eine Berichtspflicht, um sie als Teilleistung der Bereitstellung von Kulturpflanzen zur Ernte auszuweisen.

und Nutzerinnen und Nutzer mit verschiedenen und möglicherweise widersprüchlichen Daten konfrontiert werden. Beispiele dafür sind die Nutzung der Waldgesamtrechnungen und der Materialflussrechnungen aus den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen für die Ökosystemleistungen „Holzzuwachs“ und „Bereitstellung von Kulturpflanzen“ oder die Ableitung der „Kohlenstoffspeicherung“ aus Daten der Treibhausgasberichterstattung (siehe Abschnitt 2.1). Sofern möglich, werden solche bereits bestehenden Werte anhand der Daten aus den Flächen- und Zustandsbilanzen den einzelnen Ökosystemtypen zugewiesen. Wenn kein bereits etabliertes Berichtssystem genutzt werden kann, wird ein speziell für die jeweilige Ökosystemleistung entwickeltes biophysikalisches Modell verwendet, sofern geeignete georeferenzierte Daten zur Berechnung verfügbar sind. Zwei Beispiele sind die Ableitung von Feinstaubfilterung aus Feinstaubkonzentration und Fernerkundungsdaten zu Blattflächen oder von Kühlung in Städten aus Temperatur- und Vegetationsindizes (siehe Abschnitt 2.3). Diese Modelle sind wissenschaftlich fundiert und international abgestimmt, erfordern aber eine Balance zwischen Komplexität und dem Gesamtrechnungscharakter der Ökosystemrechnungen (bundesweit, regelmäßig und vergleichbar).

2.1 Kohlenstoffspeicherung (Nettosequestrierung)

Für die Berechnung der Kohlenstoffspeicherung (Nettosequestrierung) werden Daten zu Treibhausgasemissionen aus der Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (Land Use, Land Use-Change and Forestry – LULUCF) verwendet. Diese stellt das Johann Heinrich von Thünen-Institut, das Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, als Teil der Klimaberichterstattung an die Vereinten Nationen zusammen. Berechnungsgrundlage sind die von der Europäischen Union (EU) empfohlenen Methoden zur Erfassung von CO₂-Nettoemissionen in Böden, Biomasse, Streu- beziehungsweise Totholz sowie weitere Kohlenstoffpools. Holz- und Torfprodukte berücksichtigt die Ökosystemleistung nicht.

Die Landnutzungsdaten der Treibhausgasberichterstattung sind nicht direkt mit den Ökosystemen der Flächenbilanz vergleichbar. Beide Datensätze liegen zwar in einer 100-m-Auflösung vor, die LULUCF-Daten jedoch als Punkte-Grid mit punktspezifischer Landnutzungskategorie. Hingegen sind die Ökosystemflächen als Polygone mit Information zum jeweiligen Ökosystemtyp charakterisiert. Mithilfe von Emissionsfaktoren (Tonnen CO₂ je Hektar je Landnutzungskategorie) und einer Überführungsmatrix werden diese Kategorien anschließend der nationalen [Ökosystemklassifikation](#) zugeordnet und die Emissionsfaktoren auf die Ökosystemtypen der Flächenbilanz übertragen. Die Werte werden abschließend in Kohlenstoff umgerechnet. Dieses Modell macht die Daten der Treibhausgasberichterstattung für die Ökosystemrechnungen nutzbar.

Unterschiede zwischen den beiden Berichtssystemen werden transparent dargestellt und kommuniziert. Somit können widersprüchliche Ergebnisse vermieden werden.

Positive Werte kennzeichnen eine Nettosequestrierung, negative Werte Nettoemissionen. Auch bei negativen Werten kann ein Ökosystem jedoch eine wichtige regulierende Funktion erfüllen, indem es höhere Emissionen – etwa aus organischen Böden – verhindert. Wichtig ist hier zu beachten, dass neben den jährlichen Veränderungen (also den Flussgrößen

der Sequestrierung oder Emission) viele Ökosysteme über sehr große Kohlenstoffspeicher als Bestände verfügen. Dadurch kann ein Ökosystem bei mittel- und langfristiger Betrachtung eine wichtige regulierende Funktion erfüllen, indem diese Bestände langfristig geschützt werden – selbst wenn in Einzeljahren die Emissionen höher sind als die Einspeicherung von Kohlenstoff. Dies wird künftig in der separaten Ökosystemleistung Kohlenstoffspeicherung (Bestände) erfasst.

➤ **Grafik 2** zeigt ab dem Dürrejahr 2018 einen deutlichen Umschlag zu negativen Werten bei der Kohlenstoffspeicherung. Nach einer Kohlenstoffaufnahme der deutschen Wälder mit etwa 1,8 Millionen Tonnen kippt der Trend 2018 deutlich: Mit –20,1 Millionen Tonnen erreicht die Nettosequestrierung ihr bisheriges Minimum. In den Folgejahren bleiben die Werte negativ und schwanken zwischen –15 Millionen und –19 Millionen Tonnen. Damit zeigt sich ein nachhaltiger Verlust der Kohlenstoffsinken-Funktion seit 2018.

2.2 Umweltbezogener Tourismus

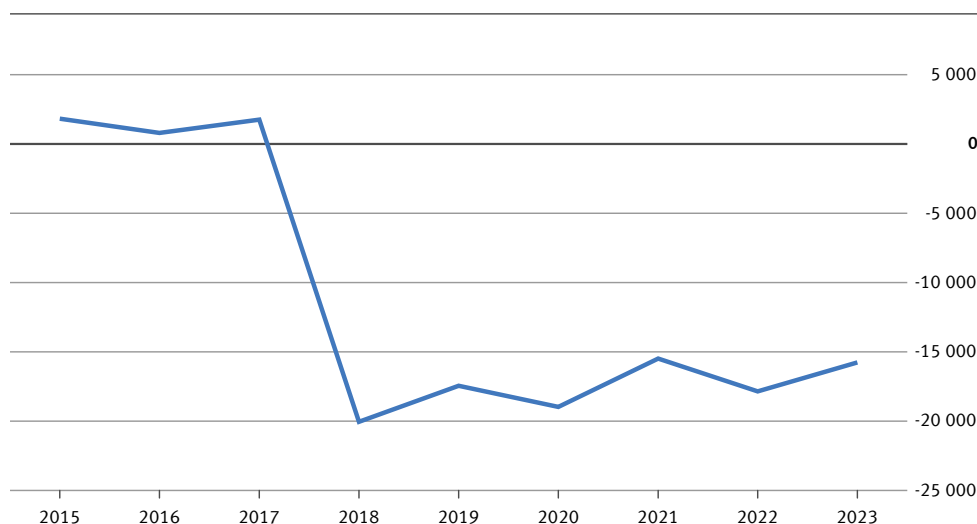
Der naturnahe Tourismus wird auf Basis der touristischen Übernachtungen je Gemeinde berechnet. Entsprechend wird Tagestourismus hierbei nicht berücksichtigt. Übernachtungen in Kurzzeitunterkünften werden über Plattformdaten ergänzt und Geschäftsreisen abgezogen. Alle Übernachtungen werden zunächst nach Herkunft der Gäste differenziert.

