Bayerisches Landesamt für
Umwelt



# Umweltbericht Bayern 2023

## Indikatoren

# IMPRESSUM

Umweltbericht Bayern 2023

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Telefon: 0821 9071-0
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: www.lfu.bayern.de

Konzept/Redaktion:

LfU

Bildnachweis:

Siehe Seite 138

Titelbild:

UNESCO Weltkulturerbe – Stadt Bamberg

Stand:

Dezember 2023, Auflage: 1.000 Exemplare

Druck:

bonitasprint GmbH
Max-von-Laue-Str. 31
97080 Würzburg
09/2024

www.blauer-engel.de/uz195
- ressourcenschonend und umweltfreundlich hergestellt
- emissionsarm gedruckt
- überwiegend aus Altpapier TX2

Dieses Druckerzeugnis ist mit dem Blauen Engel ausgezeichnet.

Diese Publikation wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Publikation nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Publikation zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die publizistische Verwertung der Veröffentlichung – auch von Teilen – wird jedoch ausdrücklich begrüßt. Bitte nehmen Sie Kontakt mit dem Herausgeber auf, der Sie – wenn möglich – mit digitalen Daten der Inhalte und bei der Beschaffung der Wiedergaberechte unterstützt.

Diese Publikation wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.

BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 0 89 12 22 20 oder per E-Mail unter direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.

BAYERN | DIREKT
Tel. 089 12 22 20

Bayerisches Landesamt für
Umwelt

# Umweltbericht Bayern 2023

## Indikatoren

VORWORT

# Liebe Leserinnen und Leser,



Sie wollen schnell und verlässlich wissen, wie es um die Umwelt in Bayern steht? Dann sind Sie hier richtig: Der Umweltbericht ist kompakt und verständlich zu lesen und legt sowohl die Datengrundlagen offen als auch die in den Daten enthaltenen Entwicklungen.

Die Basis für die hohe Aussagekraft des Umweltberichts bildet die Fülle der Umweltdaten, die in Bayern erfasst werden: Über 40 Messprogramme mit rund 9.000 Mess- und Beobachtungsstellen liegen neben weiteren amtlichen Statistiken dem Umweltbericht zu Grunde.

Der Bericht wird nun in der fünften Fassung seit 2007 aufgelegt. Damals wurde die gesetzliche Grundlage im Bayerischen Umweltinformationsgesetz geschaffen, mit dem Ziel, die Öffentlichkeit über den Umweltschutz zu unterrichten. Den Kern des Umweltberichts bilden sogenannte Indikatoren, die den Umweltzustand in Zahlen fassen. Der Umfang dieser Indikatoren ist nicht starr, sondern wird angesichts aktueller Herausforderungen angepasst, allen voran den Auswirkungen des Klimawandels. So enthält die aktuelle Version folgende neue Indikatoren, die die Themen Klima und Wasser-Ressourcen umfassender abbilden sollen: „Temperaturentwicklung“, „Treibhausgasemissionen“, „Hitzebelastungen“ und „Grundwasserneubildung aus Niederschlägen“.

Die Trends in den Indikatoren zeigen Erfolge und Herausforderungen, denen wir als Gesellschaft insgesamt gegenüberstehen. Positiv ist, dass die Indikatoren klare Fortschritte in der „Ressourcenproduktivität“ und weiterhin in der „Luftqualität“ belegen. Auch sind die Emissionen von $CO_2$ und sonstigen Treibhausgasen für Bayern rückläufig. Zudem nehmen beispielsweise die Landwirtschaftsflächen mit Ökolandbau stetig zu.

Die Entwicklungen anderer Indikatoren des Umweltberichts weisen uns auf aktuelle Herausforderungen hin. So belegen die Daten eindeutig, dass sich das Klima bei uns in Bayern wandelt: Die mittlere Jahrestemperatur nimmt zu, Hitzetage treten häufiger auf, die Grundwasserneubildung nimmt ab und der Anteil an geschädigten Waldbäumen erhöht sich. Mit diesen und vielen weiteren Indikatoren zeigt der Bericht, welchen Entwicklungen wir uns alle stellen müssen und welche Erfolge wir verbuchen können.

Ich danke allen, die an diesem Bericht mitgewirkt haben.



Dr. Christian Mikulla
Präsident des Bayerischen Landesamts für Umwelt

# Inhalt

Vorwort 3

Fünfter Umweltbericht in Bayern 6
Umweltindikatoren zeigen den Zustand unserer Umwelt

Ziele der Vereinten Nationen 7
So setzt Bayern globale Nachhaltigkeitsziele um

Ökologische Kurzbilanz 8
Umwelt in Bayern auf einen Blick

Definitionen 114

Glossar 122

Literatur und Internet 130

Bildnachweis 138



KLIMA UND ENERGIE 21

Im Gespräch mit
Prof. Dr. Michael Krautblatter 22
„Wir müssen Hangbewegungen einplanen!“

Indikatoren zu
Klimawandel 24
Klimaschutz 28
Energie 32

Blickpunkt 36
UmweltAtlas zeigt Geogefahren



NATUR UND LANDSCHAFT 41

Im Gespräch mit
Prof. Dr. Carl Beierkuhnlein 42
„Das Wasser muss in der Landschaft bleiben!“

Indikatoren zu
Landschaft und Biodiversität 44
Wald 54
Offenland 56
Agrarland 58
Gewässer 60

Blickpunkt 62
Niedrigwasser durch Klimawandel



UMWELT UND GESUNDHEIT 67

Im Gespräch mit
Prof. Dr. Elke Hertig 68
„Wir müssen Kommunen und Städte an die Hitze anpassen!“

Indikatoren zu
Hitze 70
Luftqualität 72
Lärm 74
Verkehr 78
Problemstoffe 82

Blickpunkt 86
Die Stadt im Klimawandel



RESSOURCEN UND EFFIZIENZ 91

Im Gespräch mit
Prof. Dr.-Ing. Jörg E. Drewes 92
„Den Umgang mit Wasser neu denken!“

Indikatoren zu
Grundwasser 94
Boden und Fläche 96
Abfall und Rohstoffe 104
Effizienz 108

Blickpunkt 110
Wasserressourcen schonen

FÜNFTER UMWELTBERICHT IN BAYERN

# Umweltindikatoren zeigen den Zustand unserer Umwelt

↓ Umweltindikatoren beim Landesamt für Umwelt (1)

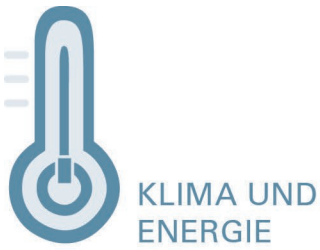
Auf Grundlage des Bayerischen Umweltinformationsgesetzes (BayUIG), Art. 11, veröffentlicht das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (StMUV) regelmäßig im Abstand von vier Jahren einen Bericht über den Zustand der Umwelt in Bayern. Dieser Bericht, der mit der nun vorliegenden Ausgabe in seiner fünften Fassung seit 2007 vorliegt, enthält auf der Basis von Umweltindikatoren Informationen über die Umweltqualität sowie vorhandene Umweltbelastungen.*

So genannte Umweltmedien wie Boden, Wasser und Luft erfahren im Umweltrecht umfassende Würdigung und Schutz als elementare Bestandteile des Ökosystems.

**weitere Literaturangaben auf Seite 130 Nr. 2–3*

Weitere Schutzgüter sind Klima, Landschaft, Tiere, Pflanzen, biologische Vielfalt, der Mensch und die menschliche Gesundheit sowie die Fläche. Sie alle werden in der Umweltgesetzgebung berücksichtigt, auch in ihren Wechselbeziehungen zueinander.

Der vorliegende Bericht ist nach den wichtigsten Umweltschutzgütern gegliedert. Diese sind in die Kapitel Klima & Energie, Natur & Landschaft, Umwelt & Gesundheit sowie Ressourcen & Effizienz zusammengefasst. Ein Schutzgut umfasst alle ideellen und materiellen Werte, die vor Schaden bewahrt werden sollen. Schutzgüter sind nach dem Vorsorgeprinzip im Umweltrecht gesetzlich definiert und verankert.












ZIELE DER VEREINTEN NATIONEN

# So setzt Bayern globale Nachhaltigkeitsziele um

Die Vollversammlung der Vereinten Nationen hat im September 2015 in New York die Agenda 2030 als globalen Plan zur Förderung nachhaltigen Friedens und Wohlstands und zum Schutz unseres Planeten beschlossen. Der darin enthaltene Zielkatalog der 17 globalen Nachhaltigkeitsziele (Sustainable Development Goals, SDGs) dient allen 193 Unterzeichner-Staaten als Leitlinie auf dem Weg zu wirtschaftlicher, sozialer und ökologischer Nachhaltigkeit. Die SDGs nehmen seither für die Umwelt- und Ressourcenpolitik aller Nationen dieser Welt eine zentrale und wegweisende Bedeutung ein. Sie stecken weltweit den Rahmen für die Aufgabenfelder einer ganzheitlich nachhaltigen Entwicklung ab.

So wurden die SDGs auch bei der Neuauflage der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie 2016 und bei den nachfolgenden Aktualisierungen 2018 und 2021 berücksichtigt. Die Bundesländer begrüßen diesen ambitionierten Handlungsrahmen ausdrücklich.

Die Bayerischen Nachhaltigkeitsstrategie nimmt Impulse der SDGs auf und steckt den Rahmen für deren Umsetzung vor Ort. Im vorliegenden Umweltbericht Bayern wird jedem dargestellten Indikator das entsprechende SDG mit klarem Umweltbezug zugeordnet. Damit ist eine Ersteinschätzung möglich, welcher Beitrag zur Umsetzung des jeweiligen globalen Entwicklungsziels von Bayern derzeit geleistet wird.

↓ Indikatorenbericht zur nachhaltigen Entwicklung (4)




*Die im Umweltbericht Bayern dargestellten UN-Nachhaltigkeitsziele sind in der Grafik durch einen hellgrauen Rand hervorgehoben.*

ÖKOLOGISCHE KURZBILANZ

# Umwelt in Bayern auf einen Blick

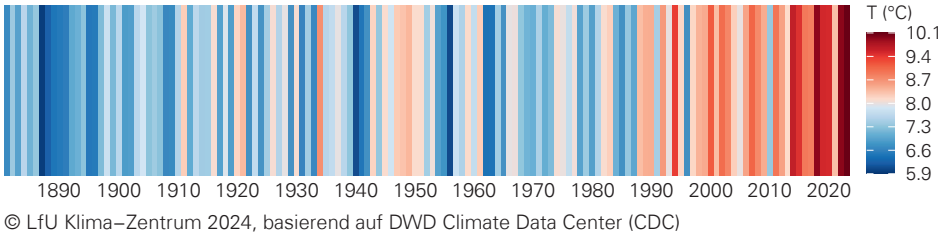
Aktualisierte Daten lassen signifikante Trends und Entwicklungen für Bayerns Umwelt erkennen. In einer „ökologischen Kurzbilanz" werden Erfolge sowie Herausforderungen des Umwelt- und Ressourcenschutzes in Bayern beschrieben.

## KLIMA UND ENERGIE

Das Klima spielt eine Schlüsselrolle im Naturhaushalt. Eine Änderung des Klimas hat weitreichende Folgen für Natur und Mensch. Ursache der Klimaveränderung ist die durch den Menschen bedingte Zunahme des Gehalts an → *Treibhausgasen* in der Atmosphäre. Um die Lebensgrundlagen von Mensch und Umwelt zu erhalten, muss dringend gehandelt werden.

### Klimawandel hat auch Folgen für Bayern

Der Klimawandel hat Auswirkungen auf Mensch und Umwelt. Seine Folgen sind global und machen auch vor Bayern nicht halt. Seit Mitte des 20. Jahrhunderts hat sich die Jahresmitteltemperatur in Bayern bereits um etwa 1,9 °C erhöht und der Trend im Bewertungszeitraum 1984 bis 2022 nimmt signifikant zu. Dabei hat sich der Erwärmungstrend seit 2000 noch weiter verstärkt, insbesondere in dem sensiblen Lebensraum der Alpen. Neun der zehn wärmsten Jahre seit Beginn der Aufzeichnungen 1881 haben wir in Bayern nach 2010 erlebt. Weitere Indizien für die Klimaerwärmung sind schrumpfende Gletscher und Veränderungen der Jahreszeiten. Mit Blüte, Fruchtreife und Blattverfärbung zeigen Pflanzen an, dass Frühling, Sommer und Herbst in Bayern seit den letzten 50 Jahren um bis zu drei Wochen früher beginnen. So reagiert auch die Tier- und Pflanzenwelt auf die Erwärmung, das Artenspektrum verändert sich. Anschaulich ist diese Verschiebung bei Apfelbäumen zu erkennen: Die Apfelblüte setzte in Bayern zwischen 1984 und 2022 im Mittel etwa alle zehn Jahre vier Tage eher ein.




© LfU Klima–Zentrum 2024, basierend auf DWD Climate Data Center (CDC)

*Die Darstellung in so genannten „Warming Stripes" macht die Zunahme der mittleren Jahrestemperatur in Bayern deutlich*

### Treibhausgasemissionen: Abnehmender Trend erkennbar

Weltweit erreicht der Ausstoß klimawirksamer →*Treibhausgase* immer neue Rekordwerte. Kohlendioxid ist das dominierende Treibhausgas mit einem Anteil von rund 81 Prozent. →*Methan* liegt bei rund 11 Prozent, der Anteil von Lachgas bei knapp 5 Prozent. 2019 trugen in Bayern die Sektoren Verkehr mit 30 Prozent, Gebäude mit rund 24 Prozent, Industrie mit rund 19 Prozent, Landwirtschaft mit gut 15 Prozent sowie Energiewirtschaft mit 11 Prozent zu den Gesamt-Treibhausgasemissionen bei. Die Treibhausgasemissionen nehmen im aktuellen 10-Jahres-Trend (2011 bis 2020) ab.

### Energiebedingte Kohlendioxidemissionen

Von 1990 bis 2020 gingen die →*energiebedingten $CO_2$-Emissionen* in Bayern um rund 13 Millionen Tonnen auf rund 72 Millionen Tonnen zurück. Auch der aktuelle 10-Jahres-Trend (2011 bis 2020) ist abnehmend.

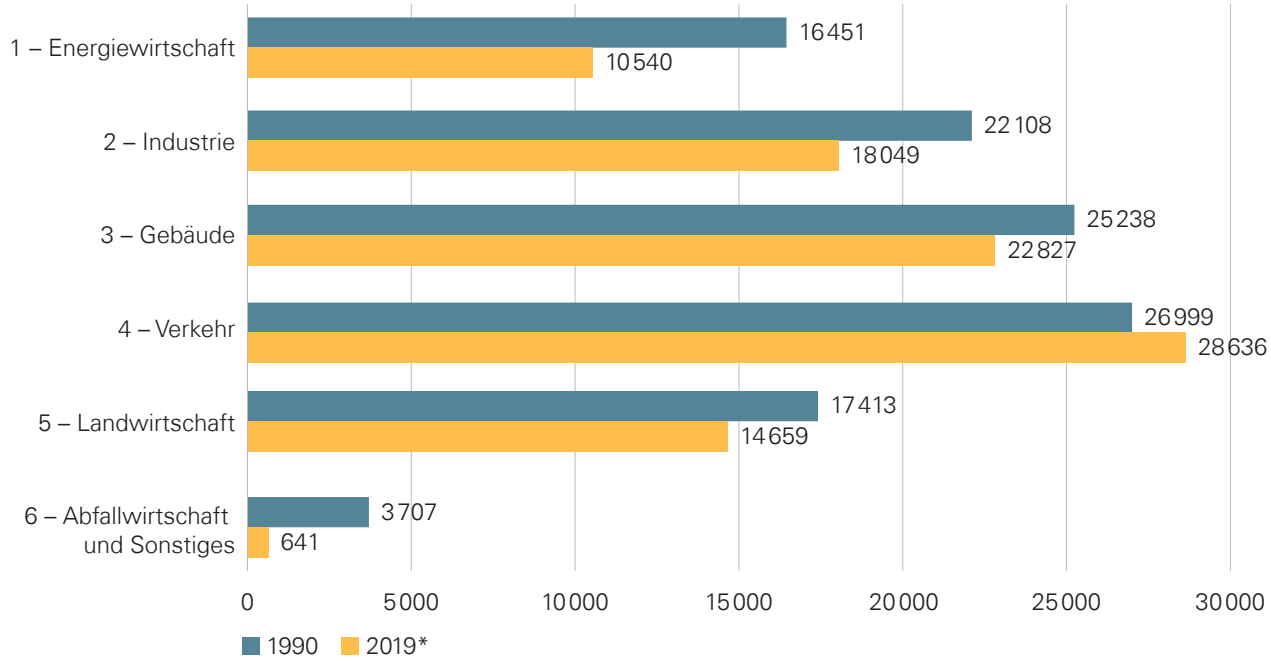
### Herausforderung Verkehrssektor: Neue Höchstwerte für Kohlendioxidemissionen

Der Verkehr ist in Bayern der Hauptverursacher von Kohlendioxid. Im Zeitraum ab 2000 waren die Emissionen für viele Jahre leicht rückläufig. Mit 26,4 Millionen Tonnen stagnieren sie 2020 auf hohem Niveau und liegen damit im Vergleich zum Referenzjahr 1990 in etwa auf gleichem Niveau. Die Zulassungszahlen bei Kraftfahrzeugen haben 2019 in Bayern mit rund 10,2 Millionen einen Rekordwert erreicht.



Die Kohlendioxidemissionen des Straßenverkehrs liegen bei 24,4 Millionen Tonnen (2020). Der Straßenverkehr ist seit dem Jahr 2009 durchwegs der Sektor mit den höchsten Kohlendioxidemissionen in Bayern.

**THG-Emissionen nach Sektoren in Bayern 1990 bis 2019*** in Tausend Tonnen $CO_2$-Äquivalente




* vorläufige Werte | Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik, AK UGRdL (Rechnungsstand: August 2022)



Die Emissionen aus dem wachsenden Flugverkehr haben sich von 1990 bis 2019 vervierfacht und trugen bis dahin maßgeblich zu dem hohen Anteil im Verkehrssektor bei. 2020 kam es bedingt durch die Corona-Pandemie zu einem starken Rückgang des Anteils des Flugverkehrs.

### Klimaschutzziel: Klimaneutralität bis 2040

Seit 2015 gibt das völkerrechtlich bindende →*Pariser Klimaabkommen* der Weltgemeinschaft neue Impulse und Ziele für mehr Klimaschutz. Mit nationalen Selbstverpflichtungen soll die Erderwärmung deutlich unter 2 °C, möglichst sogar auf 1,5 °C beschränkt werden. Wie der Bund hat Bayern 2020 ein Klimaschutzgesetz verabschiedet und es bereits zwei Jahre später, im November 2022, novelliert, um einen Beitrag zur Erreichung dieses Zieles zu leisten. Die Bayerische Nachhaltigkeitsstrategie bekräftigt die auch im Klimaschutzprogramm Bayern und im Bayerischen Energieprogramm benannten Ziele der Staatsregierung. Bis 2030 sollen die →*Treibhausgasemissionen* pro Kopf gegenüber 1990 um mindestens 65 Prozent reduziert werden und bis spätestens 2040 soll Bayern, laut Bayerischem Klimaschutzgesetz, →*klimaneutral* sein. Aktuell werden pro Kopf sieben Tonnen ausgestoßen. Dem Gebäudebereich und dem Verkehrssektor kommen hier zunehmend Schlüsselrollen zu.



### Primärenergieverbrauch in Bayern soll weiter sinken

Nach einem Anstieg in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts hat sich in den letzten 20 Jahren der →*Primärenergieverbrauch* nur noch geringfügig verändert. Im 10-Jahres-Trend geht er inzwischen sogar zurück. Ein Ziel des Bayerische Energieprogramms ist es, den Verbrauch an Primärenergie bis zum Jahr 2025 gegenüber 2010 um zehn Prozent zu senken. Um das zu erreichen, muss Energie weiterhin möglichst sparsam eingesetzt werden. Verbesserte Produktionsverfahren in Industrie und Gewerbe, sparsamere Kraftfahrzeug-Flotten und energetische Sanierungsmaßnahmen im Gebäudebereich zählen ebenso dazu, wie nachhaltige Verkehrskonzepte und veränderte Konsumgewohnheiten.

### Erneuerbare Energien als Beitrag zu klimagerechter Energieversorgung

Bayern kann beachtliche Fortschritte beim Ausbau der erneuerbaren Energien vorweisen. Seit 1990 ist deren Anteil am Primärenergieverbrauch um mehr als das Sechsfache auf zuletzt 22 Prozent gestiegen (Stand 2021). Rund die Hälfte der bayerischen Stromerzeugung basiert inzwischen auf erneuerbaren Energien. Bayern hat den Umbau der Energieversorgung zur zentralen energiepolitischen Aufgabe des 21. Jahrhunderts erklärt. Das Energiekonzept „Energie innovativ", das Energieprogramm von 2015 und der Bayerische Energieplan von 2022 bilden die Eckpunkte für eine klimaschonende Energiewirtschaft ohne Kernkraft.
Mit Programmen und konkreten Maßnahmen unterstützt die Staatsregierung eine möglichst umweltverträgliche Energiewende und fördert die Bürgerakzeptanz für die erforderlichen Infrastrukturmaßnahmen. Beispielsweise stellt sie mit dem →*Energie-Atlas Bayern* für Bürgerinnen und Bürger, Kommunen und die Wirtschaft hierzu ein zentrales Informationsportal zur Verfügung.