Im zweiten Schritt wird der Anteil der Übernachtungen mit Naturbezug je Gemeinde ermittelt, basierend auf bundesweiten Befragungen (GfK Destinationsmonitor), wie wichtig Gästen Naturerleben ist. Die Verteilung der Übernachtungen mit Naturbezug auf Gemeinden berücksichtigt die landschaftliche Attraktivität und die Einwohnerzahl. Landschaftlich attraktive Gebiete verzeichnen mehr naturnahe Übernachtungen, da dort ein überdurchschnittlich hoher Nutzungsanteil für Naturerholung angenommen wird. Dicht besiedelten Gebieten werden weniger naturnahe Übernachtungen zugeordnet, da dort städtische Freizeitaktivitäten eine wichtigere Rolle spielen.

Die ästhetische Landschaftsqualität wird mithilfe einer bundesweiten Karte modelliert, die auf der Vielfalt, Natürlichkeit und Eigenart der Landschaft

Grafik 2

Entwicklung der Ökosystemleistung Kohlenstoffspeicherung (Nettosequestrierung) in Deutschland
in 1 000 t



basiert. Das Statistische Bundesamt erstellt die Karte der ästhetischen Landschaftsqualität dreijährlich. Dafür werden unter anderem Ökosystemverteilung, Reliefmerkmale, Strukturelemente wie Hecken, wahrgenommene Natürlichkeit (einschließlich Abwesenheit störender Bauwerke) sowie die Seltenheit von Landschaftstypen einbezogen. Alle Parameter werden mit einer Auflösung von 100 m berechnet, normiert und entsprechend ihrer Bedeutung gewichtet. Die Kombination dieser Komponenten ergibt einen Gesamtwert der landschaftlichen Attraktivität (Hermes und andere, 2023).

Die Zahl der Übernachtungen im naturnahen Tourismus ist ab 2018 verfügbar, 2019 gab es 247 Millionen Übernachtungen. Aufgrund der pandemiebedingten Einschränkungen im Folgejahr sanken die Übernachtungen deutlich auf rund 197 Millionen und fielen 2021 weiter auf rund 186 Millionen. Ab 2022 erholte sich der naturnahe Tourismus stark auf 243 Millionen Übernachtungen und 2023 wurde mit rund 265 Millionen der höchste Wert im betrachteten Zeitraum erreicht. ➔ [Grafik 3](#)

Gleichzeitig ging der gesamte Tourismus während der Pandemie noch deutlich stärker zurück: Die Zahl der Übernachtungen sank von 496 Millionen auf 302 Millionen während der COVID-19-Pandemie, was einem Rückgang von rund 39 % entspricht. Der naturbezogene Tourismus war davon weniger stark betroffen

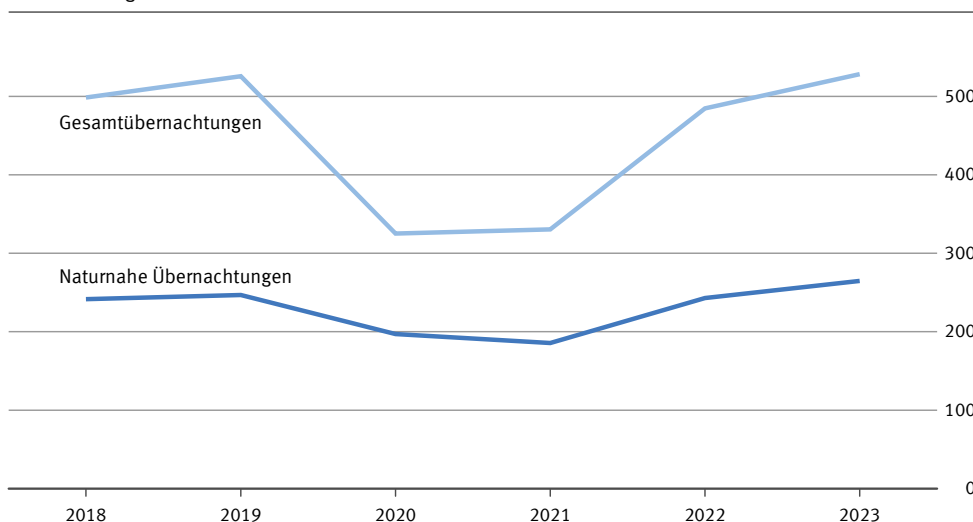
und verringerte sich um etwa 20 %, also nur etwa halb so stark wie der Gesamttourismus. Somit lässt sich feststellen, dass während der Pandemie, die mit Einschränkungen im Sozialleben und des kulturellen Angebots einherging, die relative Bedeutung des naturnahen Tourismus zugenommen hat.

2.3 Kühlung in Städten

Vegetation in Städten, wie Baumreihen, Parks oder Dachbegrünung, trägt durch Schattenwurf und Verdunstung dazu bei, die Temperatur in Städten im Sommer zu regulieren. Für die Berechnung dieser Kühlleistung der Stadtvegetation wurde eine regressionsbasierte Methode (Venter und andere, 2020; Marando und andere, 2022) gewählt, die verschiedene räumliche Daten kombiniert: Flächenbilanz der Ökosysteme, Oberflächentemperaturen, Evapotranspiration, Lufttemperatur- und Winddaten sowie Vegetationsinformationen wie Kronendichte und der Vegetationsindex NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Auch Bodenversiegelung und Gebäude-dichte fließen ein (Statistisches Bundesamt, 2025b). Die Analyse bezieht sich auf Städte nach der europäischen Klassifikation des [Verstädterungsgrads](#). Aufgrund der beschränkten zeitlichen Auflösung der Daten zur Oberflächentemperatur wird die Leistung als Mittelwert jeweils für die Sommermonate Juli und August berechnet. Zunächst wird für jede Stadt