## NATUR UND LANDSCHAFT

Der Ausbau von Infrastruktur, Industrie, Gewerbe, Siedlungen und Verkehrswegen sowie Entwicklungen in der Landwirtschaft haben in den vergangenen Jahrzehnten die Natur und Landschaft Bayerns sichtbar verändert. Die Energiewende bringt weitere Herausforderungen wie einen Bedarf für zusätzliche Flächen mit sich. Diese Entwicklungen ermöglichen unseren hohen Lebensstandard, gehen allerdings häufig auf Kosten der Landschaft, der Landwirtschaftsfläche sowie der Tiere und Pflanzen in Bayern. Umso wichtiger ist es, naturnahe Lebensräume und Ökosysteme zu erhalten und umweltschonende Formen der Land-, Forst- und Wasserbewirtschaftung zu befördern.

### Unzerschnittene Landschaft unter besonderem Schutz

Unsere Landschaft ist fast durchgängig eine vom Menschen geprägte →*Kulturlandschaft*. Historisch gewachsen, verschafft sie uns auch regionale Identifikationsmöglichkeiten. Sie wird jedoch zunehmend von Verkehrsinfrastrukturen, Siedlungen und anderen Flächennutzungen zerschnitten. Lärm, Abgase und Barrieren, die Tier- und Pflanzenarten an ihrer Ausbreitung behindern, schmälern ihre Qualität. Von 1975 bis zum Jahr 1995 ging in Bayern der Anteil unzerschnittener verkehrsarmer Räume von etwa 39 Prozent der Landesfläche auf knapp 20 Prozent zurück. Daher müssen die hohen ökologischen Werte der verbleibenden Räume erhalten werden. Heutige Planungsvorhaben sollen das Ziel der Biodiversitätsstrategie beachten.

### Mehr Arten- und Lebensraumschutz

Mit der →*Naturoffensive Bayern* und dem 2019 vom Bayerischen Landtag beschlossenen Volksbegehren Plus zeigt Bayern einen Weg für einen besseren Schutz der bayerischen Artenvielfalt auf. Ein Großteil der beschlossenen Maßnahmen wurde inzwischen umgesetzt und umfangreiche Förderprogramme ins Leben gerufen. Der Biotopverbund wird seither in ganz Bayern im →*Offenland* ausgebaut. An allen natürlichen und naturnahen Gewässern wurden Gewässerrandstreifen ausgewiesen, die neu in die Gebietskulisse des →*Vertragsnaturschutzes* aufgenommen wurden.

Bei den Vogelarten im Siedlungsbereich deutet sich, auch bedingt durch die Ausbreitung der Städte, ein Trend zum Positiven an. Einzelne Großvogelarten wie Weißstorch, Uhu, Seeadler und Kranich entwickeln sich durch die Artenhilfsprogramme positiv. Eine Erholungstendenz bei vielen Vogelarten in der →*Offenlandschaft* ist nicht sichtbar.

Seit 2016 werden die →*Roten Listen* für Bayern kontinuierlich aktualisiert – eine grundsätzliche Entspannung der Gefährdungssituation ist nicht erkennbar. Die Bestände vieler ehemals häufiger Arten dünnen aus und ziehen sich aus weiten Landesteilen zurück, nicht zuletzt wegen der Klimaveränderung. Diese verschiebt auch die Zusammensetzung der einzelnen Arten. Wenige seltene Arten profitieren vom Temperaturanstieg und andere haben Schwierigkeiten, sich an die Hitze und Trockenheit anzupassen, und nehmen deutlich ab. Das Ziel der Bayerischen Biodiversitätsstrategie, bis 2020 die Gefährdungssituation für mehr als 50 Prozent der Rote-Liste-Arten um wenigstens eine Stufe zu verbessern, konnte nicht erreicht werden.










## Leichte Zunahme der Flächen für Naturschutzziele

Schutzgebiete beziehungsweise →*eigentumsgleich* oder →*vertraglich gesicherte Flächen* dienen dem Schutz von Arten und Lebensräumen, dem Erhalt der biologischen Vielfalt und der landschaftlichen Eigenart sowie der Sicherung ökologischer Prozesse. Positiv zu bewerten ist hier der Fortschritt der vergangenen drei Jahrzehnte: Der Bestand der Flächen für Naturschutzziele hat sich in diesem Zeitraum vervierfacht und liegt nun bei einem Anteil von 14,5 Prozent. Seit Mitte der 2000er-Jahre konnte dieser Anteil mit geringen Schwankungen erhalten bleiben und nimmt im Zeitraum 2013 bis 2022 wieder leicht zu, was insbesondere auf die →*Vertragsnaturschutzflächen* zurückzuführen ist.

## Mehr Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert gewünscht

In der Agrarlandlandschaft sind naturnahe Landschaftselemente sowie →*extensiv genutzte Flächen* von herausragender Bedeutung für den Schutz der biologischen Vielfalt. Vor allem beim extensiven Grünland bedarf es nach jahrzehntelangen Rückgängen einer Stabilisierung und Wiederherstellung dieser sehr artenreichen Lebensräume des →*Offenlands*.

Beim Indikator „Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert" werden extensiv genutzte, artenreiche Grünland-, Acker-, Streuobst- und Weinbergflächen sowie Brachen erfasst. Aber auch strukturreiche Landschaftselemente wie z. B. Hecken, Raine, Feldgehölze, Gräben und Kleingewässer, soweit sie zur landwirtschaftlich genutzten →*Kulturlandschaft* gehören.

Der Anteil solcher Flächen an der gesamten Landwirtschaftsfläche nahm im 10-Jahres-Trend seit 2013 weiter zu und lag in 2022 bei 15 Prozent. Infolge der Änderung des Bayerischen Naturschutzgesetzes ist ein weiterer Anstieg zu erwarten.



### Einträge von Säure und Stickstoff gehen zurück

Die 10-Jahres-Trends von 2013 bis 2022 zeigen für Säure- und Stickstoffeinträge im →*Offenland* sowie auf Freiflächen im Wald einen Rückgang an. Die ermittelten Werte sind für empfindliche Ökosysteme des Offenlands, insbesondere nährstoffarme Biotope wie Heiden, Moore oder natürliches Grasland mit typischer Fauna und Flora und für Wälder noch zu hoch und überschreiten kritische Belastungsgrenzen (Critical Loads). Vor allem →*Ammoniak* und →*Ammonium* aus der Landwirtschaft führen zu einer unerwünschten Düngung wertvoller Biotopflächen. Abseits von Emissionsquellen werden auf Freiflächen in geschlossenen Waldgebieten regelmäßig geringere Stoffeinträge gemessen. Wegen des Auskämmeffekts der Baumkronen werden Luftverunreinigungen in Wäldern dennoch angereichert. Unter den Kronen werden gegenüber dem Freiland erhöhte Stoffeinträge gemessen. In der Landwirtschaft muss daher die →*gute fachliche Praxis* bei der Ausbringung von Düngemitteln weiterhin im Fokus stehen.

### Stickstoffüberschuss bei der landwirtschaftlichen Düngung ist zu hoch

Stickstoff gelangt überwiegend als Mineraldünger oder Wirtschaftsdünger (Gülle, Mist, Gärreste) auf die Felder. Während aufgrund rückläufiger Tierzahlen der Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft abnimmt, fallen mehr Gärrückstände pflanzlichen Ursprungs aus Biogasanlagen an. Stickstoff, den die Nutzpflanzen nicht mehr verwerten können, wird als Überschuss aus den Böden ausgetragen und findet sich auch als →*Nitrat* im Grundwasser wieder. Die Auswirkungen auf den Naturhaushalt sind vielfältig: →*Versauerung*, →*Eutrophierung*, Gewässerbelastungen und Beeinträchtigung der biologischen Vielfalt sind die Folge.

Im Bewertungszeitraum 2012 bis 2021 zeigt die Entwicklung für Bayern ein uneinheitliches Bild, die Werte schwanken – auch witterungsbedingt – zwischen 47 bis knapp 99 Kilogramm Stickstoff pro Hektar. Um eine Verbesserung der Situation zu erreichen müssen bei der Ausbringung von Düngemitteln eine standort- und bedarfsgerechte Nährstoffversorgung der Pflanzen und geschlossene →*Stickstoffkreisläufe* beachtet werden. Hierzu wurde in 2020 das Düngerecht novelliert und ein Paket an zusätzlichen freiwilligen Maßnahmen auf den Weg gebracht. Die Förderung des Ökolandbaus ist eine Möglichkeit, den Stickstoffüberschuss zu reduzieren.



### Klimawandel verschlechtert den Waldzustand

Der Waldzustand hat sich im Bewertungszeitraum zwischen 2014 und 2023 verschlechtert. Bei der zeitlichen Entwicklung des Waldzustands spielen die durch den Klimawandel verstärkten Witterungseinflüsse eine große Rolle. Die Ergebnisse der →*Waldzustandserhebungen* der letzten Jahre zeigen die negativen Auswirkungen der Hitze und Trockenheit auf die Vitalität der Waldbäume deutlich. 43 Prozent der Bäume wiesen im Jahr 2020, nach dem Hitze- und Trockensommer 2019, deutliche Schäden auf – dies ist der höchste Wert aller Zeiten. Die letzten zehn Jahre zeigen deutliche Schwankungen beim Grad der Belaubung beziehungsweise Benadelung.



Der Klimawandel wird in Zukunft auch auf den Waldbau großen Einfluss haben. Besonders die weit verbreiteten Fichten- sowie Fichten-Kiefern-Bestände und neuerdings auch die Buche leiden zunehmend unter Trockenheit, Hitze, Sturmereignissen und Schädlingsbefall. Um die Wälder klimastabiler zu entwickeln, ist oft ein →*Waldumbau* notwendig. Im Rahmen der von der Staatsregierung 2017 beschlossenen „Waldumbauoffensive 2030" soll daher der bisherige durchschnittliche Umbaufortschritt in Bayern auf 10.000 Hektar im Jahr gesteigert werden. Daraus ergibt sich ein neues Gesamtziel von rund 200.000 Hektar Waldumbau bis 2030.



## Große Herausforderungen beim ökologischen Zustand der Gewässer

Zum Erhalt der lebenswichtigen Ressource Wasser muss entsprechend den Vorgaben der →*EG-Wasserrahmenrichtlinie* der gute ökologische und chemische Zustand der Gewässer sichergestellt beziehungsweise bis spätestens 2027 erreicht werden. Dank der Erfolge in der Abwasserreinhaltung der vergangenen Jahrzehnte stehen heute bei Oberflächengewässern anstelle der organischen Belastungen vor allem Belastungen durch Nährstoffe, Schadstoffe und Veränderungen der Gewässerstruktur und die fehlende Durchgängigkeit des Gewässernetzes im Fokus. Ökologisch intakte Gewässer weisen neben einer guten Wasserqualität auch vielfältige Strukturen und naturnahe Lebensgemeinschaften auf. Infolge der Belastungen sind diese jedoch in den meisten Gewässern stark beeinträchtigt. Ziel ist, für eine möglichst große Anzahl von Oberflächengewässern bis 2027 den „guten ökologischen Zustand" beziehungsweise bei stark veränderten Gewässern das „gute ökologische Potenzial" zu erreichen.

Mit Stand 2021 erfüllen rund 19 Prozent der bayerischen Flusswasserkörper dieses Kriterium, bei den bayerischen Seen sind es rund 53 Prozent. In Maßnahmenprogrammen sind für jeden einzelnen Wasserkörper die Schritte festgelegt, um für diese Gewässer die genannten Ziele zu erreichen. Oftmals sind z. B. die Reduzierung der Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft und Abwasserentsorgung, die Verbesserung der Durchgängigkeit bei Flussbauwerken für Fische und Sedimente oder das Herstellen oder Entwickeln naturnaher Gewässerläufe und Ufer relevant. Einige oberirdische Gewässer werden aufgrund der Dauer natürlicher Wirkprozesse von umgesetzten Maßnahmen auch erst nach 2027 die Bewirtschaftungsziele erreichen; für diese Gewässer gelten Fristverlängerungen gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie. Das konsequente Umsetzen der für die Zielerreichung notwendigen, geplanten Maßnahmen ist daher eine der wichtigsten Zukunftsaufgaben der Wasserwirtschaft in Bayern.

## UMWELT UND GESUNDHEIT

Gesundheit ist für uns ein hohes Gut und häufig richten wir unsere Lebensführung danach aus. Es ist daher in unser aller Interesse für eine gesunde Umwelt zu sorgen. Der Verkehr ist weiterhin hauptverantwortlich für Luftqualität, Lärm und →*Treibhausgase*.

### Hitzebelastung nimmt weiter zu

Inzwischen verursacht der Klimawandel immer häufiger heiße Tage über 30 Grad, wobei die Anzahl der Hitzetage in Bayern von Jahr zu Jahr starken Schwankungen unterliegt. Eine →*gleitende Mittelung* über einen Zeitraum von 30 Jahren zeigt eine Zunahme von jährlich drei bis vier heißen Tagen über 30 Grad in den 1950er-Jahren auf zuletzt durchschnittlich mehr als acht Hitzetage pro Jahr. Dementsprechend größer sind auch gesundheitliche Risiken für gefährdete Menschen. Mit den Hitzewarnungen des Deutschen Wetterdienstes und den kommunalen →*Hitzeaktionsplänen* soll Vorsorge und Anpassung getroffen werden.

### Verbesserung der Luftqualität hält an

Luftschadstoffe werden vom Verkehr, Haushalten, Industrie und Gewerbe ausgestoßen. Vor allem erhöhte Werte von →*Feinstaub* und →*Stickstoffdioxid* in Ballungsräumen erfordern Gegenmaßnahmen, die inzwischen auch deutliche Erfolge zeigen. Sowohl für Feinstaub-$PM_{10}$ als auch für Stickstoffdioxid zeigen sich im 10-Jahres-Zeitraum an den Messstationen in städtischen Wohngebieten deutliche Rückgänge. Diese beruhen vor allem auf wirkungsvollen Maßnahmen zur Minderung der Verkehrsemissionen allgemein und insbesondere in stark verkehrsbelasteten innerstädtischen Bereichen.

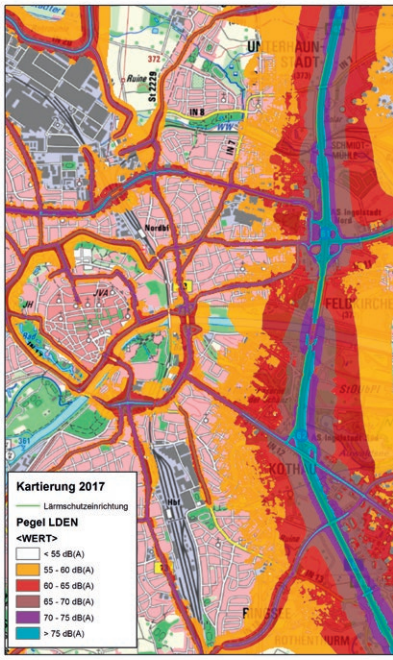
Luftreinhaltepläne mit ihren Umweltzonen und gesetzliche Anforderungen an Anlagen sind nützliche Steuerungsinstrumente der Luftreinhaltung. Für Feinstaub-$PM_{10}$ werden bayernweit seit 2012 alle einschlägigen Grenzwerte oder zulässigen Überschreitungshäufigkeiten eingehalten. Bei Stickstoffdioxid trat mit Stand 2022 noch an einer stark verkehrsbelasteten innerstädtischen Straße in München eine Überschreitung des Jahresmittelgrenzwerts auf. Die zulässige Überschreitungshäufigkeit für den Stundenmittelwert wurde zuletzt im Jahr 2015 an einer Messstelle in München überschritten.

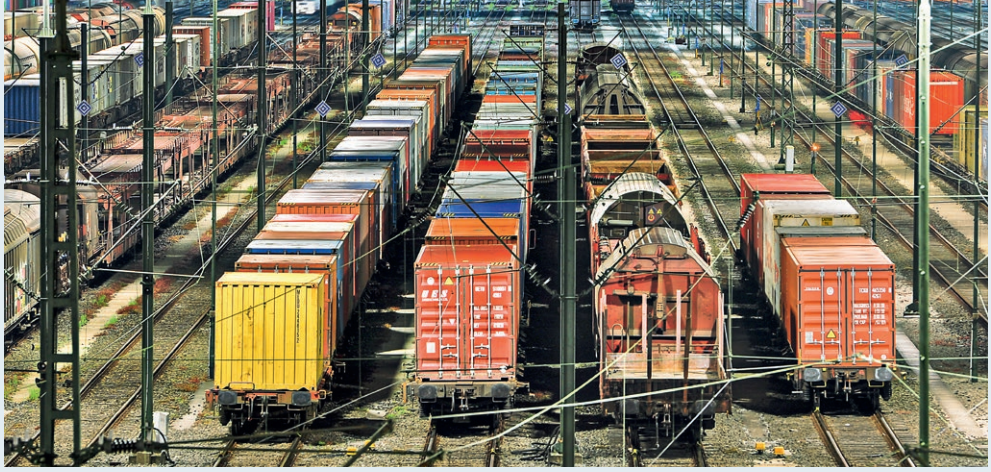
### Schutz vor Lärm bleibt in Bayern weiterhin eine Herausforderung

Für viele Menschen ist die Belästigung durch Lärm, und hier insbesondere durch den Straßenverkehrslärm, auch eine Hauptursache für eine Beeinträchtigung des Wohlbefindens.

Für Bayern zeigt die neueste Erhebung auf der Grundlage der →*EG-Umgebungslärmrichtlinie* für 2022, dass rund 700.000 Menschen einer Lärmbelastung von über 65 Dezibel (tags) und knapp 900.000 Menschen einer Lärmbelastung von über 55 Dezibel (nachts) durch Umgebungslärm an Hauptverkehrsstraßen und Schienenwegen ausgesetzt sind. Die Richtlinie sieht im 5-Jahres-Rhythmus neben der Erstellung von Lärmkarten auch Aktionspläne zur Lärmminderung vor. Lärmaktionspläne werden für Ballungsräume auf kommunaler Ebene, für alle anderen betroffenen Gemeinden von staatlicher Seite erstellt.

Deutschlandweit ist der Straßenverkehrslärm der Hauptverursacher der Gesamtlärmbelastung. Im Vergleich zu 1960 beträgt die Belastung heute etwa das Siebenfache. Der Straßenverkehrslärm ist wesentlich gleichmäßiger als die anderen Lärmquellen über die Fläche verteilt und nahm seit Jahrzehnten stetig zu. Inzwischen zeigt sich – auch wegen der Auswirkungen der Corona-Pandemie – kein weiterer Anstieg mehr. Der Schutz vor Lärm bleibt weiterhin eine Herausforderung.





### Öffentlicher Personennahverkehr: In die Zukunft mit ÖPNV-Strategie und Deutschlandticket

Mobilität ist heute eine Selbstverständlichkeit. Die tägliche Fahrt zur Arbeitsstelle und zum Einkaufen gehört für viele ebenso zur Normalität wie Wochenendausflüge. Öffentliche Verkehrsmittel sind dabei umweltfreundlicher als der motorisierte Individualverkehr. Neben dem Deutschlandticket zielt auch die ÖPNV-Strategie der Staatsregierung auf die Verlagerung großer Verkehrsanteile von der Straße auf öffentliche Verkehrsmittel. Während bis zum Jahr 2009 in Bayern die Verkehrsleistung im öffentlichen Personennahverkehr noch erkennbar anstieg, ist danach eine Stagnation eingetreten. Mit rund 1.400 Personenkilometern pro Jahr und Einwohner im Vor-Corona-Jahr 2019 lag sie etwas über dem deutschen Durchschnitt. Infolge der Corona-Pandemie war die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel deutlich eingeschränkt.




### Gütertransporte nehmen auf hohem Niveau weiter zu: Bahn und Schiff untergeordnet

Wirtschaftsunternehmen sind auf zuverlässige Lieferketten angewiesen und private Haushalte lassen sich immer häufiger Konsumprodukte direkt anliefern. Seit 1995 ist die Güterverkehrsleistung um 46 Prozent auf inzwischen 61 Milliarden →*Tonnenkilometer* angestiegen. Während Prognosen einen weiteren deutlichen Anstieg erwarten, sind Staus, Lärm und andere Belastungen von Umwelt und Gesundheit eine Kehrseite dieser Entwicklung. Dabei ist der Anstieg vor allem durch den Gütertransport auf der Straße begründet. Die umweltfreundlichere Bahn und die Binnenschifffahrt haben mit nur etwa 18 Prozent eine unverändert untergeordnete Rolle, ihr Anteil an der Verkehrsleistung stagniert. Der Güterumschlag der Binnenschifffahrt in den bayerischen Häfen an Donau und Main ist seit vielen Jahren rückläufig und hat in 2022 einen Tiefststand erreicht.

### Wasserrahmenrichtlinie: Ziel beim Nitrat im Grundwasser noch nicht erreicht

Trinkwasser wird in Bayern vor allem aus dem Grundwasser gewonnen. Erhöhte →*Nitratgehalte* können der menschlichen Gesundheit schaden und haben auch Einfluss auf den Stoffhaushalt oberirdischer Gewässer. Vor allem Stickstoffausträge aus landwirtschaftlich genutzten Böden sind von Bedeutung.

Die Belastung des bayerischen Grundwassers mit →*Nitrat* zeigt seit Beginn der 1990er-Jahre keine großen Veränderungen. Geringe Unterschiede zwischen den Jahren können witterungsbedingt sein: So kann etwa die Verdünnung durch höhere Niederschläge zu einer geringeren Nitratkonzentration im Grundwasser führen. Der europaweit festgelegte Grenzwert von 50 Milligramm pro Liter wird von knapp 6 Prozent der langjährig beobachteten

Messstellen, der Wert für mäßige →*Nitratbelastungen* (25 Milligramm pro Liter) von rund 29 Prozent der Messstellen überschritten.

Die →*EG-Wasserrahmenrichtlinie* sieht vor, dass die →*Grundwasserkörper* den guten chemischen Zustand bis 2015 – spätestens bis 2027 – erreichen. Hierzu ist eine Reduzierung der Stickstoffeinträge erforderlich, die nur Hand in Hand mit der Landwirtschaft erreicht werden kann. In Bayern befinden sich aktuell 56 von 260 ausgewiesenen Grundwasserkörpern hinsichtlich →*Nitrat* in einem schlechten chemischen Zustand. Dies entspricht circa 29 Prozent (vgl. Indikator)der Landesfläche.

### Schwermetalle etwa auf dem Niveau wie vor 20 Jahren

→*Schwermetalle* werden aus vielfältigen Quellen freigesetzt und können toxisch wirken. Der Eintrag über die Luft in die Umwelt zeigt aktuell keine Zu- oder Abnahme. Zuletzt liegt er etwa auf dem Niveau wie zu Beginn der 2000er-Jahre. Eine Ursache hierfür sind mehr Staubniederschläge infolge von Kfz-Verkehr und Klimaeffekten. Zudem gibt es Unterschiede zwischen den einzelnen Elementen: Während beispielsweise die Einträge von Blei, Zink, Molybdän oder Kupfer in den letzten zehn Jahren keinen eindeutigen Trend aufweisen, steigt der Eintrag des durch den Kfz-Verkehr emittierten Metalls Bismut.










## RESSOURCEN UND EFFIZIENZ

Die Nutzung natürlicher Ressourcen ist die Voraussetzung für unsere wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung. Die öffentliche Infrastruktur, Haushalte, gewerbliche Wirtschaft und die Landwirtschaft benötigen Wasser, Böden und Flächen sowie Rohstoffe und Energie. Daher müssen wir diese Ressourcen so sparsam und effizient einsetzen wie möglich – nur dann ist nachhaltiges Wirtschaften möglich.

### Grundwasser – vorsorglich planen und rechtzeitig Maßnahmen ergreifen

Grundwasserneubildung aus Niederschlag ist keine konstante Größe, sondern unterliegt Änderungen des Klimageschehens. Seit 2003 ist die Grundwasserneubildung stark zurückgegangen. Weiter steigende Temperaturen werden voraussichtlich zu einem erhöhten Wasserbedarf in den Sommermonaten führen. Dies kann zusätzlich zu einer Abnahme der Grundwasserstände beitragen. Aufgrund dieser erwarteten Entwicklung sollten Wasserversorgungsunternehmen vorsorglich planen und rechtzeitig Maßnahmen ergreifen, um Mangelsituationen in der Zukunft vorzubeugen. Mit der Gesamtstrategie „Wasserzukunft Bayern 2050“ arbeitet der Freistaat Bayern daran, die Wasserversorgung im gesamten Freistaat auf höchsten Niveau sicherzustellen.



### Wachsender Anteil an ökologisch bewirtschafteten Flächen

Dem Schutz der Ressource Boden wird im ökologischen Landbau besondere Bedeutung beigemessen. Angestrebt werden möglichst geschlossene Betriebskreisläufe und damit eine ressourcenschonende Bewirtschaftung und eine umweltverträgliche landwirtschaftliche Produktion. Eine solche nachhaltige Wirtschaftsweise ist die Grundlage einer dauerhaften Ertragsfähigkeit des Bodens. Zusätzlich schont der konsequente Verzicht auf chemisch-synthetische Hilfsmittel die Gewässer und trägt zur Vielfalt der Arten und Lebensgemeinschaften bei.

Die Fläche, die nach den Vorgaben des ökologischen Landbaus in Bayern bewirtschaftet wird, nimmt seit Jahrzehnten stetig zu. Im Jahr 2022 lag ihr Anteil bei 13,4 Prozent und damit über dem Bundesdurchschnitt (rund 11,2 Prozent). Bayern nimmt mit knapp 11.800 Ökobetrieben und einer bewirtschafteten Fläche nach Kriterien des ökologischen Landbaus von knapp 415.000 Hektar bundesweit den Spitzenplatz ein. Fast ein Drittel aller deutschen Ökobetriebe wirtschaften in Bayern.

### Staatsregierung will hohen Flächenverbrauch reduzieren

Bayern ist ein wirtschaftlich erfolgreiches und wachsendes Land. Damit verknüpft ist auch ein hoher Bedarf an Wohnraum, Gewerbeflächen und Verkehrsinfrastruktur. Immer mehr Siedlungs- und Verkehrsflächen verändern das Landschaftsbild unserer Heimat. Böden sind Ressourcen, die im Naturhaushalt vielfältige Funktionen erfüllen. Ihre →*Versiegelung* beeinträchtigt den Wasserhaushalt, Lebensräume und Arten sowie das Lokalklima und die Luftqualität. Bayernweit wurden im Jahr 2022 durchschnittlich 12,2 Hektar Freiflächen pro Tag für Siedlungs- und Verkehrszwecke umgenutzt. Der Anteil der Siedlungs- und Verkehrsflächen macht inzwischen 12,3 Prozent der Landesfläche aus. Auf gut der Hälfte von diesen Flächen ist der Boden versiegelt.

Der Flächenverbrauch in Bayern schwankt seit Jahren auf hohem Niveau. Für eine nachhaltige Raumentwicklung muss der



Flächenverbrauch erheblich verringert werden. Die Staatsregierung hat dies in der Bayerischen Nachhaltigkeitsstrategie bekräftigt und in das Bayerische Landesplanungsgesetz eine Richtgröße von 5 Hektar pro Tag bis spätestens zum Jahr 2030 aufgenommen. Mit der →*Flächensparoffensive* wurde 2019 ein umfangreicher Maßnahmenkatalog verabschiedet, der auch einen Einstieg in einen andauernden Prozess zur Reduzierung des Flächenverbrauchs bedeutet.

### Neue Nutzungen von ehemaligen Altlasten durch Flächenrecycling

In der Wiedernutzung von ehemaligen →*Altlasten* liegt eine weitere Möglichkeit, den Flächenverbrauch zu reduzieren. So können zum Beispiel ehemalige Deponien als Standorte für Photovoltaikanlagen Verwendung finden. Längst geschlossene Produktionsstandorte oder aufgelassene Kasernen werden saniert und als Wohn-, Freizeit- oder Gewerbegebiete wiedergenutzt. Grundstücke, für die eine Klärung des →*Altlastverdachts* und eine Beseitigung von Gefahren vorliegen, können durch →*Flächenrecycling* wiederverwendet werden. Seit 2001 konnte die Anzahl der geklärten Verdachtsflächen von etwa 3.800 Flächen auf inzwischen etwa 14.338 Flächen gesteigert werden.

### Abfallmengen aus bayerischen Haushalten nehmen erstmals ab

Täglich entstehen Abfälle, die entsorgt werden müssen. In privaten Haushalten waren dies im Jahr 2022 im Durchschnitt 462 kg Abfall für jeden Einwohner Bayerns. Der Wert ist damit der niedrigste im Zeitraum der letzten zehn Jahre. Unterschiede gibt es beim Abfallaufkommen zwischen Stadt und Land. Im ländlichen Raum ist die Abfallmenge geringer, auch die Größe der Haushalte und das Konsumverhalten der Menschen beeinflussen die Abfallmenge. Ein Verzicht auf unnötiges Verpackungsmaterial, die mehrmalige Verwendung von Produkten und die Reparatur langlebiger Gebrauchsgüter könnten zur Abfallvermeidung beitragen.

### Hohe Verwertungsquote für Abfälle dient dem Ressourcenschutz in Bayern



Der weltweite Vorrat an Erzen und anderen Industrierohstoffen ist begrenzt. Die vermehrte Rückgewinnung von Sekundärrohstoffen aus dem Abfall ist daher unerlässlich. Dies gilt in zunehmendem Maße für viele wichtige Metalle wie Kupfer, Nickel und Aluminium. Unser Abfall ist also nicht wertlos, sondern enthält wiederverwendbare Bestandteile, die über Sammelsysteme einer Aufbereitung zugeführt und erneut in den Wirtschaftskreislauf eingespeist werden können. Die Verwertungsquote erreichte im Jahr 2022 knapp 66 Prozent.

### Nachhaltiges Wirtschaften zeigt Erfolge bei der Ressourcenproduktivität



Ressourcen sind nicht unbegrenzt verfügbar oder nur beschränkt regenerationsfähig. Sie müssen daher effizient genutzt werden. In Bayern steigt die volkwirtschaftliche Wertschöpfung (Bruttoinlandsprodukt) weiterhin stärker an als der Verbrauch an Rohstoffen, Energie, Wasser und Böden. Diese Entkopplung ist ein Ausdruck nachhaltigen Wirtschaftens und belegt, dass Bayern bei der effizienten Ressourcennutzung seit Jahrzehnten kontinuierlich Fortschritte macht. Während im 10-Jahres-Trend die Produktivitäten von Rohstoffen und Energie zunehmen, gehen die für eine Gesamtbetrachtung wichtigen absoluten Verbrauchswerte für Rohstoffe und Fläche noch nicht zurück.



# KLIMA UND ENERGIE

**im Gespräch mit** Prof. Dr. Michael Krautblatter

**Indikatoren zu** Klimawandel
Klimaschutz
Energie

**Blickpunkt zu** Geogefahren in Bayern



Der Klimawandel wirkt sich auf die Regionen Bayerns unterschiedlich aus. Um den Entwicklungen aktiv entgegenzuwirken, ist die Dokumentation, Bilanzierung und Modellierung von Klimadaten auch auf Länderebene notwendig. In allen Sektoren ist eine umfassende Transformation zu einer emissionsfreien Wirtschafts- und Lebensweise nötig. Die Potenziale zur Energieeinsparung und Nutzung erneuerbarer Energien müssen genutzt sowie Wälder, Humusböden und Moore als wichtige Kohlenstoffspeicher erhalten und gestärkt werden.

Bayern hat sich mit dem Bayerischen Klimaschutzgesetz und dem zugehörigen Maßnahmenpaket zu den Verpflichtungen und Zielsetzungen des Pariser Klima-Übereinkommens bekannt und unterstützt damit die Anstrengungen auf Bundesebene.



**Professor Dr. Michael Krautblatter**
ist Inhaber des Lehrstuhls für Hangbewegungen der TU München. Als studierter Geograf und Geologe untersucht er schon seit 2004 Naturgefahren, Hangbewegungen und Permafrostsysteme. Seine Forschungstätigkeiten finden schwerpunktmäßig in den Europäischen Alpen sowie in der Arktis statt.

Im Gespräch

# Wir müssen Hangbewegungen einplanen!

**Murgänge, Steinschläge, Felsstürze und Hangbewegungen: In Bayern spielen in vielen Landstrichen die Georisiken eine vergleichsweise große Rolle. Wir sprachen mit Professor Dr. Michael Krautblatter, der diese Phänomene erforscht.**

**Herr Professor Krautblatter, welche Rolle spielt der Klimawandel im Zusammenhang mit den Geogefahren?**
Tatsächlich beflügelt der Klimawandel beispielsweise mit häufigeren Starkniederschlagsereignissen auch das Auslösen von Hangbewegungen. Wir konnten in den nördlichen Kalkalpen im Wettersteingebirge belegen, dass mehr als 90 Prozent der Steinschläge mit Starkniederschlägen zusammenhängen, ebenso die →*Murgänge* und die →*hyperkonzentrierten Ströme*. Dieses eindeutige Ergebnis hat uns selber überrascht. Mit einer Verdoppelung der Starkniederschläge treten ungefähr sechs bis sieben Mal so viele Murgänge auf, es handelt sich also um eine überproportionale Reaktion. Bayern muss sich darauf einstellen, dass diese Ereignisse häufiger werden, und sich darauf vorbereiten.

**Ist Bayern aufgrund seiner Höhenlagen besonders betroffen?**
Bayern ist den Geogefahren stärker ausgesetzt als andere Bundesländer. In den Alpen, entlang der Alpenflüsse und auch in den Mittelgebirgen zeigt Bayern eine vergleichsweise hohe Topographie mit Neigung zu Starkniederschlagsereignissen. Die Naturgefahren, die hier jetzt schon zunehmen, werden jedoch in den Mittelgebirgen anderer Bundesländer in 30 bis 40 Jahren ebenso verstärkt auftreten. Bayern ist damit ein Beispiel für die Naturgefahren, die auf andere Bereiche Deutschlands erst in Zukunft zukommen.

„Mehr als 90 Prozent der Steinschläge hängen mit Starkniederschlägen zusammen.“

**Welche Rolle kommt Ihnen hierbei als Forscher zu?**
Unsere Aufgabe als Forscher ist es, sowohl Risiken zu entdecken, als auch zu versuchen, möglichst genaue Vorhersagen treffen zu können. Dazu müssen wir bessere Fähigkeiten in der Frühwarnung und im Erkennen von Naturgefahren entwickeln.
In den Alpen muss man grundsätzlich systemisch mit einem höheren Risiko leben als im Tiefland. Trotzdem sollten wir unser ganzes Know-how nutzen, um den Siedlungsraum zu erhalten und den Menschen den Zugang zu den Alpen auf einem

sinnvollen Sicherheitslevel zu ermöglichen, sei es, um ihrer Arbeit nachzugehen, oder für ihre Freizeit.

### Wie gehen Sie vor, um ein solches Frühwarnsystem zu entwickeln?

Felsformationen zeigen ein ganz typisches Beschleunigungsverhalten, bevor sie als Felsstürze herunterfallen. In Bayern gibt es rund 30 Felsstürze, die geologisch gut dokumentiert sind, beispielsweise am Hochvogel oder im Wettersteingebirge. Wir haben sie mit Datensätzen verglichen, die uns weltweit zur Verfügung stehen, und versuchen damit, kurzfristige zeitliche Vorhersagen im Rahmen von Tagen oder Stunden zu entwickeln. Dazu lassen wir uns Positionsdaten in gefährdeten Gebieten im Zehn-Minuten-Takt übermitteln. Auch mittelfristig sehen wir damit bereits, wenn sich ein Felssturz anbahnt, und wir können grob voraussagen, wieviele Kubikmeter Fels herunterkommen oder wie weit ein Hangrutsch ins Land reicht. Es lässt sich damit nicht verhindern, dass Häuser und Straßen beschädigt werden, aber die Gemeinden können Wege vorab sperren und Menschen aus dem betroffenen Gebiet vorsorglich evakuieren.

### Inwieweit wirken sich die Ergebnisse Ihrer Arbeit auf die Besiedelungspolitik aus?

Wenn sich einige Jahre im Voraus sagen lässt, welche Flächen in den kommenden Dekaden durch Felsstürze und Hangrutsche gefährdet sein werden, dann hilft das einer Gemeinde bei der Siedlungsplanung. Wir können heute schon relativ langfristig die Gefahrenherde benennen. Ein wichtiges Instrument dafür ist die Geogefahrenkarte, die das Bayerische Landesamt für Umwelt den Bürgerinnen und Bürgern zur Verfügung stellt.

### Eines Ihrer Schwerpunktthemen ist der Permafrost. Was daran interessiert Sie besonders?

Wir arbeiten im gesamten Geobereich, und speziell beim Permafrost, dem in den Fels eingeschlossenen Eis, mit einem ganz langen geologischen Gedächtnis. Das fasziniert mich unheimlich. Es zeigt uns jetzt noch die Entwicklung der letzten 20.000 Jahre. Als Wissenschaftler habe ich also die Möglichkeit, in die Vergangenheit zu blicken und daraus Erkenntnisse für die Zukunft zu entwickeln. Die Zugspitze beispielsweise ist 300 Meter unter dem Gipfel, im Zahnradbahnstollen, deutlich kälter als es in dieser Höhenlage sonst möglich wäre. Das geht auf den Gedächtniseffekt aus der letzten Eiszeit zurück. Übertragen auf unsere Landschaft heißt das, dass wir dieses Gedächtnis mitbedenken müssen. Wir sehen deshalb auch vom Klimawandel gerade mal die ersten Folgen, sehr viel mehr wird noch kommen.

## „Mich fasziniert das lange geologische Gedächtnis."

### Sie erforschen das Eis nicht nur in den Alpen, sondern auch in der Arktis. Warum?

In den beiden Gebieten haben sich unterschiedliche Forschungsschwerpunkte entwickelt. In der Arktis haben die Forscher eine große Expertise hinsichtlich der Messtechnik und der Einordnung der Ergebnisse. Wir können an den dort vorhandenen großen Eismassen unsere eigenen Messverfahren gut testen. Umgekehrt, da die Alpen vergleichsweise dicht besiedelt sind, haben sich die Forscher hier von Anfang an auf Hangbewegungen spezialisiert. Wir sind mit unseren Erkenntnissen sehr weit. Beide Forschungsgebiete profitieren von dem gegenseitigen Wissenstransfer.

### Was ist Ihnen persönlich in Bezug auf Klimaveränderungen und Geogefahren besonders wichtig?

Mir ist es wichtig, dass wir versuchen, konstruktiv mit dem Thema Klimawandel umzugehen. Wir müssen uns in den nächsten 20 bis 30 Jahren schnell anpassen und dazu braucht es viel Wissen. Die junge Generation kann dazu beitragen, indem sie versucht, die Zusammenhänge zu verstehen und daraus geschickte Strategien zu entwickeln.



Indikator zum Klimawandel

# Temperaturentwicklung

## In Bayern wird es immer wärmer. Warum steigende Temperatur mehr bedeutet als warme Luft.

Die Lufttemperatur ist eine der wichtigsten Kenngrößen im Klimasystem. Ändert sie sich, so hat dies Einfluss auf viele andere Faktoren. Vor allem beeinflusst sie maßgeblich die Verdunstung des Wassers und über den Wasserdampfgehalt der Luft auch das Niederschlagsgeschehen. Hitzewellen, schmelzende Gletscher und →*Sturzfluten* sind sichtbare Folgen der globalen Erwärmung.

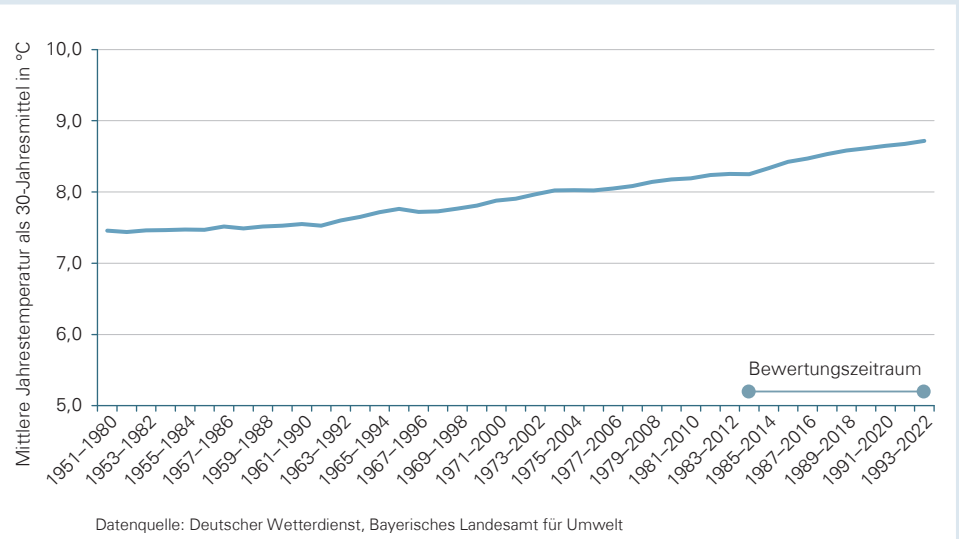
### Neuer Rekord: 2022 wärmstes Jahr

Die Auswertung der mittleren Jahrestemperatur zeigt, dass es in Bayern immer wärmer wird. Seit Mitte des 20. Jahrhunderts hat sich die Jahresmitteltemperatur bereits um 1,9 °C erhöht. Das Jahr 2022 war bayernweit das wärmste Jahr seit Beginn der Aufzeichnungen. In den letzten zehn Jahren lagen alle Jahresmitteltemperaturen erheblich über dem Durchschnitt der Bezugsperiode 1971 bis 2000. →*Klimaprojektionen* zufolge wird sich dieser Trend künftig fortsetzen. Ein weiterer Temperaturanstieg lässt sich nur mit einer ambitionierten Senkung der →*Treibhausgasemissionen* verlangsamen. Die Jahresmitteltemperaturen sind – wie auch die Niederschläge – über die Landesfläche unterschiedlich verteilt. Die Temperaturen variieren zwischen den einzelnen →*Klimaregionen* Bayerns vor allem aufgrund ihrer Abhängigkeit von der geographischen Höhe sehr stark: Die Klimaregionen Main und Donau sind bereits heute sehr warm und werden in Zukunft durch zunehmende Hitzetage und Tropennächte zusätzlich belastet. Auf die empfindlichen alpinen Ökosysteme wirkt sich die voranschreitende Erwärmung besonders stark aus.

### Der Blick in die Zukunft: Klimamodelle zeigen Temperaturanstieg

Die Temperatur lässt sich im Zusammenhang mit der Veränderung unseres Klimas am besten mit →*Klimamodellen* simulieren. Hierbei trifft die Wissenschaft Aussagen über die Zukunft des Klimas auf der Grundlage von Emissionsszenarien, die von einem unterschiedlich hohen Treibhausgasausstoß ausgehen. Für diese Szenarien wird die Temperaturentwicklung mit verschiedenen Modellen simuliert. So ergibt sich eine Bandbreite an zukünftigen Klimasimulationen. Für ein Szenario ohne Klimaschutz wird die Temperatur in Bayern um bis zu 4,8 °C im Vergleich zum Referenzzeitraum 1971 bis 2000 ansteigen. Wird dagegen das →*Pariser Klimaschutzabkommen* eingehalten, lässt sich der Temperaturanstieg auf maximal 1,6 °C beschränken.