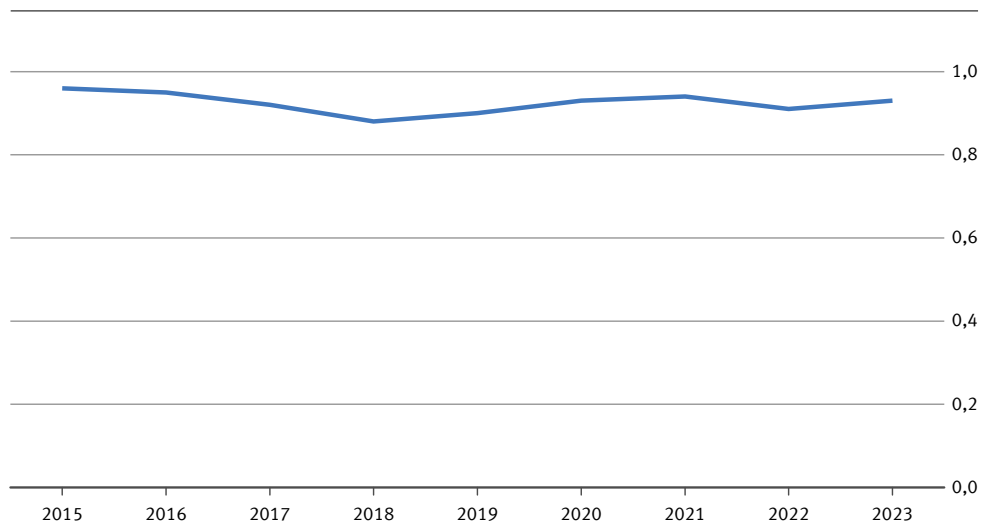
Grafik 3

Entwicklung der Ökosystemleistung Naturnaher Tourismus in Deutschland
Übernachtungen in Mill.



Grafik 4

Entwicklung der Ökosystemleistung Kühlung in Städten in Deutschland
in °C



auf Rasterebene (100 m) ein Regressionsmodell geschätzt, das zeigt, wie Vegetation die Oberflächentemperatur beeinflusst. Als Faktoren werden Kronendichte, Vegetationsindex NDVI und Verdunstung berücksichtigt – nicht nur der Standort selbst, sondern auch das Umfeld in einem 300-m-Radius. Kontrollvariablen wie Bebauungsdichte und klimatische Parameter ergänzen das Modell. Dieses Modell zeigt die negative Korrelation von Oberflächentemperatur und Vegetation, ausgelöst durch Beschattung und Verdunstung.

Die geschätzten Koeffizienten werden verwendet, um ein Szenario ohne Vegetation zu simulieren: Die Vegetationswerte in allen Rasterzellen werden auf null gesetzt, um im Modell eine fiktive Oberflächentemperatur ohne Kühlwirkung durch Vegetation zu schätzen. Die Differenz zwischen tatsächlicher (gemessener) und modellierter (Szenario ohne Vegetation) Temperatur stellt die Kühlleistung der Vegetation an der Oberfläche dar.

In einem zweiten Schritt wird ein weiteres Modell berechnet, das den Zusammenhang zwischen Oberflächen- und Lufttemperatur beschreibt. Dieser Schritt ist notwendig, da nur die Daten zur Oberflächentemperatur hochaufgelöst (100-m-Auflösung) vorhanden sind, letztlich aber eine Aussage über die Kühlungswirkung auf die Lufttemperatur getroffen

werden soll. Dieses Modell wird mit Daten aus Rasterzellen im Umfeld von Wetterstationen trainiert und dann auf alle Städte angewandt. Die Kühlleistung an der Oberfläche wird so in eine entsprechende Kühlung der Lufttemperatur übersetzt.

➤ **Grafik 4** zeigt, dass die Kühlleistung in Städten im Beobachtungszeitraum leicht abgenommen hat. Die durchschnittliche Temperaturreduktion lag im Jahr 2015 noch bei 0,96 °C und sank bis 2018 auf ihr Minimum von 0,88 °C. Danach steigen die Werte wieder moderat an und bewegen sich ab 2019 zwischen 0,9 °C und 0,94 °C. Unterschiede in der Kühlleistung hängen sowohl vom Ausmaß und Zustand der Vegetation (Leistungspotenzial) als auch von den herrschenden Temperaturen ab.

3

Fallbeispiele

3.1 Wälder im Bergischen Land

Die ausbleibenden Niederschläge im Jahr 2018 hatten in den Wäldern Deutschlands nachhaltige Folgen. Besonders betroffen waren die Mittelgebirge,

wo die Böden über weite Teile des Jahres ungewöhnlich trocken waren. Dieser Trockenstress schwächte vor allem Fichten- und Kiefernbestände und begünstigte massive Borkenkäferbefälle sowie ein erhöhtes Absterben von Bäumen.

➤ **Grafik 5** zeigt die Flächenbilanz der Ökosysteme in der Region um Gummersbach im Oberbergischen Kreis (Nordrhein-Westfalen), die beispielhaft für viele Mittelgebirgslagen Deutschlands steht. Dort veränderte sich die Waldstruktur zwischen 2015 und 2021 deutlich: Nadelwälder starben ab und wurden durch Lichtungen und Naturverjüngungsflächen ersetzt. Diese Flächen stiegen in Nordrhein-Westfalen innerhalb von sechs Jahren um das etwa 336-Fache von 238 ha auf 80 115 ha, während die

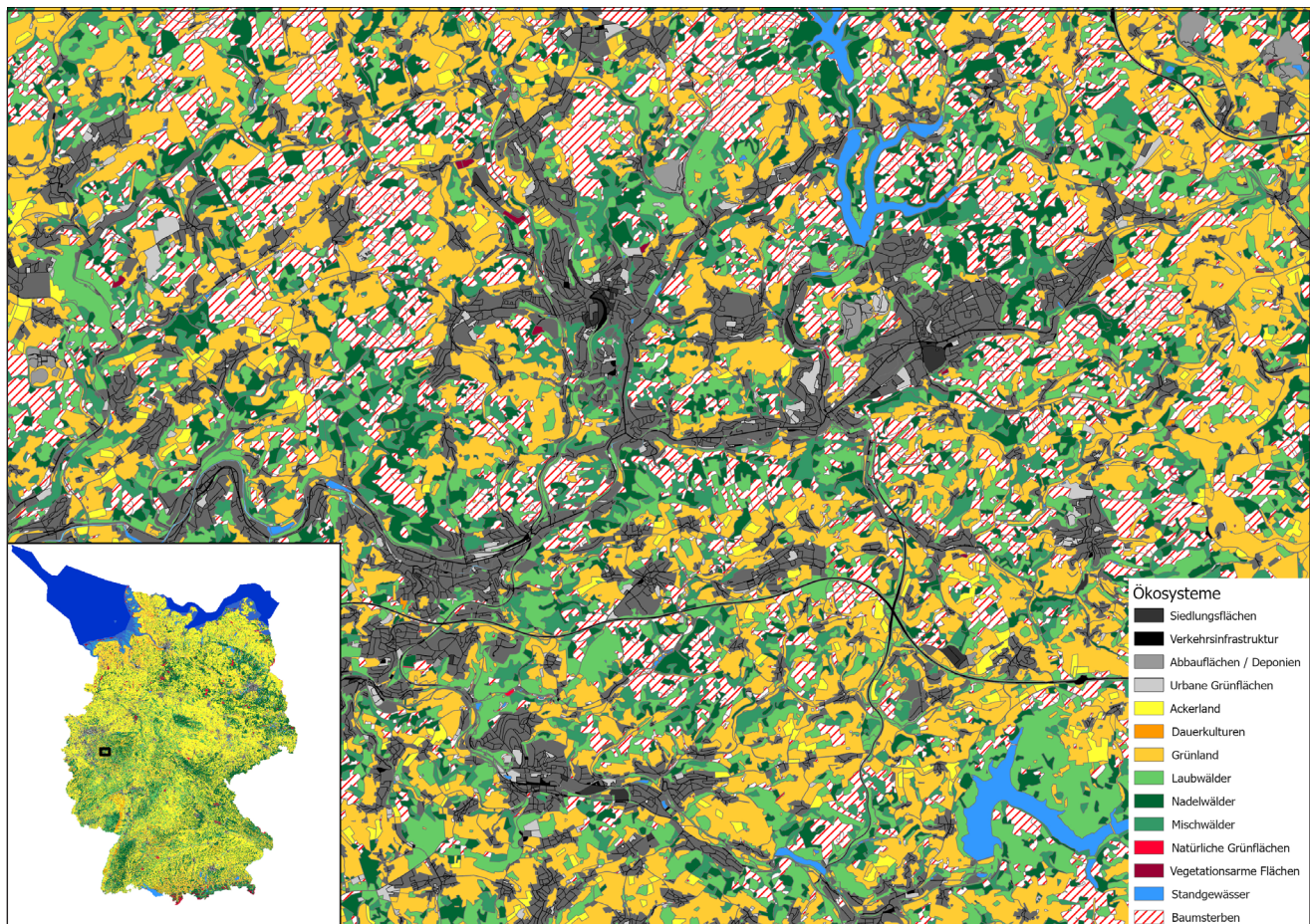
Fläche der Nadelwälder im gleichen Zeitraum von 332 675 ha auf 261 323 ha zurückging. Flächen, auf denen eine solche Änderung stattfand, sind in Grafik 5 rot schraffiert.

Das Absterben der Altbestände führte zu einem drastischen Rückgang der Ökosystemleistung Kohlenstoffspeicherung. Zwar kompensierten die deutschen Wälder 2017 durch Nettoaufnahme noch etwa den jährlichen CO₂-Ausstoß von rund 120 457 Haushalten⁴, im Jahr 2018 jedoch kehrte sich die Bilanz um: Die freigesetzte Kohlenstoffmenge entsprach nun in etwa dem Ausstoß von 1,4 Millionen Haushalten, da abgestorbene Bäume und Zersetzungspro-

4 Zum CO₂-Fußabdruck der privaten Haushalte siehe www.destatis.de

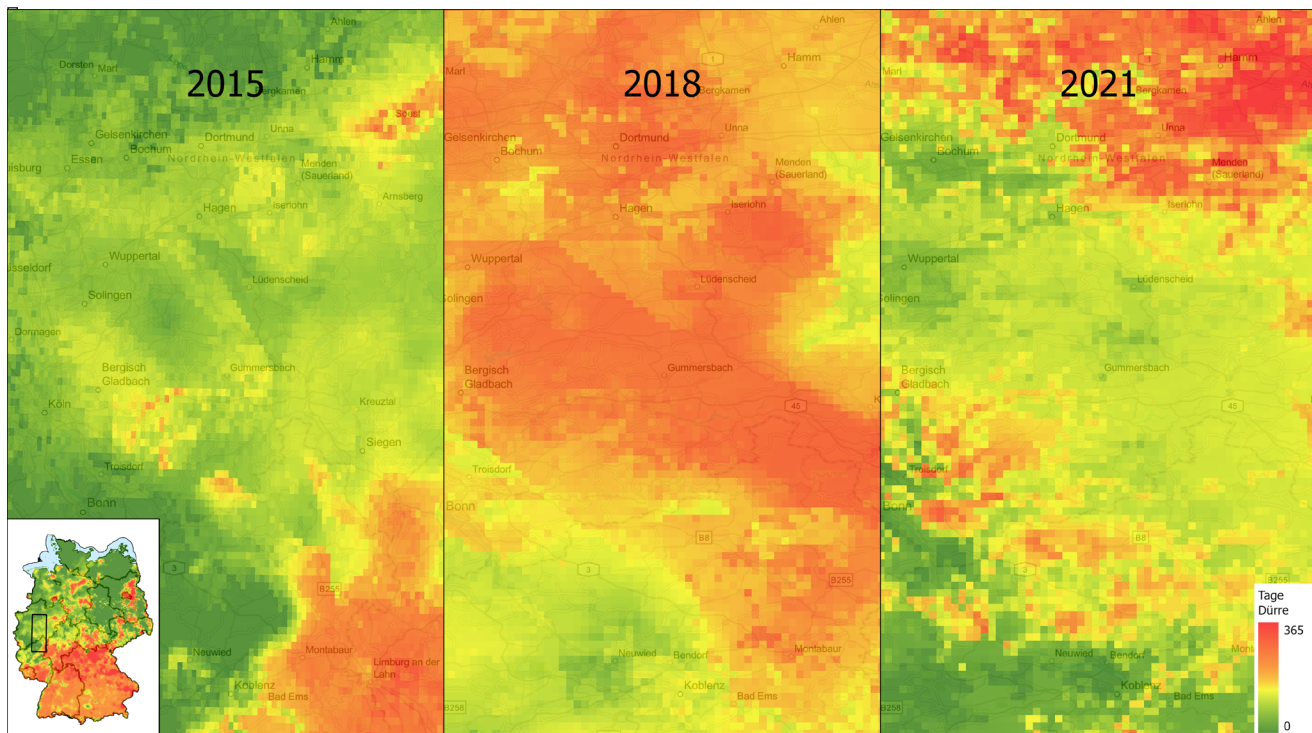
Grafik 5

Baumsterben (rot schraffiert) von 2015 auf 2021 im Bergischen Land (Region um Gummersbach im Oberbergischen Kreis)



Grafik 6

Entwicklung der jährlichen Dürretage im Bergischen Land (Region um Gummersbach im Oberbergischen Kreis)



zesse große Mengen CO₂ freisetzten. Damit zeigten die Mittelgebirgswälder exemplarisch die nachhaltige Schwächung der Kohlenstoffsinken-Funktion seit der Dürre.