## Mittlere Jahrestemperatur in Bayern von 1951 bis 2022




Datenquelle: Deutscher Wetterdienst, Bayerisches Landesamt für Umwelt

(Definition: Seite 115)

Aktueller Wert im Internet

| | |
|---|---|
| **Entwicklung** | Der Trend der mittleren Jahrestemperatur in Bayern steigt im Bewertungszeitraum deutlich an. |
| **Ziel Bayern** | Klimaschutzgesetz Bayern: Bayern unterstützt das von der Bundesregierung unterschriebene → *Pariser Klimaschutzabkommen* und hat sich zum Ziel gesetzt, spätestens bis zum Jahr 2040 → *klimaneutral* zu sein. |
| **Ziel Vereinte Nationen** | Ziel 13: Umgehend Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und seiner Auswirkungen ergreifen (siehe Seite 7). |

## Weiterführende Links und Verweise

- Broschüre: Bayerns Klima im Wandel (5)
- Bayerisches Klimainformationssystem BayKIS (6)
- Permafrost an der Zugspitze (7)
- KLIWA – Klimaveränderung und Wasserwirtschaft (8)
- → Klimawandel und Vegetationsentwicklung: Seite 26
- → Hitzebelastung: Seite 70



Indikator zum Klimawandel

# Klimawandel und Vegetationsentwicklung

## Die heimische Pflanzenwelt zeigt: Der Klimawandel hat Bayern erreicht.

Im Laufe der Erdgeschichte hat sich das Klima schon oft gewandelt, und zwar durch natürliche Einflüsse wie zum Beispiel Vulkanausbrüche. Doch seit Beginn des Industriezeitalters greift der Mensch erheblich in das Klimageschehen ein: Vor allem die Energiegewinnung aus Kohle, Erdöl und Erdgas hat die Atmosphäre der Erde – und damit das Klima – in kurzer Zeit stärker verändert, als es durch natürliche Prozesse erklärbar gewesen wäre.

### Apfelbäume blühen früher

Doch woran lässt sich der Klimawandel erkennen? Wichtige Hinweise liefern Beobachtungen zur →*Phänologie*: Wachstum und Entwicklung von Pflanzen, aber auch das Verhalten von Tieren hängen stark mit Witterung und Klima zusammen. Fangen zum Beispiel die Apfelbäume über mehrere Jahre betrachtet immer früher zu blühen an, weist dies auf eine Erwärmung der Atmosphäre hin.

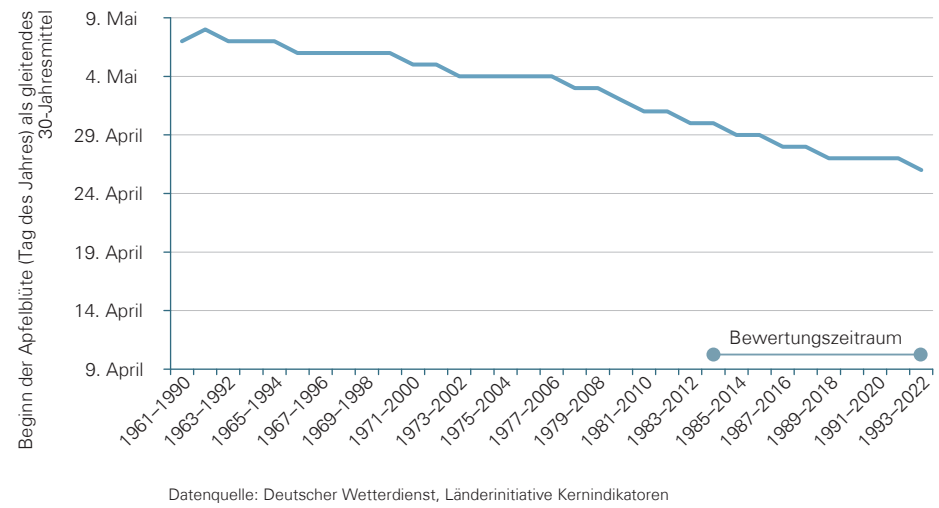
Bezogen auf den Zeitraum 1984 bis 2022 setzt die Apfelblüte in Bayern im Mittel alle zehn Jahre um etwa vier Tage früher ein. Erhöht sich die Durchschnittstemperatur um 1 °C, ist außerdem mit einer Verschiebung der Vegetationszonen um etwa 200 bis 300 Kilometer nach Norden und in den Bergen um circa 200 Höhenmeter in Richtung Gipfel zu rechnen. Dadurch verändern sich die bestehenden Artengemeinschaften und Lebensräume deutlich.

In den Alpen lässt sich das bereits beobachten. Pflanzen aus tieferen Lagen dringen verstärkt in den Lebensraum von Hochgebirgspflanzen ein, sodass diese bereits überproportional "verloren gegangen" sind. Dieser Trend lässt befürchten, dass Hochgebirgspflanzen auf die unmittelbaren Gipfelbereiche zurückgedrängt und schließlich lokal völlig verschwinden könnten.

### Die Vegetationsperiode wird länger

Der Klimawandel zeigt sich ebenfalls in der zunehmenden Dauer der Vegetationsperiode. In Bayern hat sich der Zeitraum, in dem Pflanzen wachsen, blühen und Früchte tragen, zwischen 1984 und 2022 alle zehn Jahre um rund drei Tage verlängert. Verglichen mit anderen Bundesländern fällt diese Veränderung noch relativ gering aus.

## Beginn der Apfelblüte in Bayern seit 1961




Datenquelle: Deutscher Wetterdienst, Länderinitiative Kernindikatoren

(Definition: Seite 115)

Aktueller Wert im Internet

| | |
|---|---|
| **Entwicklung** | Apfelbäume blühen in Bayern immer früher, zwischen 1984 und 2022 im Mittel etwa alle zehn Jahre vier Tage eher. Vor allem in den letzten vier Jahrzehnten hat sich dieser Trend in Bayern verstärkt. |
| **Ziel Bayern** | Klimaschutzprogramm Bayern: Um den Klimawandel möglichst beherrschbar zu halten, muss der globale Temperaturanstieg auf maximal 2 °C begrenzt werden. Bayern stellt sich seiner Verantwortung für den Klimaschutz: Bis spätestens 2040 soll Bayern →*klimaneutral* werden. |
| **Ziel Vereinte Nationen** | Ziel 13: Umgehend Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und seiner Auswirkungen ergreifen (siehe Seite 7). |

## Weiterführende Links und Verweise

- Aktuelle Phänologische Veränderungen im Informationssystem BayKIS (9)
- Monitoringbericht Klimafolgen und Klimaanpassung (10)
- Broschüre: Klimawandel und Jahreszeiten (11)
- Phänologie-Karten, Deutscher Wetterdienst (12)
- www.liki.nrw.de (13)

→ Kohlendioxidemissionen: Seite 30



Indikator zum Klimaschutz

# Treibhausgasemissionen

## Aktuelle Treibhausgasemissionen gefährden das globale Klima.

Ohne den natürlichen Treibhausgaseffekt wäre auf unserem Planeten kein Leben möglich. Die mithilfe der Sonnenstrahlen erwärmte Atmosphäre wirkt wie ein Puffer um die Erde, der Wachstums- und Entwicklungsprozesse erst ermöglicht. Zunehmende Emissionen von →*Treibhausgasen* durch menschliche Aktivitäten heizen die Atmosphäre auf und verändern das Klima langfristig. Im Jahr 2020 lagen die Treibhausgasemissionen in Bayern bei 91 Millionen Tonnen →*$CO_2$-Äquivalente* (ohne internationalen Luftverkehr). Das entspricht rund 6,9 Tonnen je Einwohner.

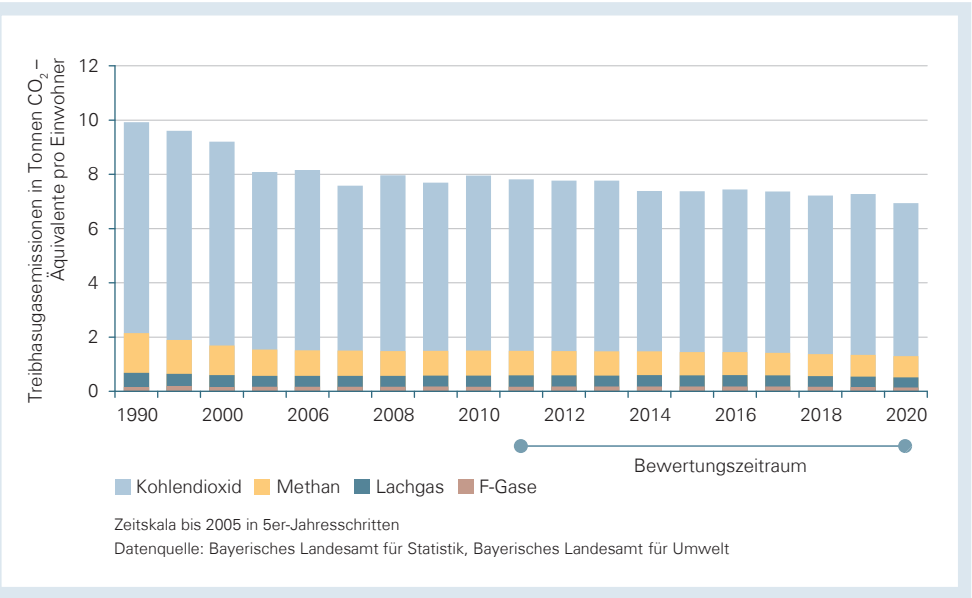
### Verkehr im Fokus

Die aktuelle Fassung des Bundes-Klimaschutzgesetzes von 2021 definiert für das Jahr 2030 erstmals Minderungsziele an Emissionen für einzelne Wirtschaftssektoren, unterteilt nach Energiewirtschaft, Industrie, Gebäude, Verkehr, Landwirtschaft sowie Abfallwirtschaft und Sonstiges. 2019 trugen in Bayern die Sektoren Verkehr mit 30 Prozent, Gebäude mit rund 24 Prozent, Industrie mit rund 19 Prozent, Landwirtschaft mit gut 15 Prozent sowie Energiewirtschaft mit 11 Prozent zu den Gesamt-Treibhausgasemissionen bei. Der Energiesektor macht in Bayern einen deutlich geringeren Anteil an den Gesamt-Emissionen aus als im bundesdeutschen Mittel. Im Sektor Landwirtschaft liegt der Wert dagegen höher als im Bundesdurchschnitt. Der Verkehr ist in Bayern der emissionsstärkste Sektor, die für 2019 berechnete Menge an Treibhausgasen liegt höher als im Jahr 1990. In allen anderen Sektoren dagegen sind die Emissionen in dieser Zeit gesunken. In den Sektoren Gebäude und Industrie lagen die Emissionen 2019 geringfügig, bei Energiewirtschaft sogar deutlich niedriger. $CO_2$ ist 2020 mit rund 81 Prozent das bedeutendste Treibhausgas, danach folgen →*Methan* (rund 11 Prozent), Lachgas (→*Distickstoffoxid*, 5 Prozent) sowie fluorierte Treibhausgase („→*F-Gase*", rund 2 Prozent).

### 150 Maßnahmen zum Klimaschutz

Das Bayerische Klimaschutzprogramm sieht z. B. im Bereich Verkehr den Ausbau des ÖPNV sowie das Installieren von 70.000 Ladesäulen für E-Autos bis 2030 vor, ebenso besteht für bestimmte Gebäude die Pflicht zur Errichtung von Solaranlagen. In der Landwirtschaft setzt Bayern auf praxisorientierte Forschung. Schwerpunkte bestehen unter anderem im Hinblick auf effektiven nachhaltigen Humusaufbau sowie auf klimaschonende Tierhaltung im Einklang mit dem Tierwohl.

## Jährliche Treibhausgasemissionen in $CO_2$-Äquivalenten in Bayern seit 1990




Zeitskala bis 2005 in 5er-Jahresschritten
Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Statistik, Bayerisches Landesamt für Umwelt

(Definition: Seite 115)

Aktueller Wert im Internet

| | |
|---|---|
| **Entwicklung** | Die → *Treibhausgasemissionen* pro Einwohner nehmen in Bayern im Bewertungszeitraum 2011 bis 2020 stetig ab. |
| **Ziel Bayern** | Bayerisches Klimaschutzgesetz: Die Treibhausgasemissionen je Einwohner sollen bis zum Jahr 2030 um mindestens 65 Prozent gesenkt werden, bezogen auf den Durchschnitt des Jahres 1990. Spätestens bis zum Jahr 2040 soll Bayern → *klimaneutral* sein. |
| **Ziel Vereinte Nationen** | Ziel 13: Umgehend Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und seiner Auswirkungen ergreifen (siehe Seite 7). |

## Weiterführende Links und Verweise

- Bayerisches Klimaschutzgesetz BayKlimaG (14)
- Umweltökonomische Gesamtrechnung der Länder (15)
- Klimaschutzgesetz der Bundesregierung (16)
- Die Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie (17)
- www.liki.nrw.de (13)


- Temperaturentwicklung: Seite 24
- Kohlendioxidemissionen: Seite 30
- Hitzebelastung: Seite 70




Indikator zum Klimaschutz

# Kohlendioxidemissionen

**Kohlendioxidemissionen müssen reduziert werden – besonders im Verkehrssektor.**

Kohlendioxid ($CO_2$) trägt am stärksten zu dem vom Menschen verursachten Klimawandel bei. Das →*Treibhausgas* wird vor allem bei der Nutzung fossiler Energieträger wie Kohle, Mineralöl oder Erdgas freigesetzt. In Bayern lag der Pro-Kopf-Ausstoß →*energiebedingter $CO_2$-Emissionen* 2020 bei rund 5,5 Tonnen. Damit steht der Freistaat verglichen mit anderen industrialisierten Ländern zwar ganz gut da, trotzdem muss dieser Wert weiter reduziert werden.

## Restbudget bald verbraucht

Um die globale Erwärmung mit ausreichender Wahrscheinlichkeit auf 1,5 °C zu beschränken, verbliebe nach Angaben des →*Sachverständigenrats für Umweltfragen* (SRU) für Deutschland ab 2022 ein Restbudget an $CO_2$-Emissionen von 3.100 Millionen Tonnen. Dieses Budget wäre bei linearer Emissionsreduktion bis 2031 aufgebraucht. 1990 betrug die Gesamtmenge der energiebedingten $CO_2$-Emissionen in Bayern 84,5 Millionen Tonnen. 2020 waren es noch rund 72 Millionen Tonnen. Dieser Rückgang trotz höheren Energieverbrauchs lässt sich vor allem darauf zurückführen, dass vermehrt $CO_2$-arme Energieträger verwendet werden. Auch der aktuelle Zehnjahrestrend (2011 bis 2020) ist fallend. Um jedoch die erklärten Umweltziele bis 2031 zu erreichen bedarf es einer weiteren Reduktion der Emissionen.

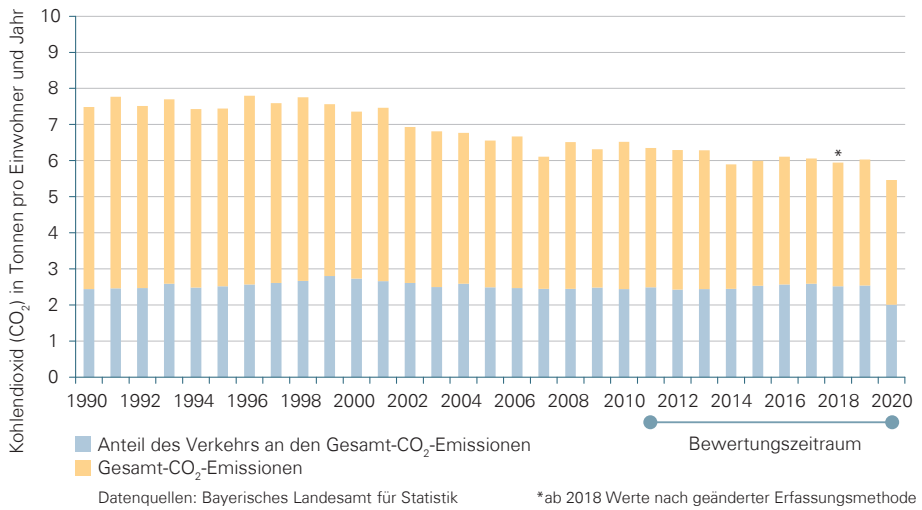
## Verkehr ist Hauptverursacher

Besonderes Augenmerk gilt dem Verkehr, der mit 26,4 Millionen Tonnen der Hauptverursacher der $CO_2$-Emissionen ist. Sie lagen 2020 bedingt durch Effekte der Corona-Pandemie in etwa auf dem Niveau von 1990. Mit 24,4 Millionen Tonnen verursacht der Straßenverkehr weiterhin den größten Anteil im Verkehrssektor und auch an den energiebedingten $CO_2$-Emissionen insgesamt. Die Emissionen aus dem wachsenden Flugverkehr haben sich von 1990 bis 2019 vervierfacht und trugen bis dahin maßgeblich zu dem hohen Anteil im Verkehrssektor bei. 2020 kam es jedoch bedingt durch die Corona-Pandemie zu einem starken Rückgang des Anteils des Flugverkehrs. Die Antriebstechnologie im Verkehrssektor wandelt sich, emissionsfreie Elektroantriebe unterstützen die Abkehr von Diesel und Benzin. Dabei gilt es alle Bereiche der Mobilität und des Transports im Blick zu behalten: Der Firmenfuhrpark will hierbei ebenso durchdacht sein wie Dienstreisen, der tägliche Weg zur Arbeit oder zum Einkaufen und Fahrten in der Freizeit.

## Entwicklung der energiebedingten $CO_2$-Emissionen pro Kopf in Bayern seit 1990: Gesamtemissionen und Anteil des Verkehrs

(Definition: Seite 115)

Aktueller Wert im Internet




| | |
|---|---|
| **Entwicklung** | Die Emissionen von Kohlendioxid gehen im aktuellen Bewertungszeitraum (2011 bis 2020) zurück. 2020 lagen sie bei rund 5,5 Tonnen pro Einwohner. Der Anteil von Emissionen des Verkehrs ist bedingt durch Effekte der Corona-Pandemie nicht weiter angestiegen. Im Schnitt hat jeder Einwohner durch die Verbrennung von Kraftstoffen rund 2,0 Tonnen Kohlendioxid freigesetzt. |
| **Ziel Bayern** | Bayerisches Klimaschutzgesetz (BayKlimaG): Spätestens bis 2040 soll Bayern →*klimaneutral* sein. |
| **Ziel Vereinte Nationen** | Ziel 13: Umgehend Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und seiner Auswirkungen ergreifen (siehe Seite 7). |

### Weiterführende Links und Verweise

- Informationen zum BayKlimaG (18)
- Klimaschutzgesetz der Bundesregierung (KSG) (19)
- Bayerische Nachhaltigkeitsstrategie (20)
- Sachverständigenrat für Umweltfragen: Stellungnahme (21)
- www.liki.nrw.de (13)


- Treibhausgasemissionen: Seite 28
- Öffentlicher Personennahverkehr: Seite 80



Indikator zur Energie

# Energieverbrauch

## Haushalt, Verkehr und Industrie – Energieverbrauch muss weiter abnehmen.

Energie ermöglicht einen hohen Lebensstandard, wirtschaftliche Aktivitäten, Verkehr und Transport. Bisher wurden dafür fast ausschließlich primäre Energieträger wie Rohöl, Erdgas oder Kohle gewonnen und in nutzbare Endenergie wie Strom, Wärme oder Kraftstoffe umgewandelt. Diese Prozesse von der Gewinnung über die Verteilung bis zur Nutzung der Energie belasten die Umwelt. Den Energieverbrauch zu senken und fossile Energieträger so rasch wie möglich durch erneuerbare Energien zu ersetzen ist daher ein wichtiges Umweltziel.

### Primärenergieverbrauch ist rückläufig

In Bayern hat der →*Primärenergieverbrauch* pro Kopf in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts deutlich zugenommen. Diese Entwicklung konnte nach der Jahrtausendwende gestoppt werden und ist im aktuellen Zehnjahrestrend (2011 bis 2020) rückläufig.

Der Primärenergieverbrauch setzt sich in Bayern für 2020 wie folgt zusammen: Rund 37 Prozent der Primärenergie stammen aus Mineralölen, 13 Prozent aus Kernenergie, 23 Prozent aus Gasen und noch rund 2 Prozent aus Kohle. Der Anteil der erneuerbaren Energien ist auf 22 Prozent gestiegen.

### Haushalte sind für rund die Hälfte des Endenergieverbrauchs verantwortlich

Die Haushalte und andere Verbraucher (darunter Gewerbe, Handel und Dienstleistungen) haben 2020 einen Anteil von rund 50 Prozent am →*Endenergieverbrauch*. Der Verkehrssektor kommt auf gut 28 Prozent und das verarbeitende Gewerbe auf rund 21 Prozent. Bürgerinnen und Bürger können ihren Endenergieverbrauch über den Anteil der privaten Haushalte ablesen: Der Trend stagniert im aktuellen Bewertungszeitraum.