Die Kreisstadt Gummersbach war, wie viele weitere Mittelgebirgsgemeinden, besonders von der Dürre betroffen. Wie aus den Daten der Zustandsbilanz der Ökosysteme hervorgeht, litten die Wälder dort an 226 Tagen des Jahres an einer besonderen Trockenheit. Damit gehörte sie zu dem Drittel aller deutschen Gemeinden, die 2018 mehr als 200 Dürretage verzeichneten. Die Dürre 2018 war nicht nur besonders intensiv, sondern betraf zudem weite Teile Deutschlands. Auch im Vergleich zu den anderen Berichtsjahren ist das Ausnahmejahr deutlich zu erkennen. [↗ Grafik 6](#) zeigt die zugrunde liegende Rasterkarte mit einer Auflösung von 1 km in der Region um Gummersbach.

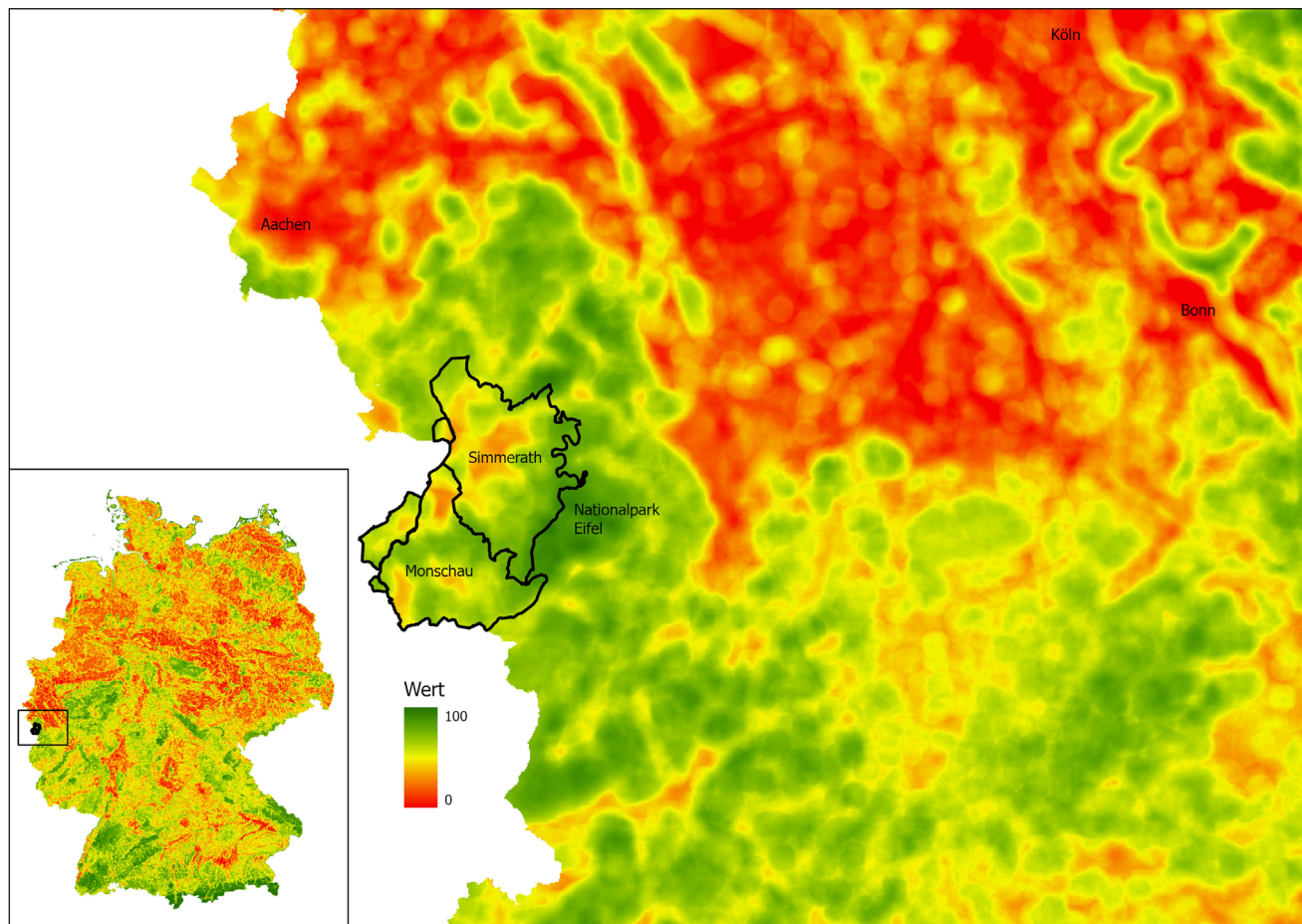
3.2 Tourismus in der Eifel

Die Eifel ist mit ihrer abwechslungsreichen Landschaft ein wichtiges Ziel für naturnahe Erholung, insbesondere für Besucherinnen und Besucher aus den nahe gelegenen Ballungsräumen des Rheinlands. Orte wie Simmerath oder Monschau verzeichnen jährlich über 200 000 naturnahe Übernachtungen und zeigen damit die hohe Nachfrage nach Landschaftserleben in der Region.

[↗ Grafik 7](#) macht mit der Karte im oberen Teil die besondere landschaftliche Qualität der Eifel sichtbar. Der Nationalpark Eifel sticht dabei als Gebiet hervor, in dem natürliche Prozesse Vorrang haben und Natur intensiver erfahrbar wird. Im Modell weist die Eifel dementsprechend in den Subindikatoren zum Anteil natürlicher Ökosysteme (zum Beispiel Feuchtgebiete und Laubwälder), zur Abwesenheit störender Elemente (unter anderem Straßen oder Stromleitungen), zur Diversität der Ökosysteme sowie zur Heterogenität der Landschaft besonders hohe Werte auf. Die angrenzenden Gemeinden Simmerath und Monschau profitieren von dieser hohen landschaftlichen