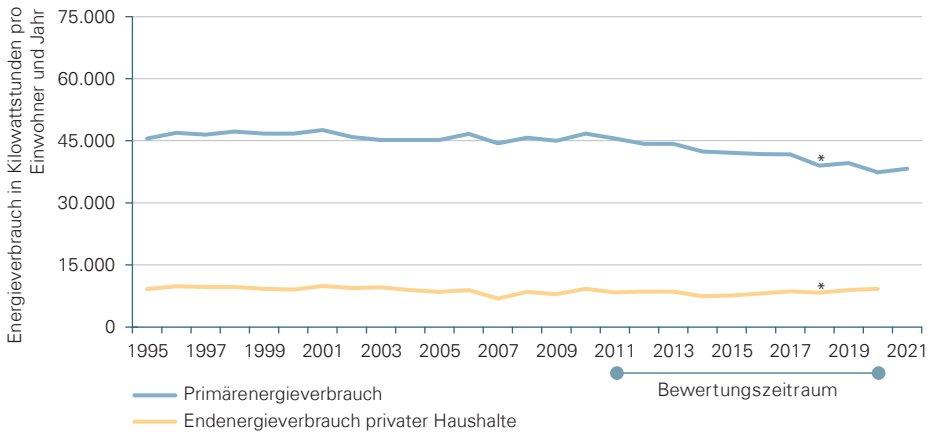
### Emissionen sinken deutlicher als der Energieverbrauch

Ein wichtiger Erfolg der vergangenen Jahrzehnte ist auch die Entkopplung von Emissionen und Energieverbrauch. Das heißt, die Emissionen von Kohlendioxid und anderen luftverunreinigenden Stoffen haben sich günstiger entwickelt als der Energieverbrauch. Gründe hierfür sind u. a. die Bereitstellung von Energie aus erneuerbaren Energiequellen.

## Entwicklung des einwohnerbezogenen Primärenergieverbrauchs und des Endenergieverbrauchs privater Haushalte in Bayern seit 1995

(Definition: Seite 115)

Aktueller Wert im Internet




*ab 2018: geänderte Erfassungsmethode; 2021 vorläufiger Wert
Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Statistik, Länderinitiative Kernindikatoren, Bayerisches Landesamt für Umwelt

| | |
|---|---|
| **Entwicklung** | Der →*Primärenergieverbrauch* je Einwohner hat in Bayern im aktuellen Bewertungszeitraum (2011 bis 2020) abgenommen. Beim →*Endenergieverbrauch* der privaten Haushalte ist im gleichen Zeitraum jedoch keine Abnahme zu verzeichnen. |
| **Ziel Bayern** | Bayerisches Energieprogramm: Verringerung des Primärenergieverbrauchs bis 2025 gegenüber 2010 um 10 Prozent. |
| **Ziel Vereinte Nationen** | Ziel 7: Zugang zu bezahlbarer, verlässlicher, nachhaltiger und moderner Energie für alle sichern (siehe Seite 7). |






### Weiterführende Links und Verweise

- Energiedaten Bayern (22)
- Bayerisches Aktionsprogramm Energie (23)
- www.liki.nrw.de (13)


- Kohlendioxidemissionen: Seite 30
- Erneuerbare Energien: Seite 34
- Ressourcenproduktivität: Seite 108



Indikator zur Energie

# Erneuerbare Energien

## Bioenergie, Photovoltaik, Wasserkraft, Geothermie und Windenergie: wichtige Bausteine der Energieversorgung.

Die Nutzung erneuerbarer Energien leistet einen wertvollen Beitrag zur nachhaltigen Energieversorgung und schont die natürlichen Ressourcen. Allerdings kann auch diese Form der Energiegewinnung einen sparsamen und effizienten Umgang mit Energie nur ergänzen, aber nicht ersetzen.

### Anteil der erneuerbaren Energien hat sich versechsfacht

2021 betrug der Anteil erneuerbarer Energien am →*Primärenergieverbrauch* in Bayern laut Schätzung rund 22 Prozent. Er hat sich damit seit 1990 mehr als versechsfacht. Der Anteil erneuerbarer Energien am →*Endenergieverbrauch* lag bei 25,1 Prozent und ihr Anteil am Stromverbrauch betrug 45,0 Prozent.

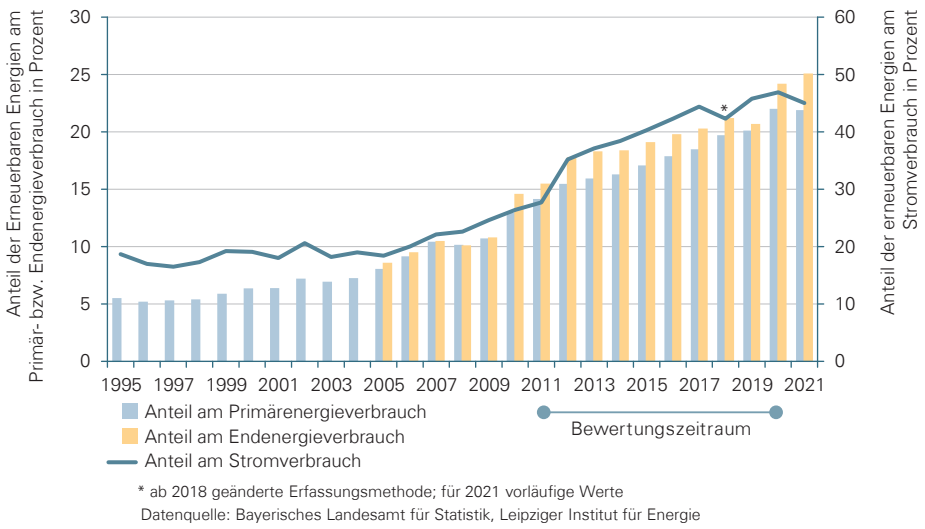
Beim Anteil der erneuerbaren Energien am Primärenergieverbrauch hatte 2020 die →*Bioenergie* mit rund 65 Prozent den größten Anteil, gefolgt von Sonnenenergie mit rund 15 Prozent und Wasserkraft mit gut 10 Prozent. Windenergie kommt auf einen Anteil von rund 5 Prozent und →*Geothermie/Umweltwärme* ebenfalls auf rund 5 Prozent.

### Umbau der Energieversorgung ist Schlüsselaufgabe

Im Bewusstsein der energiepolitischen Herausforderungen und in Verantwortung für Menschen und Wirtschaft im Freistaat beschloss der Ministerrat am 17. Mai 2022 den Bayerischen Energieplan. Danach soll beispielsweise die Stromerzeugung aus Solarenergie bis 2030 von heute 13 TWh auf 40 TWh verdreifacht werden und ein Zuwachs von mindestens 800 bis 1.000 Windkraftanlagen in den nächsten Jahren erfolgen. 2021 betrug der Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung insgesamt 48,0 Prozent.

Der →*Energie-Atlas Bayern* hilft Kommunen und Unternehmen dabei, konkrete Möglichkeiten für den Ausbau der einzelnen Erzeugungsarten zu erschließen.

## Entwicklung des Anteils erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch und Endenergieverbrauch sowie am Stromverbrauch in Bayern




* ab 2018 geänderte Erfassungsmethode; für 2021 vorläufige Werte
Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Statistik, Leipziger Institut für Energie

(Definition: Seite 115)

Aktueller Wert im Internet

| | |
|---|---|
| **Entwicklung** | Der Anteil erneuerbarer Energien hat in Bayern im aktuellen Bewertungszeitraum (2011 bis 2020) stetig zugenommen. |
| **Ziel Bayern** | Ministerratsbeschlüsse im Jahr 2022:<br>■ Strom aus erneuerbaren Energien: 78 TWh bis 2030<br>■ Photovoltaik: 40 GW bis 2030<br>■ Zubau von mindestens 800 – 1000 Windenergieanlagen in den nächsten Jahren (rund 6,6 GW)<br>■ Biomasse: 2,2 GW bis 2030<br>■ Deckung von 25 Prozent des → *Gebäudewärmebedarfs* aus → *Geothermie* bis 2050 |
| **Ziel Vereinte Nationen** | Ziel 7: Zugang zu bezahlbarer, verlässlicher, nachhaltiger und moderner Energie für alle sichern (siehe Seite 7). |

7 BEZAHLBARE UND SAUBERE ENERGIE

### Weiterführende Links und Verweise

- Energie-Atlas Bayern (24)
- Bayerisches Klimaschutzprogramm (25)
- Beschlüsse zum Bayerischen Energieplan in den Kabinettssitzungen vom 17.05.2022, 06.09.2022 und 13.12.2022 (26)
- www.liki.nrw.de (13)


- Kohlendioxidemissionen: Seite 30
- Energieverbrauch: Seite 32
- Ressourcenproduktivität: Seite 108



Blickpunkt

# UmweltAtlas zeigt Geogefahren

**Durch den Klimawandel nimmt die Gefahr von Steinschlag, Felssturz oder Rutschungen zu. Über die Gefahrenhinweiskarte können sich Bürgerinnen und Bürger informieren.**

*Große Felsbrocken haben erhebliches Zerstörungspotenzial. Im Bild wurde der Fels von einem Baum im Bergwald gebremst.*



Durch Geogefahren entstehen in Bayern immer wieder erhebliche Sachschäden an Gebäuden und Straßen. So stürzte im Februar 2022 bei Bad Berneck auf einer Fläche von 15 mal 15 Metern eine knapp drei Meter dicke Felsschicht auf die Bundesstraße B303. Die Straße blieb drei Wochen lang gesperrt und es musste ein Damm zum Schutz vor weiteren Stürzen errichtet werden. Im Oktober 2022 ereignete sich in Pfronten ein Hangrutsch auf zehn Metern Breite und mit 25 Metern Länge direkt unterhalb eines Wohnhauses infolge anhaltender Regenfälle.

Solche Sturzprozesse können überall dort auftreten, wo steile Hänge vorkommen. Dabei ist das Schadenspotenzial bei Sturzprozessen durch das plötzliche Auftreten und die hohe Energie der herabstürzenden Gesteinsfragmente oft hoch. Auch vermeintlich kleine Blöcke können dabei schon großen Schaden anrichten. Weniger offensichtlich ist die Gefahr durch Rutsch-Ereignisse. Solche Prozesse finden meist langsamer statt. Doch auch →*Rutschungen* können, erhebliche Schäden anrichten und hohe Kosten verursachen, insbesondere mit Blick auf die Zunahme von →*Starkregenereignissen* oder lang anhaltenden Niederschlägen in Folge des Klimawandels. Selbst in flachem Gelände kann der Boden einbrechen, wenn im Untergrund Hohlräume vorhanden sind. Solche Ereignisse sind kaum vorhersagbar, jedoch zeigt die Erfahrung, dass Ereignisse meist dort auftreten, wo bereits Ähnliches geschehen ist.

Nicht immer ist man sich der potenziellen Geogefahren bewusst. Problematisch wird es immer dann, wenn Geogefahren Infrastruktur, Gebäude oder gar Personen betreffen. Eine Sitzbank oder ein Spielplatz gehören nicht in den steinschlaggefährdeten Bereich, genauso wenig sollte dort der Neubau eines Wohnhauses geplant werden. Dass unterhalb einer steilen Felswand die Gefahr von Steinschlag besteht, mag noch relativ offensichtlich erscheinen. Ob jedoch beispielsweise ein Baugrundstück auf einem Rutschkörper liegt oder in der Umgebung lösungsfähige Gesteine im Untergrund vorkommen, ist besonders für den Laien nicht ohne Weiteres zu erkennen. Daher ist die Berücksichtigung von Geogefahren in der Planungsphase besonders wichtig.

### Online-Gefahrenhinweiskarte im UmweltAtlas Bayern

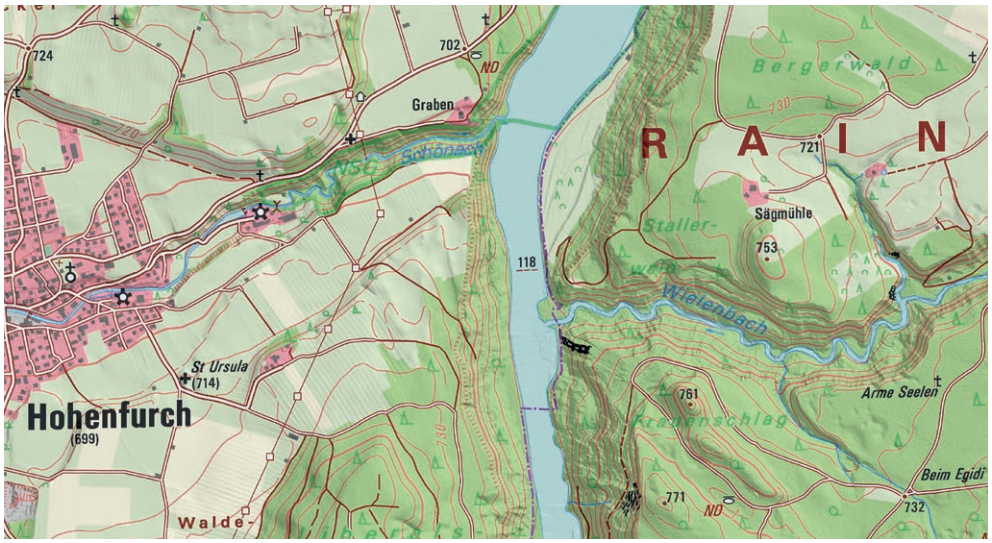
Die Gefahrenhinweiskarte, die das Landesamt für Umwelt im Rahmen des UmweltAtlas Bayern online zur Verfügung stellt, zeigt Bereiche auf, in denen bereits Ereignisse stattgefunden haben (z. B. →*Rutschung*, →*Erdfall*), und weist Gebiete aus, in denen potenziell mit Geogefahren zu rechnen ist (zum Beispiel Steinschlagbereiche an steilen Hängen). Als großräumige Übersichtskarte dient sie dem Erkennen von Gefahrenbereichen. Damit lassen sich gezielt präventive Maßnahmen planen, um Gefahren zu mindern oder zu vermeiden. Möglich sind technischer Schutz, eine angepasste Nutzung sowie ein angepasstes Verhalten. Fachleuten aus der Baubranche dient die Gefahrenhinweiskarte Bayern als Planungshilfe, ein Blick in die Karte sollte Bestandteil einer zeitgemäßen nachhaltigen →*Bauleitplanung* sein. Im Rahmen des Projektes „Georisiken im Klimawandel" soll die Gefahrenhinweiskarte flächendeckend für ganz Bayern bis Ende 2025 fertiggestellt werden. Derzeit sind bereits für 50 Prozent der Landesfläche Bayerns digitale Informationen über Geogefahren abrufbar. Das Projekt ist wesentlicher Bestandteil der Maßnahme „Georisiken, Georisk-Kataster" im 100-Punkte-Maßnahmenpaket der Klimaschutzoffensive des Bayerischen Klimaschutzgesetzes.

### So werden Geländedaten großflächig erfasst

Das Erfassen von Geogefahrenbereichen erfolgt beispielsweise mit Hilfe von Laserscan-Daten aus Befliegungen, gleichzeitig ist die Arbeit im Gelände vor Ort ein wichtiger Bestandteil der Datenerhebung. Mit Hilfe eines Schattenbildes lassen sich am Computer Strukturen wie Rutschungen oder Erdfälle erkennen. Es ist jedoch nicht immer möglich, beispielsweise →*Dolinen* und Erdfälle von menschengemachten Strukturen wie Bombenkratern oder Abbauflächen zu unterscheiden. Ohne eine Geländebegehung besteht daher die Schwierigkeit, die Objekte richtig einzuschätzen. Bei Rutschungen sind es gerade die Anzeichen im Gelände wie Zerrspalten im Boden oder die Art und Ausbildung des Bewuchses, die auf anhaltende Bewegungen hinweisen.

Eine Herausforderung beim Erstellen solcher Gefahrenkarten liegt in der Bewältigung der großen Flächen. Einerseits sollen möglichst alle Objekte erfasst werden, andererseits können nicht alle im Gelände begutachtet werden. In solchen Fällen sind →*fernerkundliche Methoden* ein wichtiges Werkzeug. Hier bedarf es einer fachlichen Einschätzung und Abwägung, welche Objekte mit welchen Methoden bearbeitet werden.

↓ Beobachtung von Hangbewegungen (27)




*Die Überlagerung von Geländemodell und topographischer Karte zeigt: Hier befinden sich Steilhänge, die rutschungsgefährdet sind.*

## Gefahrenbereiche meiden: So kann man sich am besten schützen

Die Gefahrenhinweiskarte kann einen Beitrag zum Schutz vor Geogefahren leisten. Durch Ausweitung der Siedlungsflächen und bei wachsender Zahl an Geogefahrenereignissen aufgrund des Klimawandels sinken die Ausweichmöglichkeiten für Neuplanungsprojekte in gefährdeten Regionen. Dies kann zu Interessenskonflikten führen.

↓ Bayerischer Gletscherbericht (28)

Die Gefahrenhinweiskarte zeigt Bereiche auf, die gegebenenfalls von Geogefahren betroffen sein könnten. Sie ist jedoch nicht rechtsbindend und kann Neuplanungen nicht verhindern. Ob und inwiefern in der konkreten Situation vor Ort eine Gefährdung vorhanden ist, ist darüber hinaus im Zweifelsfall noch einmal genau zu prüfen.

Bei bestehenden Gebäuden stellt sich die Frage,ob Schutzmaßnahmen möglich und sinnvoll sind, bei Neuplanungen ist zu entscheiden, ob geeignete Schutzvorkehrungen erfolgen sollen, oder ob man nicht doch lieber auf einen anderen Bauplatz ausweicht. In steinschlaggefährdeten Bereichen empfehlen Experten in der Regel, von einem Neubau abzusehen.

In jedem Fall müssen die Schutzmaßnahmen sinnvoll und auch technisch umsetzbar sein. Vielerorts leisten sie gute und wichtige Dienste. Sie sind jedoch zumeist teuer und oft aufwendig zu warten und zu pflegen. Im Extremfall können auch sie keine hundertprozentige Sicherheit bieten. Die nachhaltigste Strategie, um sich zu schützen, ist es, Gefahrenbereiche zu meiden.

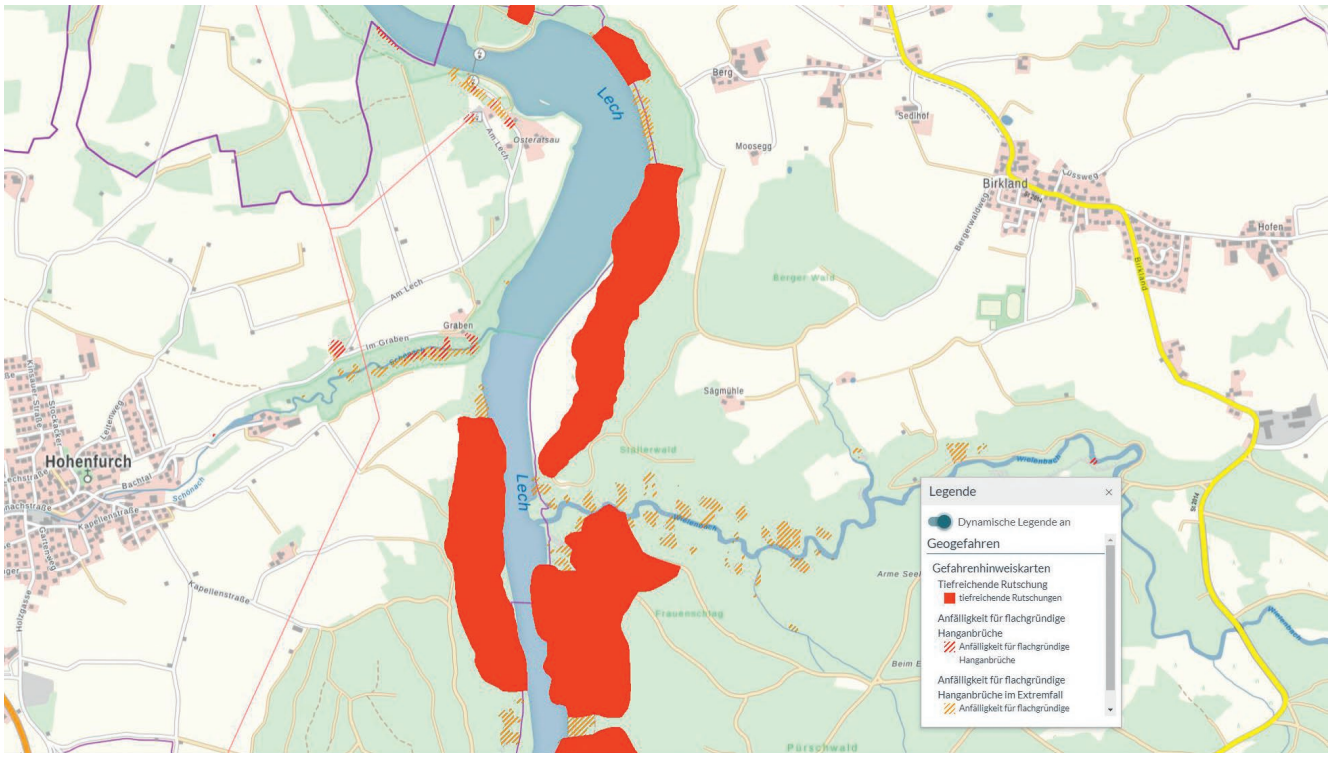


*Auch kleine Felsstürze können zu hohen finanziellen Schäden führen. Im Zweifelsfall raten Experten von Neubauten im Gefahrenbereich ab.*

**Bestehen bei mir Geogefahren?**
Ob und wo sich Geogefahren in Bayern befinden, lässt sich im Internet kostenlos recherchieren. Der UmweltAtlas Bayern des Landesamtes für Umwelt (LfU) ist ein Online-Kartendienst und kann unter www.umweltatlas.bayern.de abgerufen werden. Er beinhaltet neben der Darstellung von potenziell gefährdeten Bereichen (Gefahrenhinweisflächen) auch Informationen zu bereits stattgefundenen Ereignissen (GeoriskObjekte). Des Weiteren lässt sich mit Klick in die Karte ein PDF der Standortauskunft Geogefahren erstellen. Diese beinhaltet alle derzeit vorhandenen Informationen zu Gefahrenhinweisflächen sowie Beschreibungen zu Georisk-Objekten für den gewählten Standort. Diese Informationen ersetzen zwar kein geotechnisches Fachgutachten, jedoch geben sie einen ersten Hinweis auf die individuelle Situation vor Ort.

↓ UmweltAtlas Bayern (29)

*Ausschnitt aus der Gefahrenhinweiskarte im UmweltAtlas Bayern: Auf Höhe von Hohenfurch sind umfangreiche → Rutschungsflächen östlich und westlich des Lechs angezeigt. An den zufließenden Bächen zeigen sich Anfälligkeiten für Hangbrüche.*





# NATUR UND LANDSCHAFT

**im Gespräch mit** Prof. Dr. Carl Beierkuhnlein

**Indikatoren zu** Landschaft und Biodiversität
Wald
Offenland
Agrarland
Gewässer

**Blickpunkt zu** Niedrigwasser durch Klimawandel



Eine intakte Natur ist die Grundlage unserer Existenz. Wir leben in, mit und von der Natur. Sie zeigt sich in vielfältigen Ökosystemen mit einer Fülle von Tieren, Pflanzen, Pilzen und Mikroorganismen.

Doch Naturschutz darf nicht nur in vereinzelten naturnahen Gebieten stattfinden. Vielmehr sind flächendeckende Schutzmaßnahmen nötig. Nur so können wir sensible Ökosysteme und damit die Grundlage unserer Lebensqualität und Gesundheit bewahren. Neben einer nachhaltigen Land-, Forst- und Wasserwirtschaft ist dabei auch der Beitrag jeder und jedes Einzelnen gefragt.



**Professor Dr. Carl Beierkuhnlein**
ist Inhaber des Lehrstuhls für Biogeografie an der Universität Bayreuth. Er erforscht, wie Ökosysteme funktionieren und auf geänderte Bedingungen reagieren. Als Mitglied des Biodiversitätsrats Bayern berät er das Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz.

Im Gespräch

# Das Wasser muss in der Landschaft bleiben!

**Niedrigwasser, hohe Temperaturen und zu viel Nährstoffeintrag – Ökosysteme am und um Fließgewässer sind gefährdet. Professor Dr. Carl Beierkuhnlein beschäftigt sich unter anderem intensiv mit einem ganz besonderen Lebensraum: der Quelle.**

**Warum interessiert Sie im Rahmen Ihrer Forschungsarbeiten ausgerechnet so ein kleines Ökosystem wie die Quelle?**
An vielen Quellen finden sich noch Ökosysteme, die weitgehend unbeeinflusst von menschlichen Einflüssen sind. Wir können dort den Zustand der Natur direkt ablesen.

**Sie bezeichnen Quellen als Frühwarnsystem auch in Bezug auf den Klimawandel. Bitte erklären Sie uns das.**
Die Organismen, die in und an einer Quelle leben, sind ganz eng an die Lebensbedingungen dort gebunden. Sie reagieren extrem sensibel auf Veränderungen, beispielsweise der Wassertemperatur, des Säuregehalts oder der im Wasser gelösten Stoffe. Zwei Meter weiter findet man sie schon nicht mehr – sie sind nicht in der Lage, sich anzupassen.
Quellen sind ein besseres Messinstrument als jede Wetterstation, weil sie sich mitten in Ökosystemen befinden und deren thermische und →*hygrische* Eigenschaften aufzeigen. Wir konzentrieren uns in unserer Forschung auf das Erfassen aller auftretenden Pflanzen, inklusive der Moose. Tiere sind für die Untersuchungen nicht so gut geeignet, denn sich treten zumeist nicht ganzjährig dort auf.

**Welche Veränderungen an Quellen registrieren Sie?**
Die Messungen zeigen zunehmende Schwankungen bei den Wassermengen. Vermehrt fallen viele Quellen und die daran anschließenden Fließgewässer sogar komplett trocken. Die quelltypischen Arten werden in der Folge durch sogenannte ruderale Arten ersetzt, also Pflanzen, die natürlicherweise sonst auf Brachflächen oder an Wegrändern vorkommen. Das ist ein ganz neues Phänomen – erschreckend, wenn man bedenkt, dass so eine Entwicklung in Tausenden von Jahren sehr wahrscheinlich nicht stattgefunden hat. Auch die Temperaturen des Quellwassers erhöhen sich. Im Wasser löst sich dadurch weniger Sauerstoff, der für die Lebewesen wichtig ist. Wir kennen außerdem eine Vielzahl an stofflichen Belastungen.

**Sie plädieren für ein proaktives Wassermanagement. Was ist gemeint?**
Die Umweltverwaltung und die Landwirtschaft sollten das gesamte Einzugsgebiet eines Flusses als ein System betrachten,

inklusive der Kleinstgewässer, Feuchtgebiete, und landwirtschaftlichen Nutzflächen – das ist ein Denkansatz, für den wir immer wieder werben müssen. In den kleinen Oberläufen passiert schon ganz viel, was die Flussdynamik und die Ökologie in den Unterläufen beeinflusst. Wasser lässt sich bis hinauf ins Quellgebiet im Boden zurückhalten, sodass es erst nach und nach abfließt. Damit mildern wir die großen Schwankungsbreiten im Abfluss ab und sorgen für Grundwasserneubildung in Zeiten, in denen sich ein künftiger Wassermangel abzeichnet. In den vergangenen Jahrzehnten hat man Flussläufe kanalisiert, Bäche verrohrt und Regenwasser so schnell wie möglich in den Fluss abgeleitet. Es darf aber nicht darum gehen, Wasser abzutransportieren. Das Gegenteil ist richtig: Das Wasser muss in der Landschaft bleiben!
So etwas gut hinzubekommen ist nicht trivial und lässt sich vor allem nicht ausschließlich durch teure ingenieurtechnische Baumaßnahmen lösen. Stattdessen brauchen wir Landschaftsökologen und Landschaftspfleger, die das Abflussgeschehen analysieren und das Zusammenspiel mit der Ökologie berücksichtigen.

### Wie kann ein solches Wassermanagement gelingen?

Wir müssen die Täler und Talauen als Umfeld der Fließgewässer stärker in den Fokus rücken. Auen nehmen bei Hochwasser Wasser auf, sie wirken wie ein Schwamm. Das gespeicherte Wasser wird erst nach und nach wieder abgegeben und steht den Bächen und Flüssen zur Verfügung, wenn mal wieder eine niederschlagsarme Zeit herrscht. Wir können Städte vor Überschwemmungen schützen, wenn wir Gebiete so entwickeln, dass sie die Schwammwirkung der Landschaft verstärken. Die Auen gewährleisten die zeitliche Kontinuität im Lebensraum unserer Fließgewässer und sie schützen unsere Siedlungen und auch Menschenleben. Dieses Anliegen ist natürlich sehr konfliktbeladen, denn die Täler sind verständlicherweise für uns Menschen auch prioritäre Flächen, in denen Siedlungsinfrastrukturen und Industriegebiete angesiedelt sind. Genau dort liegen aber die Gebiete, die wir eigentlich bräuchten, um wieder Auwälder entstehen zu lassen. Hier benötigt es einen offenen gesellschaftlichen Diskurs mit allen Beteiligten, um zu tragfähigen, nachhaltigen, zukunftsfähigen und akzeptierten Lösungen für unser Wassermanagement zu kommen.

### Werden diese Erkenntnisse in der gesellschaftlichen Diskussion Ihrer Meinung nach ausreichend gewürdigt?

In unserer Gesellschaft mangelt es trotz eines hohen Bildungsstandards an der Übersetzung von Wissenschaft in die Politik beziehungsweise in die verschiedenen gesellschaftlichen Gruppen. Für Journalisten sind unsere Erkenntnisse im Zusammenhang mit Umweltthemen oft zu komplex, gleichzeitig verstehen wir als Wissenschaftler oft nicht, welche Sprache wir sprechen müssen, um verstanden zu werden. Genau das wäre aber wichtig, denn politische Akteure handeln leider oft erst dann, wenn Themen in der Gesellschaft angekommen sind, verstanden und nachgefragt werden

> „In unserer Gesellschaft mangelt es trotz hohen Bildungsstandards an der Übersetzung von Wissenschaft in die Politik.“

### Was liegt Ihnen im Rahmen Ihrer Tätigkeit besonders am Herzen?

Noch viel wichtiger als meine Forschungstätigkeit erscheint es mir, bei jungen Menschen eine solche Faszination für diese Themen auszulösen, dass sie ihren Beitrag dazu leisten möchten, die Probleme der Zukunft in Angriff zu nehmen und Lösungen zu finden. Sie sollen sich nicht als Opfer fühlen, sondern ihre Handlungsoptionen erkennen, um selbst aktiv zu werden und ihren individuellen Beitrag zu leisten. Wir könnten zwanzigmal so viele Studierende im Umweltbereich und den damit verwandten Fächern gebrauchen, die Herausforderungen, die Aufgaben und die Arbeitsstellen dafür sind da.



Indikator zu Landschaft und Biodiversität

# Landschaftszerschneidung

## Unzerschnittene, verkehrsarme Räume – wichtig für Mensch und Natur.

Wege und Felder, Almen und Wälder: Die heutige Landschaft wurde über viele Jahrhunderte vom Menschen geprägt. Sie bietet nicht nur uns Lebensraum, sondern beheimatet auch eine vielfältige Tier- und Pflanzenwelt.

Doch die wachsende Zahl besiedelter Flächen und Verkehrswege verkleinert, zerteilt und isoliert Lebensräume von Tieren und Pflanzen. Das gefährdet insbesondere Tierarten, die ausgedehnte Räume benötigen. Die Zerschneidung verändert auch unverwechselbare Landschaftsbilder und Zeugnisse der menschlichen Kulturgeschichte. Zudem erhöht vor allem der Ausbau von Verkehrswegen die Lärmbelastung in den betroffenen Gebieten. Dadurch sinkt auch der Erholungswert der Landschaften. Unzerschnittene und andere wenig gestörte Gebiete sind deshalb für Mensch und Umwelt gleichermaßen wertvoll.

### Ab wann gilt ein Gebiet als unzerschnitten und störungsarm?

Diese Kriterien erfüllen Landschaften von mehr als 100 Quadratkilometer Größe, die nicht durch Straßen mit einer Verkehrsstärke von über 1.000 Fahrzeugen im Tagesmittel zerschnitten sind.

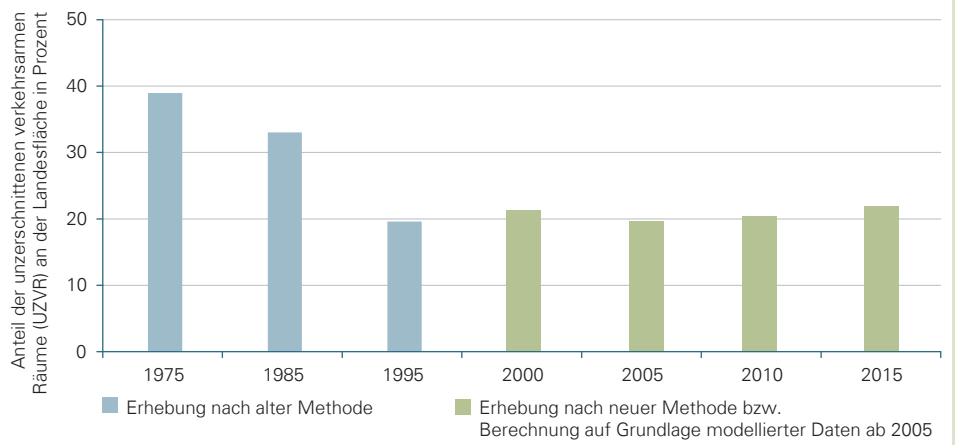
Beispielsweise spielen ausgedehnte Waldlandschaften wie der Spessart oder der Bayerische Wald hierbei eine wichtige Rolle.

In Bayern bilden unzerschnittene Flächen ein gedachtes Netz mit einer mittleren Maschengröße von rund 75 Quadratkilometern. Je geringer dieser Wert, desto höher ist der Grad der Zerschneidung eines Landes. Bayern liegt damit unter dem Bundesdurchschnitt von 80 Quadratkilometern.

### Erhalt von Korridoren

Die bayerische Regierung hat sich daher zum Ziel gesetzt, die wenigen störungsarmen Räume, die heute noch im Freistaat vorhanden sind, zu erhalten und den bayerischen Biotopverbund unter Einbeziehung von „Natur auf Zeit"-Flächen zu stärken. Darüber hinaus hilft zum Beispiel der Bau sogenannter Grünbrücken, durch Verkehrswege getrennte Lebensräume wieder zu verbinden. Tiere können Straßen oder Bahnstrecken auf diesem Wege gefahrenlos überqueren.

## Entwicklung des Anteils unzerschnittener verkehrsarmer Räume über 100 Quadratkilometer an der Landesfläche Bayerns seit 1975




Durch methodische Unterschiede in der Erhebung Berechnung der UZVR ab 2000 und der ab 2005 erstmalig modeltechnisch ermittelten Verkehrsbelastung ergeben sich ab 2000 Abweichungen von rund 3 Prozent.
Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt, Bundesamt für Naturschutz

(Definition: Seite 116)

Aktueller Wert im Internet*

** Die für das Jahr 2020 geplanten Datenerhebungen konnten aufgrund der Coronamaßnahmen in den Jahren 2020 und 2021 nicht stattfinden und befinden derzeit in Vorbereitung. Sobald neue Daten zur Verfügung stehen, werden diese an dieser Stelle im Internet veröffentlicht.*

| | |
|---|---|
| **Entwicklung** | Der Anteil unzerschnittener, verkehrsarmer Räume mit einer Größe von über 100 Quadratkilometern hat in Bayern von 1975 bis 1995 etwa um die Hälfte abgenommen. Zwischen 1995 und 2015 konnte ihr Anteil mit rund 22 Prozent der Landesfläche (2015) weitgehend erhalten werden. |
| **Ziel Bayern** | Bayerische Biodiversitätsstrategie: Die derzeitigen von öffentlichen Straßen unzerschnittenen, verkehrsarmen Räume über 100 Quadratkilometer stellen einen hohen ökologischen Wert dar, deren Erhalt anzustreben ist. |
| **Ziel Vereinte Nationen** | Ziel 15: Landökosysteme schützen, wiederherstellen und ihre nachhaltige Nutzung fördern, Wälder nachhaltig bewirtschaften, Wüstenbildung bekämpfen, Bodendegradation beenden und umkehren und dem Verlust der biologischen Vielfalt ein Ende setzen (siehe Seite 7). |

### Weiterführende Links und Verweise

- Landschaftszerschneidung in Bayern (30)
- Information zu unzerschnittenen, verkehrsarmen Räumen (LfU) (31)
- Konzept für Wildtierkorridore (32)
- Informationen zu Wildtierkorridoren (33)
- www.liki.nrw.de (13)


- Flächen für Naturschutzziele: Seite 50
- Flächenverbrauch: Seite 100



Indikator zu Landschaft und Biodiversität

# Artenvielfalt und Landschaftsqualität

## Schutz der Artenvielfalt durch Schutz der Lebensräume.

Tiefgreifende Veränderungen der Landschaften führten in der Vergangenheit dazu, dass viele Lebensräume an Fläche und Qualität verloren haben. Dadurch ist auch die Vielfalt der Tier- und Pflanzenarten zurückgegangen.

### Rückgang der Indikatorarten

Stellvertretend zeigt sich dies an den Beständen ausgewählter Vogelarten. Diese Indikatorarten repräsentieren jeweils die wichtigsten Lebensräume der Normallandschaft in Bayern: Agrarland (z. B. Kiebitz), Wälder (z. B. Buntspecht), Siedlungen (z. B. Rauchschwalbe) und Binnengewässer (z. B. Haubentaucher). Die Entwicklung verläuft in den einzelnen Lebensraumgruppen zwar unterschiedlich, weist jedoch in Bayern wie in ganz Europa bis zur Jahrtausendwende einen deutlichen Rückgang auf. Am stärksten betroffen sind Arten der Agrarlandschaften wie die Feld- und Wiesenbrüter. Einst weit verbreitete und häufige Bewohner, zum Beispiel Kiebitz und Rebhuhn, haben im Bestand stark abgenommen oder sind gebietsweise ganz verschwunden.

Experten haben für jede Vogelart eine Bestandsgröße festgelegt, die bis 2030 erreicht werden sollte, um die Art zu erhalten. Diese Bestandsgrößen wurden einem Zielwert von 100 Prozent gleichgesetzt. Die tatsächlich gemessenen Bestandswerte lassen sich hierzu ins Verhältnis setzen und machen so die Entwicklung verschiedener Arten vergleichbar. Die Bestände der Indikatorarten haben sich zwischen 1960 und 2001 mehr als halbiert. Seither hat sich der Bestand der Arten des Agrarlandes im Durchschnitt der letzten fünf Jahre auf rund 58 Prozent des Zielwertes eingependelt, bei Arten der Wälder auf rund 85 Prozent. Bei der letztgenannten Gruppe deutet sich bereits eine positive Entwicklung an. Weitere Anstrengungen zur Verbesserung der Lebensräume im → *Offenland* sind dringend erforderlich.

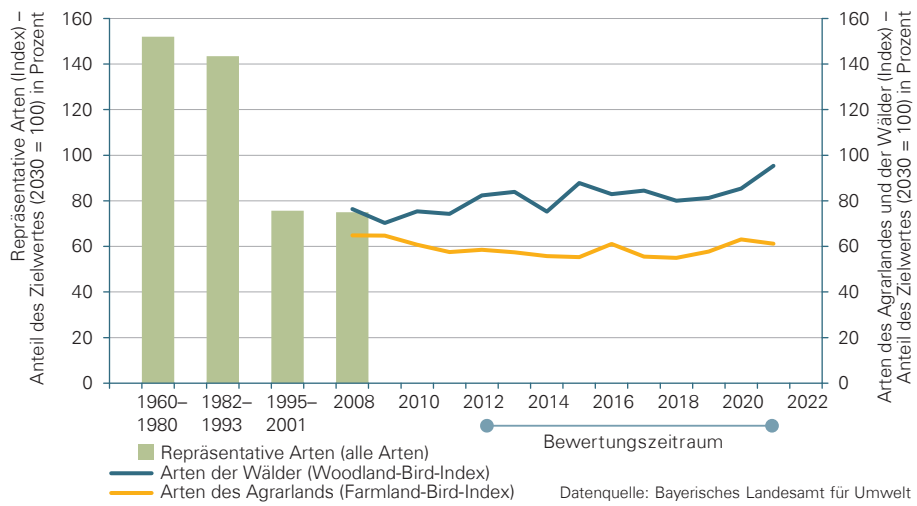
### Naturoffensive Bayern und Volksbegehren Plus

Seit 2018 werden seitens der Staatsregierung zahlreiche Leuchtturmprojekte erfolgreich gefördert, die sich für den Schutz von Lebensräumen und den Erhalt des Artenreichtums einsetzen. Durch die 2019 erfolgte Gründung des Bayerischen Artenschutzzentrums und des Biodiversitätszentrums Rhön bekommt der Naturschutz in Bayern zusätzliche Expertise und weiteres Gewicht.

## Bestandsentwicklung ausgewählter Vogelarten in Bayern seit 1960 und Entwicklung der Wald- und Agrarlandarten seit 2008

(Definition: Seite 116)

Aktueller Wert im Internet




| | |
|---|---|
| **Entwicklung** | Die Bestände von Vogelarten bayerischer Landschaften haben sich zwischen 1960 und 2001 mehr als halbiert. Im Bewertungszeitraum seit 2012 zeigen sowohl die Bestände der Agrarlandarten als auch die Vogelarten der Wälder eine indifferente Entwicklung auf unterschiedlichen Niveaus. |
| **Ziel Bayern** | Bayerisches Naturschutzgesetz: Bayern schafft ein Netz räumlich oder funktional verbundener Biotope (Biotopverbund), das bis zum Jahr 2023 mindestens 10 Prozent, bis 2027 mindestens 13 Prozent und bis 2030 mindestens 15 Prozent → *Offenland* der Landesfläche umfasst. |
| **Ziel Vereinte Nationen** | Ziel 15: Landökosysteme schützen, wiederherstellen und ihre nachhaltige Nutzung fördern, Wälder nachhaltig bewirtschaften, Wüstenbildung bekämpfen, Bodendegradation beenden und umkehren und dem Verlust der biologischen Vielfalt ein Ende setzen (siehe Seite 7). |

### Weiterführende Links und Verweise

- Übereinkommen über die Biologische Vielfalt (34)
- Vogelmonitoring (35)
- Brutvögel in Bayern (36)
- Brutvogelatlas (37)
- Bericht zur Lage der Natur (3)
- www.liki.nrw.de (13)
- Klimawandel und Vegetationsentwicklung: Seite 26
- Arten der Roten Liste: Seite 48
- Flächen für Naturschutzziele: Seite 50
- Ökologische Landwirtschaft: Seite 96



Indikator zu Landschaft und Biodiversität

# Arten auf der Roten Liste

## Trendwende bei den gefährdeten Arten herbeiführen.

Mit Beginn des Industriezeitalters und insbesondere ab Mitte des 20. Jahrhunderts setzte ein starker Rückgang der Artenvielfalt ein. Vor allem in den früher →*extensiv genutzten* artenreichen →*Offenlandschaften* führten Nutzungsänderungen zu Verlusten unter Lebensräumen, Arten und Individuen. Zunehmend beeinflusst der Klimawandel die Zusammensetzung der heimischen Lebensgemeinschaften, indem er zahlreiche bayerische Ureinwohner zusätzlich gefährdet, einzelne, auch seltene Arten fördert oder zur Etablierung neuer Arten in Bayern führt.