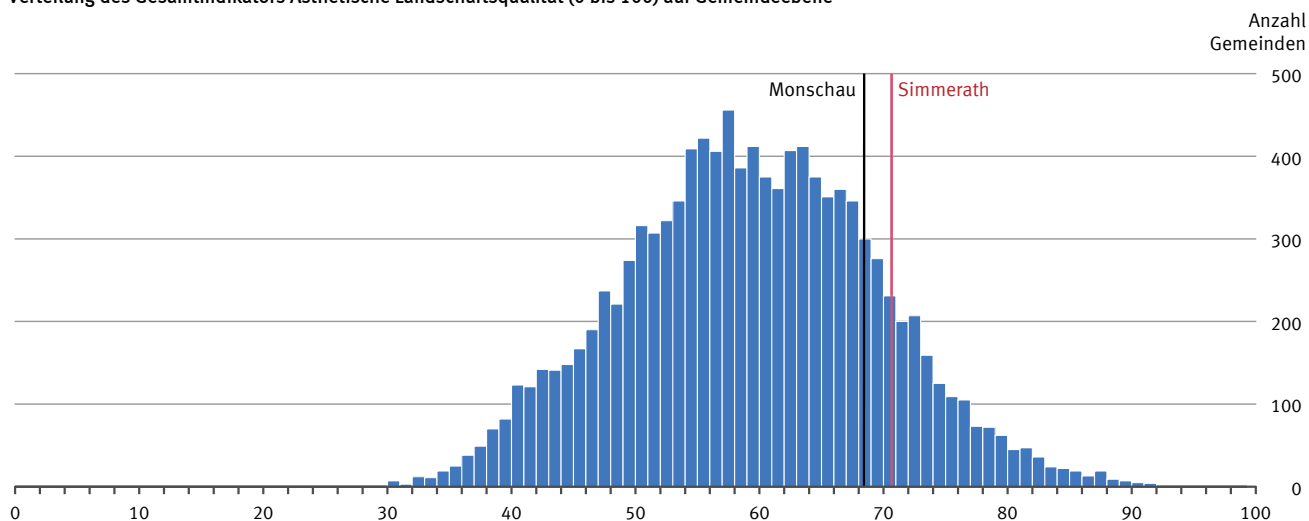
Grafik 7

Karte der ästhetischen Qualität der Landschaft für die Eifelregion 2023



Grün entspricht einer hohen Landschaftsqualität.

Verteilung des Gesamtindikators Ästhetische Landschaftsqualität (0 bis 100) auf Gemeindeebene



Qualität des Nationalparks und schneiden im Ranking aller Gemeinden überdurchschnittlich ab (siehe den unteren Teil der Grafik 7).

Die Nutzung dieser Landschaft für Naherholung schafft nicht nur wirtschaftliche Impulse, sondern stellt zugleich eine zentrale kulturelle Ökosystemleistung dar: Sie trägt zum Wohlbefinden der Menschen bei und stärkt die Wertschätzung intakter Naturräume. Die Verwendungstabelle der Ökosystemleistungsbilanz zeigt auch die transnationale Bedeutung des umweltbezogenen Tourismus: Rund 38 % dieser Übernachtungen entfallen auf ausländische Gäste.

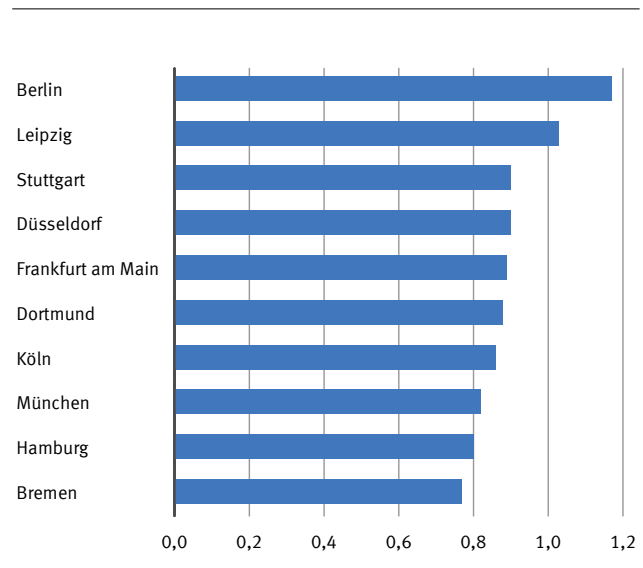
Die direkte Zuordnung von naturnahen Übernachtungszahlen zur landschaftlichen Qualität einzelner Gemeinden ist nur eingeschränkt möglich. Aufenthaltsorte dienen häufig als Ausgangspunkt für Ausflüge in benachbarte attraktive Gebiete, sodass sich das tatsächliche Nutzungsverhalten räumlich über Gemeindegrenzen hinweg verteilt. Für die Interpretation bedeutet dies, dass die Werte eher regionale Tendenzen und räumliche Schwerpunkte der Erholungsnutzung abbilden, nicht jedoch eine präzise gemeindeschärfe Wirkung. Die Ergebnisse liefern damit wertvolle Hinweise, sollten aber stets im Kontext des größeren Landschaftsraums betrachtet werden.

3.3 Kühlung durch Vegetation in Berlin

Auch vor der geplanten Pflanzung von hunderttausenden neuen Bäumen bis 2040 durch das Berliner BäumePlus-Gesetz leisten die städtischen Grünflächen und Bäume bereits einen substanziellen Beitrag zur Hitzeregulierung in der Hauptstadt. Tatsächlich stand Berlin 2023 unter den zehn größten Städten Deutschlands mit einer Kühlleistung von 1,17 °C ganz vorne. Die Ergebnisse beziehen sich auf die Hitzereduktion durch städtische Vegetation an einem durchschnittlichen Sommertag (Juli, August). Dies bedeutet, dass die Kühlleistung an besonders heißen Tagen noch höher ausfällt. Eine tägliche Modellierung der Ökosystemleistung ist derzeit noch nicht möglich, da räumlich hochaufgelöste Satellitendaten zur Oberflächentemperatur nicht dementsprechend frequent vorliegen. ➤ Grafik 8

Grafik 8

Kühlung durch Vegetation in den zehn bevölkerungsreichsten Städten Deutschlands 2023
in °C