### Anteil gefährdeter Tiere und Pflanzen

Die aktuellen →*Roten Listen* gefährdeter Tier- und Pflanzenarten spiegeln die überwiegend negative Entwicklung in den vergangenen Jahrzehnten deutlich wider. In Bayern konnte bis heute rund die Hälfte der etwa 35.000 heimischen Tiere nach ihrer Gefährdung beurteilt werden. 49 Prozent davon werden als gefährdet eingestuft.

Rund 1.000 der Tier- und Pflanzenarten gelten als ausgestorben oder verschollen. Die in den Roten Listen dokumentierte Gefährdungssituation der einzelnen Tier-, Pflanzen- und Pilzgruppen ist durchaus unterschiedlich. Besonders stark rückläufig mit überdurchschnittlich hohen Anteilen gefährdeter Arten sind beispielsweise Amphibien (60 Prozent), Tagfalter (59 Prozent) und Weichtiere, wie Schnecken und Muscheln (68 Prozent).

### Bayerns Artenhilfsprogramme

Bei den Arten, für die es in Bayern Artenhilfsprogramme oder besonders strenge Schutzkategorien gibt, hat sich die Bestandssituation teilweise erkennbar stabilisiert oder verbessert. Unterstützende Elemente sind hierbei zum Beispiel das →*Vertragsnaturschutzprogramm (VNP)* sowie die Landschaftspflege- und Naturpark-Richtlinien (LNRP). Allerdings beginnen bei manchen Arten andere Faktoren, wie zum Beispiel Klimaveränderungen, die erzielten Erfolge zu beeinträchtigen. Mit den Maßnahmen aus dem Volksbegehren Plus soll der Artenrückgang durch ein Plus in der Förderung, in der Beratung und beim Natur- und Artenschutz insgesamt gestoppt werden.

## Entwicklung des Anteils der gefährdeten Rote-Liste-Arten in Bayern seit 1970

(Definition: Seite 116)

Aktueller Wert im Internet




*Wert ist mit den vorhergehenden Erhebungen nicht direkt vergleichbar, da Methodik der Gefährdungseinschätzung und Umfang der bearbeiteten Artengruppen unterschiedlich sind.

Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt

| | |
|---|---|
| **Entwicklung** | Die →*Roten Listen* der gefährdeten Tier- und Pflanzenarten in Bayern sind unverändert umfangreich. Aufgrund methodischer Änderungen bei der Einstufung ist ein direkter Vergleich der Roten Listen vor und nach 2003 nicht möglich. Die scheinbare Verbesserung entspricht nicht der realen Situation. |
| **Ziel Bayern** | Bayerische Biodiversitätsstrategie: Fortschreitende Verluste von biologischer Vielfalt stoppen oder zumindest deutlich verlangsamen. |
| **Ziel Vereinte Nationen** | Ziel 15: Landökosysteme schützen, wiederherstellen und ihre nachhaltige Nutzung fördern, Wälder nachhaltig bewirtschaften, Wüstenbildung bekämpfen, Bodendegradation beenden und umkehren und dem Verlust der biologischen Vielfalt ein Ende setzen (siehe Seite 7). |

## Weiterführende Links und Verweise

- Rote Listen gefährdeter Tiere Bayerns (38)
- Förderprogramme des Naturschutzes (39)
- Portal Natur.Vielfalt.Bayern (40)


- Artenvielfalt und Landschaftsqualität: Seite 46
- Flächen für Naturschutzziele: Seite 50
- Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert: Seite 52



Indikator zu Landschaft und Biodiversität

# Flächen für Naturschutzziele

## Artenvielfalt braucht geschützte Flächen.

Der Wandel Bayerns vom traditionell bewirtschafteten Agrarland zum hoch entwickelten Industriestaat verändert Landschaft und Naturhaushalt tiefgreifend. Viele bedrohte Arten, wie zum Beispiel Feldhamster, Großer Brachvogel oder Bekassine, ganze Lebensgemeinschaften und deren Lebensräume sind für ihren Fortbestand auf entsprechende Flächen angewiesen, die nicht gedüngt oder intensiv bearbeitet werden. Sie überleben nur noch auf kleinen Restflächen.

### Ausweisung von Schutzgebieten

Ein wichtiges Instrument, um dieser Entwicklung entgegenzuwirken, kann neben der nachhaltigen und naturnahen Bewirtschaftung die Ausweisung von Schutzgebieten und Biotoptypen, also →*gesetzlich geschützten Flächen* sein. Sie helfen, Arten und Lebensräume zu schützen, die biologische Vielfalt zu bewahren und die Funktionen von Ökosystemen zu erhalten.

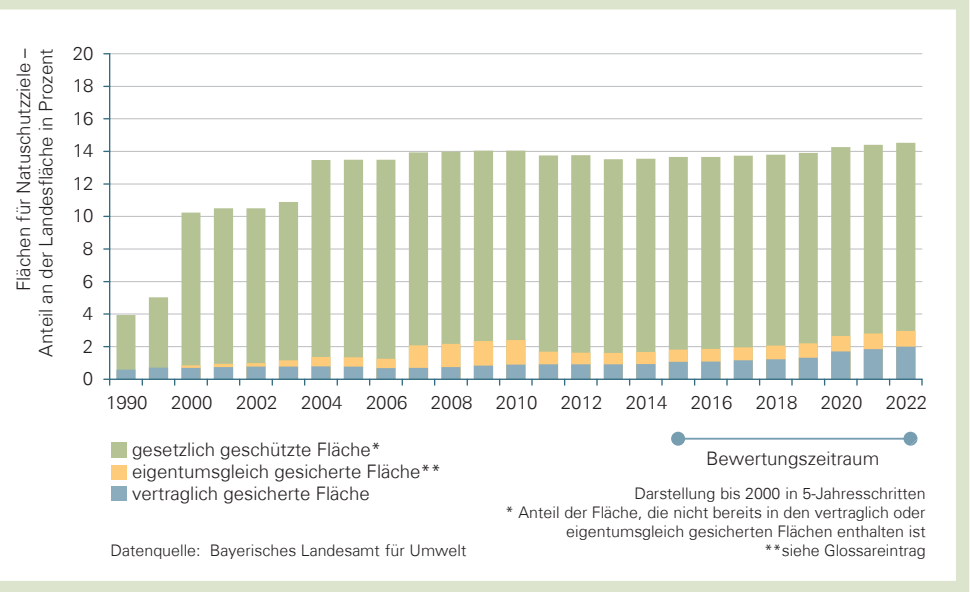
Dieselben Ziele verfolgen auch Kommunen und Naturschutzverbände durch den Erwerb ökologisch bedeutsamer Flächen. Wertvolle Gebiete werden oft mit Unterstützung des Bayerischen Naturschutzfonds oder mit EU-Fördermitteln im Rahmen spezieller Naturschutzprojekte angekauft. Ein weiterer wichtiger Baustein sind →*vertraglich gesicherte Flächen*, die über das staatlich geförderte →*Vertragsnaturschutzprogramm* nach den Vorgaben des Naturschutzes bewirtschaftet werden.

### Qualität und Vernetzung der Flächen sind ausschlaggebend

Nicht nur die Gesamtgröße der geschützten Flächen, sondern auch deren Qualität und Verbindung untereinander sind wichtige Voraussetzungen für erfolgreichen Biodiversitätsschutz. Deshalb kommt dem europäischen Netz von Schutzgebieten →*Natura 2000* und dem Ausbau des Biotopverbundes eine herausragende Bedeutung zu.

Anliegen des Naturschutzes mit den Schwerpunkten Biotopverbund und Optimierung von Schutzgebieten werden regional durch mittlerweile über 400 →*BayernNetzNatur*-Projekte umgesetzt. Gelungene Beiträge finden sich quer durch ganz Bayern von den „Wiesentälern im Hochspessart" über die „→*Kulturlandschaft* Günztal" bis zum „Magerrasenverbund im Oberland".

## Entwicklung des Anteils der für Naturschutzziele ausgewiesenen Flächen an der Landesfläche Bayerns seit 1990




(Definition: Seite 116)

Aktueller Wert im Internet

| | |
|---|---|
| **Entwicklung** | Der Anteil der Flächen in Bayern, die für Ziele des Naturschutzes ausgewiesen sind, hat im Zeitraum 2013 bis 2022 zugenommen, der Trend ist steigend. 2022 umfassten diese Flächen 14,5 Prozent der Landesfläche. |
| **Ziel Bayern** | Bayerisches Naturschutzgesetz: Bayern schafft ein Netz räumlich oder funktional verbundener Biotope (Biotopverbund), das bis zum Jahr 2023 mindestens 10 Prozent → *Offenland*, bis 2027 mindestens 13 Prozent und zum Jahr 2030 mindestens 15 Prozent Offenland der Landesfläche umfasst. |
| **Ziel Vereinte Nationen** | Ziel 15: Landökosysteme schützen, wiederherstellen und ihre nachhaltige Nutzung fördern, Wälder nachhaltig bewirtschaften, Wüstenbildung bekämpfen, Bodendegradation beenden und umkehren und dem Verlust der biologischen Vielfalt ein Ende setzen (siehe Seite 7). |






## Weiterführende Links und Verweise

- Schutzgebietskategorien nach Bundesnaturschutzgesetz und Bayerischem Naturschutzgesetz (41)
- BayernNetzNatur Projekte (42)
- Bayerischer Artenschutzbericht (43)
- Bericht zur Lage der Natur (3)
- www.liki.nrw.de (13)


- Landschaftszerschneidung: Seite 44
- Stickstoffüberschuss: Seite 58



Indikator zu Landschaft und Biodiversität

# Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert

## Landwirtschaftliche Flächen in Bayern sollen mehr zum Artenschutz beitragen.

Agrarlandschaften sind weitgehend von landwirtschaftlicher Nutzung geprägte →*Kulturlandschaften*. Um die biologische Vielfalt auf diesen Flächen zu bewahren, sind naturnahe Landschaftselemente wie Raine, Feuchtstellen, Hecken oder kleinere Gewässer sowie →*extensiv genutzte Flächen* von großer Bedeutung. Sie sollten daher unbedingt erhalten und ausgeweitet werden. Die systematische Erfassung von Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert (HNV-Farmland) ermöglicht es, zum Beispiel die Auswirkungen der Agrarpolitik auf die biologische Vielfalt auf landwirtschaftlichen Flächen aufzuzeigen. Auch die Folgen einer veränderten Nutzung der Flächen spiegeln sich in den Werten dieses Indikators wider.

Der Flächenanteil von Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert ist im Betrachtungszeitraum der Trendanalyse seit 2013 deutlich gestiegen. Diese Flächen können nach Nutzflächentypen bzw. Landschaftselementen unterschieden werden, in Bayern nimmt der Teilindikator Grünland mit fast 8 Prozent den quantitativ höchsten Anteil ein.

Artenreiches, extensiv bewirtschaftetes Grünland bietet Lebensraum für eine Vielzahl an Tier- und Insektenarten und hat daher eine hohe Bedeutung in der Agrarlandschaft.

### Kulturlandschaften erhalten

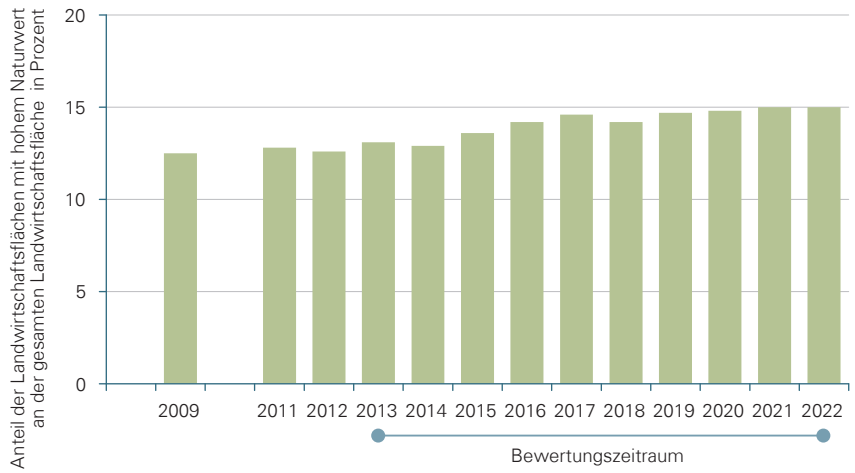
Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert, wie beispielsweise Streuobstflächen, sind aufgrund der Artenvielfalt und des Strukturreichtums oft landschaftsprägend. Maßnahmen, wie der 2021 geschlossene Streuobstpakt tragen dazu bei, diese wertvollen Kulturlandschaften zu erhalten und möglichst wieder zu begründen.

Das bayerische Kulturlandschaftsprogramm, das →*Vertragsnaturschutzprogramm* und der Ökologische Landbau tragen dazu bei, dass Landschaftselemente wie Hecken, Totholzansammlungen und Feldraine auf Dauer angelegt, gepflegt und geschützt werden. Daraus folgt auch, dass mehr Grünlandfläche seltener geschnitten und der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln weiter reduziert wird.

## Entwicklung der Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert in Bayern seit 2009

(Definition: Seite 116)

Aktueller Wert im Internet




Werte nach optimierter Berechnungsmethodik
Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt, Bundesamt für Naturschutz

| | |
|---|---|
| **Entwicklung** | Der Anteil der Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert in Bayern liegt nach der jüngsten Erhebung von 2022 bei 15 Prozent und steigt im Bewertungszeitraum (2013 bis 2022) signifikant an. Mit diesem Wert liegt Bayern über dem Bundesdurchschnitt von 13,4 Prozent. |
| **Ziel Bayern** | Bayerisches Naturschutzgesetz: Ausweitung von →*Vertragsnaturschutzflächen* und Ökolandbau, späte Mahd auf Grünflächen sowie Biotopverbund im →*Offenland*. |
| **Ziel Vereinte Nationen** | Ziel 15: Landökosysteme schützen, wiederherstellen und ihre nachhaltige Nutzung fördern, Wälder nachhaltig bewirtschaften, Wüstenbildung bekämpfen, Bodendegradation beenden und umkehren und dem Verlust der biologischen Vielfalt ein Ende setzen (siehe Seite 7). |

### Weiterführende Links und Verweise

- Monitoring der Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert (44)
- Biotopverbund in Bayern (45)
- Streuobstpakt (46)
- FlurNatur (47)
- www.liki.nrw.de (13)


- Flächen für Naturschutzziele: Seite 50
- Ökologische Landwirtschaft: Seite 96



Indikator zum Wald

# Waldzustand

## Baumkronen zeigen: Der Wald leidet unter den Folgen des Klimawandels.

Der Wald bietet Lebensraum für Pflanzen und Tiere, schützt vor Bodenabtragung, filtert Schadstoffe aus der Luft, speichert Wasser und dient dem Menschen als Rohstofflieferant und Erholungsort. Doch nur gesunde Wälder können diese Funktionen voll erfüllen. Ein wichtiger Indikator für die Vitalität und Leistungsfähigkeit des Ökosystems Wald ist der Kronenzustand der Bäume.

Dank der erfolgreichen Politik zur Luftreinhaltung in den letzten Jahrzehnten sind die Einträge von Schwefel in die bayerischen Wälder deutlich zurückgegangen. Der anhaltend hohe Eintrag von Stickstoffverbindungen verstärkt jedoch weiterhin die →*Versauerung* und →*Eutrophierung* der Waldböden. Ein weiterer Stressfaktor sind die durch den Klimawandel zunehmenden klimatische Extremereignisse wie Stürme oder wiederkehrend extrem heiße und trockene Sommer.

Außerdem verändern zunehmende Temperaturen und eine veränderte Niederschlagsverteilung die Standortbedingungen. Dadurch geraten an einigen Standorten Baumarten, die mit den bisherigen Klimabedingungen gut zurechtgekommen sind, an die Grenze ihres Toleranzbereichs. Hitze und Trockenheit begünstigen die Vermehrung von Schädlingen, die den Bäumen ebenfalls zusetzen. Der Kronenzustand hat sich daher in den beiden letzten Jahrzehnten verschlechtert.

### Anpassung der Wälder an den Klimawandel

Angesichts des Klimawandels müssen die Wälder an veränderte Witterungsverhältnisse angepasst werden. Die Fichte kommt mit steigenden Temperaturen und längeren Trockenperioden im Sommer vergleichsweise schlecht zurecht. Insbesondere in den warm-trockenen Regionen Frankens sind die Kiefer und neuerdings auch die Buche vom Klimawandel betroffen. Deswegen sollen im Rahmen der von der Staatsregierung 2017 beschlossenen →*Waldumbauoffensive* 200.000 Hektar Privat- und →*Körperschaftswälder* bis 2030 in klimatolerante Mischwälder umgebaut sein und auch im Staatswald werden bis dahin erhebliche Waldflächen (rund 172.000 Hektar) umgebaut.

## Entwicklung des Kronenzustands der Waldbäume in Bayern seit 1995




Datenquelle: Bayerische Landesanstalt für Wald- und Forstwirtschaft

(Definition: Seite 117)

Aktueller Wert im Internet

| | |
|---|---|
| **Entwicklung** | Zwischen 2014 und 2023 hat sich der Kronenzustand der Waldbäume in Bayern verschlechtert. 2023 liegt der Anteil deutlich geschädigter Waldbäume mit 38 Prozent auf einem hohen Niveau. |
| **Ziel Bayern** | Bayerisches Waldgesetz: Dauerhafte Sicherung und Stärkung der Schutzfähigkeit, Gesundheit und Leistungsfähigkeit des Waldes. |
| **Ziel Vereinte Nationen** | Ziel 15: Landökosysteme schützen, wiederherstellen und ihre nachhaltige Nutzung fördern, Wälder nachhaltig bewirtschaften, Wüstenbildung bekämpfen, Bodendegradation beenden und umkehren und dem Verlust der biologischen Vielfalt ein Ende setzen (siehe Seite 7). |

## Weiterführende Links und Verweise

- Bayerisches Waldgesetz (BayWaldG) (48)
- Waldbericht 2023 und Waldzustandserhebung 2023 (49)
- Waldpakt für Bayern (50)
- Zeitgemäßer Waldbau (51)
- www.liki.nrw.de (13)

→ Säure- und Stickstoffeintrag: Seite 56



Indikator zum Offenland

# Säure- und Stickstoffeintrag

## Nährstoff- und Säureeinträge aus der Luft bringen Ökosysteme aus dem Gleichgewicht.

Auf 1,4 Prozent der bayerischen Landesfläche finden sich im unbewaldeten, nicht bewirtschafteten →*Offenland* sehr seltene, schützenswerte Biotope wie Heiden, Moore und Sümpfe sowie mageres Grasland. Sie sind die Heimat vieler seltener Pflanzenarten. Doch die charakteristische Artenvielfalt ist gefährdet.

### Die Wirkungen der Stoffeinträge sind vielfältig

Durch die eingetragenen Stoffe gerät das Ökosystem aus dem Gleichgewicht. Wird zu viel Stickstoff eingetragen, wachsen einige Arten üppiger und verdrängen seltene Arten. Bei zu hohen Säureeinträgen können sich die Böden langfristig verändern. Wie hoch die Einträge jeweils maximal sein dürfen, ist je nach Empfindlichkeit verschieden. Die Bewertung erfolgt anhand kritischer Belastungsgrenzen.

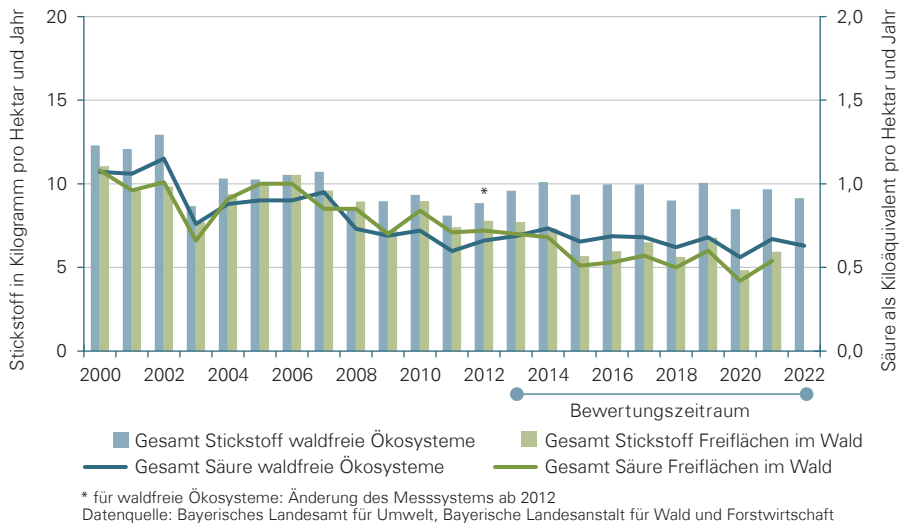
### Eintragsquellen

→*Ammonium* stammt zu über 90 Prozent aus dem landwirtschaftlichen Sektor, insbesondere aus Tierhaltung und Gülledüngung. Die Ausbringung von Gärresten aus Biogasanlagen trägt mittlerweile ebenfalls zur Ammoniakbelastung bei. Wichtigste Quelle für →*Nitrat* ist die Verbrennung fossiler Energieträger in Haushalten, Industrie und Verkehr. Der zu hohe Eintrag von Säuren und Stickstoff schädigt nicht nur Biotope im Offenland, sondern auch Waldökosysteme. Die großen Blattoberflächen der Bäume filtern sogar noch mehr Schadstoffe aus der Luft. Daher ist der Wald deutlich stärker betroffen. Die Wälder Bayerns bedecken 36 Prozent der Landesfläche. Damit diese wichtigen Ökosysteme ebenso wie die schützenswerten Biotope im Offenland langfristig erhalten bleiben, müssen die Einträge von Säuren und Nährstoffen dringend weiter reduziert werden.