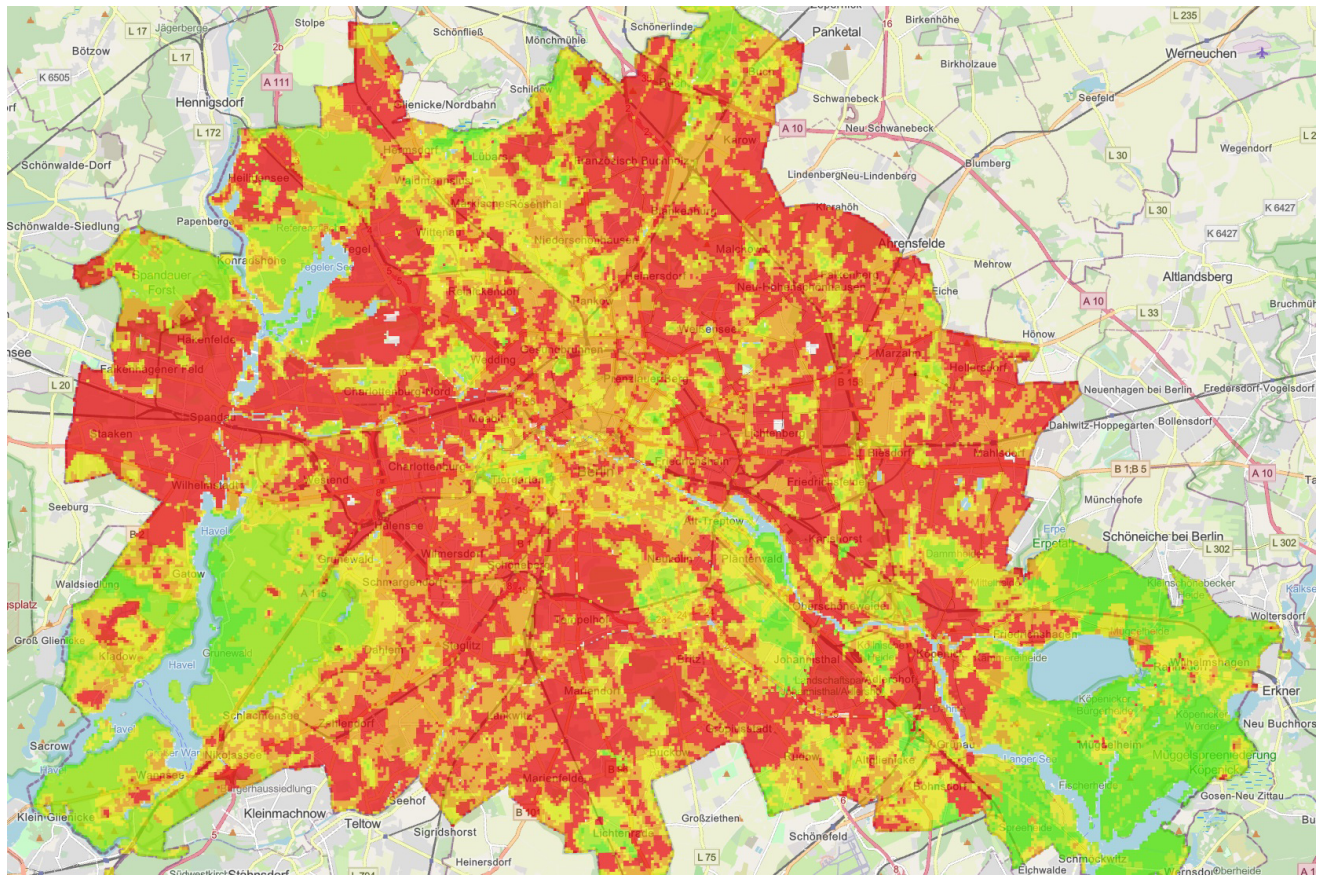


Quelle: Ökosystematlas

➤ Grafik 9 auf Seite 52 zeigt, dass Berlin im Sommer vor allem von großen kühlenden städtischen Grünflächen wie dem Tiergarten oder dem Volkspark Rehberge sowie Stadtwäldern wie dem Spandauer Forst oder dem Grunewald profitiert. Die Verteilung der Ökosystemleistung zeigt aber auch, dass vor allem in den Wohngebieten Unterschiede in der Baumkronenbedeckung zu hoher (orange) oder niedriger (rot) Kühlleistung führen. Die Aufkommenstabelle der Leistungsbilanzen zeigt dies mit durchschnittlichen Kühlleistungen von ganzen 1,68 °C für Berliner Wälder und nur 0,73 °C für Vegetation auf Siedlungsflächen und Verkehrsinfrastruktur.

Grafik 9

Verteilung der Ökosystemleistung „Kühlung in Städten“ in Berlin 2022



Durchschnittliche Temperaturreduktion durch Vegetation im Sommer; grün: hohe Kühlleistung, rot: keine bis niedrige Kühlleistung.
Quelle Hintergrundkarte: OpenStreetMap

4

Ausblick und Anwendungen

Die Ökosystemrechnungen des Statistischen Bundesamtes stellen Daten zu Flächen, Zustand und Leistungen in einem in sich konsistenten und einheitlichen Kontensystem dar. Diese Konten werden regelmäßig und durch eine zentrale und semi-automatisierte Berechnung auch ressourceneffizient aktualisiert. Das auf Python-Skripten basierte Produktionssystem kann flexibel auf neue Datenquellen, methodische Änderungen oder Erweiterungen angepasst werden.

Erweiterung und Weiterentwicklung: Die Zustandsbilanz der Ökosysteme gibt einen weitgehend ganz-

heitlichen Überblick über qualitative Merkmale einzelner Ökosystemtypen. Eine Integration zusätzlicher Zustandsvariablen, etwa im Bereich Biodiversität oder Konnektivität der Landschaft, ist im Falle verbesserter Datenverfügbarkeit geplant. Die Leistungsbilanz weist eine spezifische Auswahl der zahlreichen Leistungen der Natur für den Menschen aus. Weitere Leistungen, wie Bereitstellung von Fisch, Überflutungsschutz, Erosionsschutz oder Naherholung (Tagesausflüge), werden auf EU-Ebene bereits methodisch vorbereitet und sollen die Ökosystemrechnungen perspektivisch erweitern.

Ähnlich wie bei neuen Datenquellen verhält es sich bei methodischen Weiterentwicklungen, entweder bei den zugrunde liegenden Inputdaten oder den biophysikalischen Modellen der Ökosystemrechnungen. Methodische Verbesserungen bei der Treib-

hausgasberichterstattung werden in Zukunft zu einer höheren räumlichen Auflösung der Ergebnisse führen. Neue nationale Parameter für Depositionsgeschwindigkeiten erhöhen die Qualität des Modells für Luftfilterung. Die Ökosystemrechnungen können solche Innovationen schnell und ressourceneffizient als Revision der gesamten Zeitreihe integrieren.

Monetäre Ökosystemleistungsbilanz: Konzeptionell sieht das Kontensystem der Ökosystemrechnungen nach internationalem Rahmenwerk auch eine monetäre Leistungsbilanz vor. Diese soll monetäre Werte für die einzelnen Ökosystemleistungen ausweisen, um diese leistungsübergreifend und mit anderen, in den Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen erfassten Gütern und Dienstleistungen vergleichbar zu machen. Monetäre Werte können, verglichen mit den verschiedenen physischen Einheiten der Ökosystemleistungen, für Nutzende und politische Entscheidungsträger leichter verständlich und kommunizierbar sein. Um mit den Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen konsistent zu sein, wird angestrebt, die Ökosystemleistungen über ihren Tauschwert/Marktpreis zu bewerten. Da Ökosystemleistungen allerdings kaum auf Märkten gehandelt werden, müssten ihr Preise durch teils komplexe Methoden zugeschätzt oder approximiert werden (beispielsweise durch Marktpreise für Substitute oder kostenbasierte Ansätze). Diese Methodik wird derzeit international abgestimmt und unter anderem in einer Machbarkeitsstudie der EU-Kommission untersucht, die bis zum Sommer 2026 vorliegen wird. So wird unter anderem auch geklärt, wie mit multiplen Werten und verschiedenen Nutzendenanforderungen verfahren werden soll und wie diese monetären Werte möglichst transparent kommuniziert werden können.

Anwendungen: Die Daten der Flächen-, Zustands- und Leistungsbilanzen haben eine breite Nutzenden-schaft; von der breiten Öffentlichkeit zur Bewusstseinsbildung, über politische Entscheidungsträger als Informationsgrundlage für Maßnahmen oder Evaluierung bis hin zu Forschenden, die Daten der Ökosystemrechnungen weiterverarbeiten. Die Anwendungsfälle können grob in drei Gruppen mit folgenden Beispielen unterteilt werden:

1. Datenquelle zur Erfüllung verschiedener Gesetzgebungen: Mit der Verabschiedung der europä-

ischen Gesetzgebung zur Wiederherstellung der Natur, der Umsetzung durch das Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz und der EU-Verordnung über europäische umweltökonomische Gesamtrechnungen entstehen neue Anforderungen an ein Umweltmonitoring in Deutschland. Die Ökosystemrechnungen bilden über die einzelnen Bilanzen ein konsistentes System für ein effektives Umweltmonitoring über Raum und Zeit hinweg. Damit können Datenbedarfe unterschiedlicher Interessensgruppen bedient werden. Die hohe räumliche Auflösung ermöglicht es auch, lokale Veränderungen der Ökosysteme hinsichtlich Fläche, Zustand und Leistungen der Ökosysteme auszuweisen.

2. Indikatoren und Sonderauswertungen: Das Produktionssystem Ökosystemrechnungen eignet sich ideal dazu, maßgeschneiderte Indikatoren für verschiedene Zwecke abzuleiten, wie Indikatoren der Sustainable Development Goals der Vereinten Nationen, Indikatoren der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie, des Global Biodiversity Frameworks, der Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen oder des Monitorings für die Wiederherstellungsverordnung (EU-Verordnung 2024/1991). Auch thematische oder regionale Auswertungen, etwa für Schutzgebiete oder Flussgebietseinheiten, sind rasch umsetzbar.
3. Im Falle einer monetären Bewertung: Integration in makroökonomische Modelle und Risikoanalysen, um Ökosystemleistungen erweiterte Input-Output-Tabellen der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen. [u](#)

LITERATURVERZEICHNIS

Bellinghen, Marius/Felgendreher, Simon/Ohrlein, Johannes/Schürz, Simon/Arnold, Stephan. *Ökosystemgesamtrechnungen – Flächenbilanzierung der Ökosysteme (Extent Account)*. In: WISTA Wirtschaft und Statistik. Ausgabe 6/2021, Seite 31 ff.

Bellinghen, Marius/Felgendreher, Simon/Reith, Jonathan/Schürz, Simon. *Wie steht es um die Ökosysteme in Deutschland? Einführung einer regelmäßigen Zustandsbilanzierung*. In: WISTA Wirtschaft und Statistik. Ausgabe 1/2024, Seite 80 ff.

Hermes, Johannes/Albert, Christian/Schmücker, Dirk/Bredemeier, Birte/Barkmann, Jan/von Haaren, Christina. *Erfassung und Bewertung kultureller Ökosystemleistungen in Deutschland. Die Qualität der Landschaft für Freizeit- und Wochenenderholung in Deutschland: Potenzial, Dargebot, Präferenzen, Nutzung*. In: BfN-Schriften 659/2023. DOI: [10.19217/skr659](https://doi.org/10.19217/skr659)

Marando, Federica/Heris, Mehdi P./Zulian, Grazia/Udías, Angel/Mentaschi, Lorenzo/Chrysoulakis, Nektarios/Parastatidis, David/Maes, Joachim. *Urban heat island mitigation by green infrastructure in European Functional Urban Areas*. In: Sustainable Cities and Society. Band 77, Februar 2022, Nr. 103564. DOI: [10.1016/j.scs.2021.103564](https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103564)

Statistisches Bundesamt. *Leistungsbilanz der Ökosysteme. Berichtszeitraum 2015-2023*. Statistischer Bericht. 2025a. [Zugriff am 3. Februar 2025]. Verfügbar unter: www.destatis.de

Statistisches Bundesamt. *Umweltökonomische Gesamtrechnungen: Leistungen der Ökosysteme. Kühlung in Städten*. Qualitätsbericht. 2025b. [Zugriff am 9. Februar 2026]. Verfügbar unter: www.destatis.de

Vereinte Nationen. *System of Environmental-Economic Accounting – Ecosystem Accounting (SEEA-EA)*. 2024. [Zugriff am 28. November 2025]. Verfügbar unter: seea.un.org

Venter, Zander S./Hjertager Krog, Norun/Barton, David N. *Linking green infrastructure to urban heat and human health risk mitigation in Oslo, Norway*. In: Science of The Total Environment. Band 709, März 2020, Nr. 136193. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2019.136193](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136193)

Rechtsgrundlagen

Berliner Klimaanpassungsgesetz (KAnGBln) vom 7. November 2025 (GVBl. Seite 542).

Verordnung (EU) Nr. 691/2011 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 6. Juli 2011 über europäische umweltökonomische Gesamtrechnungen (Amtsblatt der EU Nr. L 192, Seite 1), zuletzt geändert durch die Delegierte Verordnung (EU) 2025/1131 der Kommission vom 26. März 2025 (Amtsblatt der EU Nr. L 1131, Seite 1 ff.).

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 (Amtsblatt der EU Reihe L vom 29. Juli 2024).

Herausgeber

Statistisches Bundesamt (Destatis), Wiesbaden

Schriftleitung

Dr. Daniel Vorgrimler

Redaktion: Ellen Römer

Ihr Kontakt zu uns

www.destatis.de/kontakt

Erscheinungsfolge

zweimonatlich, erschienen im Februar 2026

Ältere Ausgaben finden Sie unter www.destatis.de sowie in der [Statistischen Bibliothek](#).

Artikelnummer: 1010200-26004-4, ISSN 1619-2907

© Statistisches Bundesamt (Destatis), 2026

Vervielfältigung und Verbreitung, auch auszugsweise, mit Quellenangabe gestattet.