## Entwicklung des Säure- und Stickstoffeintrags aus der Atmosphäre in Bayern seit 2000

(Definition: Seite 117)

Aktueller Wert im Internet

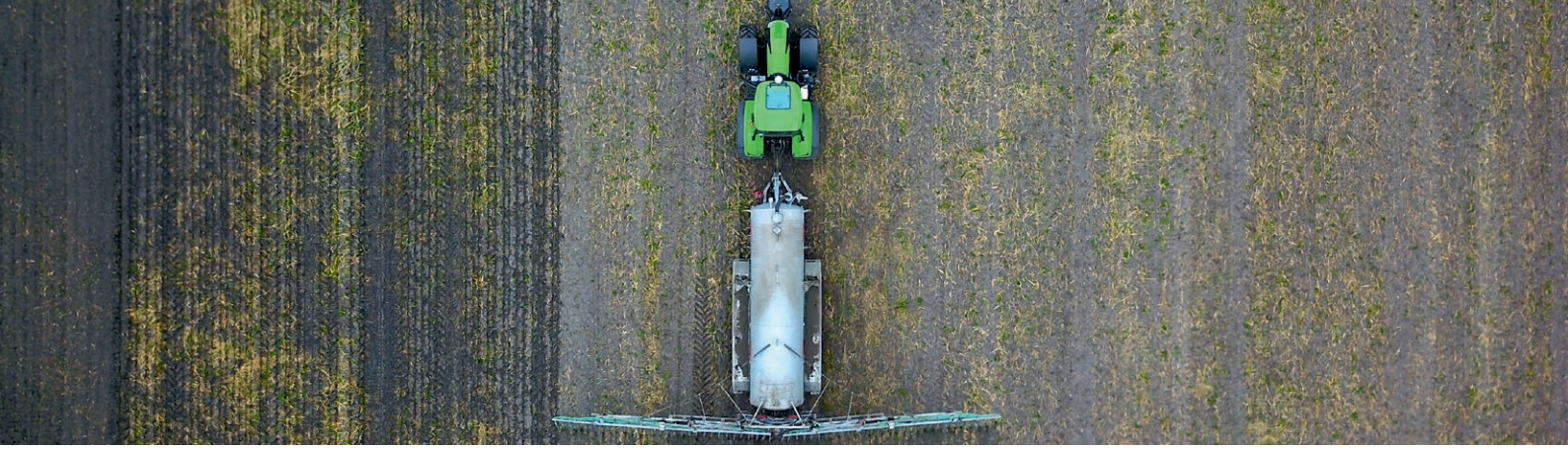



* für waldfreie Ökosysteme: Änderung des Messsystems ab 2012
Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft

| | |
|---|---|
| **Entwicklung** | Die Einträge von Säure in den Boden haben sich in Bayern seit 1995 mehr als halbiert. Die Stickstoffeinträge sind etwa um ein Drittel zurückgegangen. Der aktuelle 10-Jahrestrend (2013 bis 2022) zeigt beim Stickstoff im →*Offenland* seit längerem wieder eine Abnahme. Auch die Belastung durch Säure ist in diesem Zeitraum im Offenland zurückgegangen. Auf Freiflächen im Wald nahmen die Belastungen mit Säure und Stickstoff ebenfalls ab. Gemessen an den kritischen Belastungsgrenzen sind die Gesamteinträge vielerorts nach wie vor zu hoch. |
| **Ziel Bayern** | Weitere Abnahme der Einträge bis hin zur Unterschreitung der kritischen Belastungsgrenzen. |
| **Ziel Vereinte Nationen** | Ziel 15: Landökosysteme schützen, wiederherstellen und ihre nachhaltige Nutzung fördern, Wälder nachhaltig bewirtschaften, Wüstenbildung bekämpfen, Bodendegradation beenden und umkehren und dem Verlust der biologischen Vielfalt ein Ende setzen (siehe Seite 7). |

### Weiterführende Links und Verweise

- Critical Load-Konzept: Grenzüberschreitende Luftreinhaltung (52)
- Eutrophierung und Versauerung (53)
- Fachartikel zu Stickstoffeinträgen als Standortfaktor (54)
- Bewertung auf Basis regionalisierter Stickstoff-Überschüsse (55)
- www.liki.nrw.de (13)
- → Stickstoffüberschuss: Seite 58
- → Luftqualität: Seite 72



Indikator zum Agrarland

# Stickstoffüberschuss

## Überdüngung mit Stickstoff vermeiden.

Die Düngung auf landwirtschaftlichen Flächen dient dazu, den Nutzpflanzen die notwendigen Nährstoffe zuzuführen, um die Versorgung der Bevölkerung mit gesunden pflanzlichen Produkten sicherzustellen. Wird allerdings nicht passend zu Standort und Bedarf gedüngt, kann das die Umwelt stark belasten. Ein wichtiger Gradmesser dafür ist die →*Stickstoff-Flächenbilanz.* Stickstoff ist der wichtigste Nährstoff für Pflanzen. Er wird als Dünger auf die Felder gebracht. Aber nur ein Teil des zugeführten Stickstoffs wird von den Nutzpflanzen aufgenommen. Der Rest gelangt auf verschiedenen Wegen in die Umwelt: Er entweicht in die Atmosphäre, wird in Gewässer ausgewaschen oder verbleibt im Boden.

**Was passiert bei Stickstoffüberschuss?**

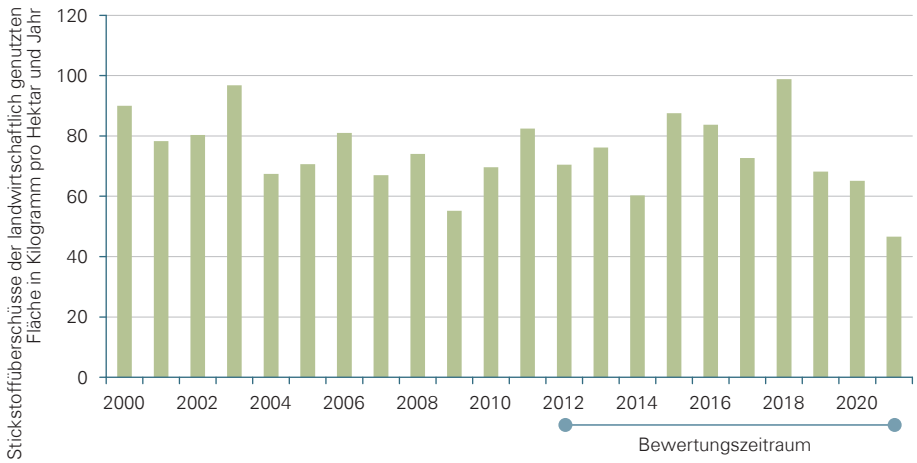
Mögliche Folgen sind unter anderem die →*Versauerung* und →*Eutrophierung* von Böden und Gewässern, →*Nitrat* im Grundwasser und in Oberflächengewässern sowie die Beeinträchtigung der biologischen Vielfalt.

Die Entwicklung der Stickstoffüberschüsse in Bayern schwankt von Jahr zu Jahr stark. Um die Überschüsse langfristig zu reduzieren, hat die Bundesregierung 2020 strengere Regeln für die Düngung beschlossen. Die bundesweite Düngeverordnung verpflichtet die landwirtschaftlichen Betriebe dazu, den Nährstoffbedarf je Standort und Nutzpflanze zu ermitteln und ihre Düngepraxis danach auszurichten.

## Entwicklung des Stickstoffüberschusses der landwirtschaftlich genutzten Fläche in Bayern seit 2000

(Definition: Seite 117)

Aktueller Wert im Internet




Datenquelle: Justus-Liebig-Universität Gießen, Länderinitiative Kernindikatoren

| | |
|---|---|
| **Entwicklung** | Im aktuellen Bewertungszeitraum (2012 bis 2021) zeigt sich kein eindeutiger Trend: Der Stickstoffüberschuss auf landwirtschaftlichen Flächen in Bayern schwankt von Jahr zu Jahr stark. Im 10-Jahres-Mittel lag er bei 73 Kilogramm pro Hektar und Jahr. |
| **Ziel Bayern** | Bayerische Nachhaltigkeitsstrategie: Steigerung der Zielgenauigkeit der organischen Düngung sowie der organischen und mineralischen Stickstoffdüngung. |
| **Ziel Vereinte Nationen** | Ziel 6: Verfügbarkeit und nachhaltige Bewirtschaftung von Wasser und Sanitärversorgung für alle gewährleisten (siehe Seite 7). |






### Weiterführende Links und Verweise

- Lösungsstrategien Stickstoff (Sachverständigenrat für Umweltfragen) (56)
- Informationsbroschüre Stickstoff (UBA) (57)
- Nitratbericht (58)
- Düngebedarfsermittlung (59)
- www.liki.nrw.de (13)


- Nitrat im Grundwasser: Seite 82
- Ökologischer Zustand der Oberflächengewässer: Seite 60



Indikator zum Gewässer

# Ökologischer Zustand der Oberflächengewässer

## Noch Handlungsbedarf beim ökologischen Zustand der Gewässer.

Ein Gewässer befindet sich in einem guten ökologischen Zustand, wenn die ökologischen Funktionen intakt sind. Voraussetzung dafür ist u.a. eine naturnahe Gewässerstruktur und eine Reduzierung organismenschädigender stofflicher Einträge. Lange Zeit waren die Gewässer hauptsächlich durch organische Stoffe und Nährstoffe belastet, die aus dem Abwasser stammten. In den letzten Jahrzehnten ist diese Belastung durch eine verbesserte Abwasserbehandlung zurückgegangen.

### Umfassende Untersuchungen der Gewässerqualität

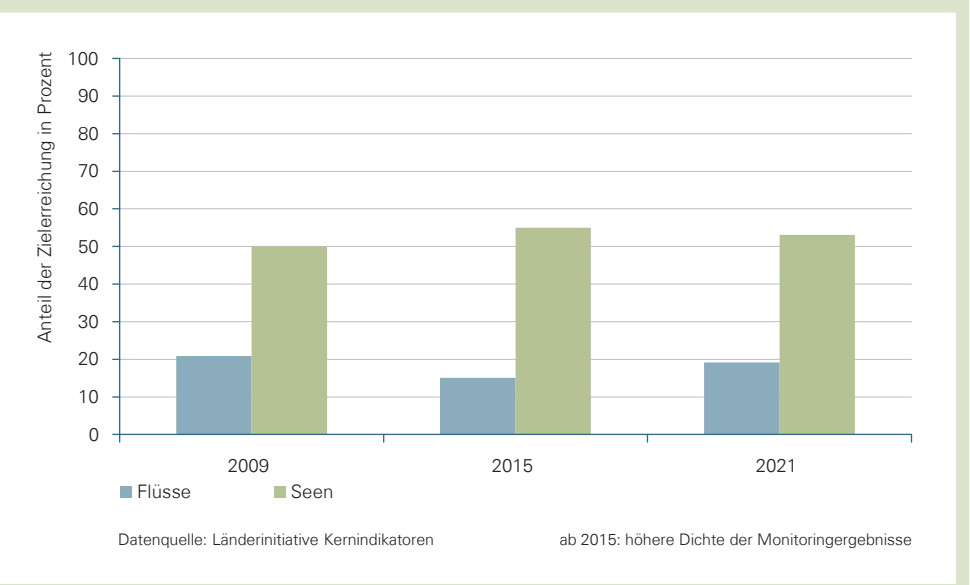
Um den ökologischen Gewässerzustand nach den Vorgaben der →*EG-Wasserrahmenrichtlinie* umfassend zu bewerten, müssen neben den Einträgen von organischen Stoffen auch Nähr- und Schadstoffeinträge sowie Veränderungen der Gewässerstruktur bewertet werden.

Zu diesem Zweck untersucht man wirbellose Kleintiere des Gewässergrundes sowie Algen, Wasserpflanzen und Fische.

Im Gegensatz zur Belastung mit organischen Stoffen aus dem Abwasser haben sich die →*diffusen Einträge* von Nährstoffen in den letzten Jahren nicht nennenswert verringert. Die Untersuchung verschiedener Algen und Wasserpflanzen zeigt etwa, dass diesbezüglich in knapp 60 Prozent der Fließgewässer und rund 50 Prozent der Seen in Bayern weiterhin Handlungsbedarf besteht.

Dass der gute ökologische Zustand in vielen Fließgewässern noch nicht erreicht wird, liegt auch an der vielerorts veränderten Gewässerstruktur bzw. an fehlender Durchgängigkeit durch sogenannte Querbauwerke wie Wehre oder Schleusen. Sie verhindern, dass Fische und andere Lebewesen in den Gewässern wandern können. 2021 erfüllten 19 Prozent der bayerischen Fließgewässer (174 von 915 →*Oberflächenwasserkörpern*) die Umweltziele der EG-Wasserrahmenrichtlinie. Bei den Seen erreichten 27 von 50 Oberflächenwasserkörpern (mit Bodensee) dieses Ziel.

## Anteil der Flüsse und Seen in Bayern mit mindestens gutem ökologischem Zustand beziehungsweise Potenzial an der Gesamtzahl der bewerteten Wasserkörper (für 2009, 2015 und 2021)




(Definition: Seite 117)

Aktueller Wert im Internet

| | |
|---|---|
| **Entwicklung** | Die Entwicklung des Zustands 2021 gegenüber 2009 lässt sich nur eingeschränkt beurteilen, da die Methodik der Bewertung angepasst wurde. |
| **Ziel Bayern** | → *EG-Wasserrahmenrichtlinie:* Der gute oder sehr gute ökologische Zustand beziehungsweise das gute oder bessere ökologische Potenzial von Fließgewässern und Seen soll bis spätestens 2027 durch geeignete Maßnahmen erreicht werden. Gewässer, die diese Ziele bereits erfüllen, dürfen sich nicht verschlechtern. |
| **Ziel Vereinte Nationen** | Ziel 6: Verfügbarkeit und nachhaltige Bewirtschaftung von Wasser und Sanitärversorgung für alle gewährleisten (siehe Seite 7). |




### Weiterführende Links und Verweise

- EG-Wasserrahmenrichtlinie (60)
- Wasserzukunft Bayern 2050 (61)
- Einfluss des Klimawandels auf Seen (62)
- Auswirkungen des Klimawandels auf die Gewässerökologie (63)
- www.liki.nrw.de (13)


- Interview Prof. Carl Beierkuhnlein: Seite 42
- Blickpunkt Natur und Landschaft: Seite 62



Blickpunkt

# Niedrigwasser durch Klimawandel

**Die vergangenen Sommer waren sehr heiß und trocken. Die sich wiederholenden Wetterextreme stressen unsere Bäche, Flüsse, Seen und das Grundwasser mit teils weitreichenden Folgen für Mensch und Natur.**

↓ Niedrigwasser in Süddeutschland (64)

Die deutlich zu warme und zu trockene Witterung des Jahres 2022 hatte erhebliche Auswirkungen auf einige Bäche, Flüsse und Seen sowie auf das Grundwasser. Die Ausgangslage für die bayerischen Gewässer war zu Beginn des Jahres bereits herausfordernd, da das Winterhalbjahr 2021/2022 zum sechsten Mal in Folge zu trocken ausgefallen war. Von Mai bis August waren alle Monate zu warm und zu trocken. Das Fazit zum Jahr 2022 fiel entsprechend aus: Es war das wärmste Jahr seit 142 Jahren und zudem das zweitsonnigste Jahr der 72-jährigen Beobachtungsreihe (nach 2003). Das Jahr 2022 war kein Einzelfall – Hitze- und Trockensommer gab es auch 2018, 2019 und 2020!

## Sauerstoffmangel durch Niedrigwasser

In den bayerischen Gewässern kommt es immer häufiger zu weiträumigen und ausgeprägten Niedrigwassersituationen. Nicht nur kleinere Oberläufe sondern auch Flüsse trocknen vollständig aus, manche zum ersten Mal seit Beginn der Aufzeichnung ihres Wasserstands.

Die geringe Wasserführung der Gewässer bewirkt etwa Verschlammung, Sauerstoffmangel und zunehmende Wassertemperaturen. Die Gewässerökologie gerät dadurch massiv unter Druck.

## Austrocknung führt zum Verlust von Lebensräumen

In etlichen Oberläufen der Fließgewässer sind niedrige Abflüsse und zeitweise trockenfallende Bereiche ein natürliches Phänomen. Hiervon betroffene Gewässerorganismen sind in ihrer Lebensweise an diese extremen Bedingungen angepasst, beispielsweise mit Überdauerungsformen, Lebensphasen außerhalb des Wassers, hoher Mobilität oder auch hohem Wiederbesiedlungspotenzial.

In Trockenjahren stoßen diese Strategien allerdings an ihre Grenzen. Treten derartige Extremereignisse wiederholt auf, wie in manchen Regionen Bayerns – insbesondere in Unter- und Oberfranken –, kann die Regenerationsfähigkeit der Gewässerlebensgemeinschaften stark beeinträchtigt werden. Denn Niedrigwasser bedeutet immer einen

Verlust an Gewässerlebensräumen. Oft sind bestimmte Gewässerbereiche aufgrund der geringen Wassertiefe für ihre Bewohner gar nicht mehr erreichbar. Insbesondere Fische und Krebse bleiben häufig in abgeschnittenen, noch wasserführenden Bereichen wie z. B. Kolken zurück, wo ihnen Sauerstoffmangel, Austrocknung und erhöhte Gefahr durch Räuber drohen.

Andere Gewässerbereiche werden bei Niedrigwasser in ihrer Funktion gestört oder verschwinden bei Trockenfallen komplett. Schlüssel-Lebensräume wie Laichplätze, „Kinderstuben" oder Schutz- und Rückzugsgebiete sind dann nur noch eingeschränkt oder gar nicht mehr nutzbar. Wenn sich dieser Zustand über die Jahre wiederholt einstellt, können viele Gewässerbewohner ihre Lebenszyklen nicht mehr erfolgreich durchlaufen und sind in ihrem Bestand nachhaltig gefährdet. Dies trifft ganz besonders seltene und sensible Arten, im schlimmsten Fall können Arten ganz verschwinden.

Besonders deutlich wird dies am Beispiel der Flussperlmuschel, für die ein Trockenfallen aufgrund ihrer eingeschränkten Mobilität lebensbedrohlich ist.

Sehr intensiv überwacht und leider auch von den vergangenen Trockenjahren besonders stark betroffen sind die Muschelgewässer im Landkreis Hof.

## Muschelschutz im Landkreis Hof

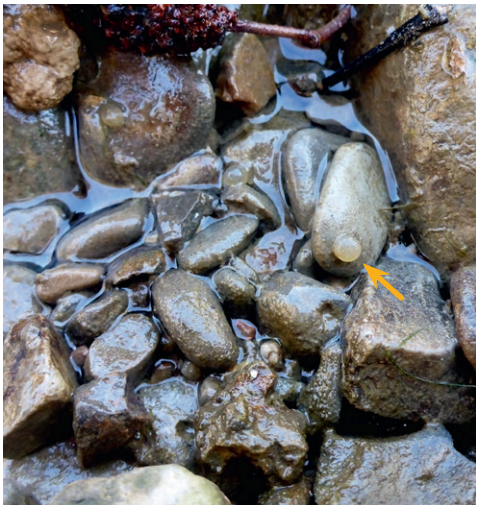
Um das Überleben der seltenen Bestände zu sichern, untersagte das Landratsamt Hof sämtliche Wasserentnahmen für Teichanlagen, sobald ein kritischer Wasserstand in den Muschelgewässern erreicht war. Wo die Möglichkeit bestand, wurde zusätzlich Wasser aus nicht mehr genutzten Teichen abgelassen und in die betroffenen Muschelgewässer eingeleitet. Dennoch musste an einigen Gewässerabschnitten Wasser aus Tankwägen zugegeben werden, um eine minimale Wasserführung aufrechtzuerhalten. In Einzelfällen war es sogar notwendig, die erwachsenen Muscheln in eine Muschelzuchtstation zu evakuieren.

Die Summe aller Maßnahmen zeigte am Ende Erfolg: Die Muscheln wurden unversehrt wieder in ihre Gewässer zurückgesetzt. Auch einige Jungmuscheln hatten die extreme Trockenphase überlebt. Sie hatten sich ins feuchte Sediment zurückgezogen.

Inzwischen hat das Wasserwirtschaftsamt Hof ein Niedrigwasserkonzept ausgearbeitet, um angekaufte und umgebaute Fischteiche im Niedrigwasserfall gezielt zur Wasserabgabe zu nutzen.
Die geschilderten Notfallmaßnahmen an den Muschelgewässern sind der besonderen Bedeutung dieser Arten geschuldet und stellen in der Gewässerbewirtschaftung eine Ausnahme dar.

↓ Pilotstudie Niedrigwasser Naab und Sächsische Saale (65)





*Bei Niedrigwasser können aquatische Schlüssel-Lebensräume trockenfallen.
Dies wird in dramatischer Weise an Laichplätzen kieslaichender Fischarten deutlich (z. B. Bachforelle, Äsche), wo die auf/in dem Kies der Gewässersohle abgelegten Eier (s. Pfeile) vertrocknen und sterben können. Dies kann die nachwachsende Fischgeneration entscheidend schwächen.*



*Zwei der überlebenden jungen Flussperlmuscheln im Größenvergleich mit einem 10-Cent-Stück.*

Aus den letzten 20 Jahren ist auf ganz Bayern bezogen ein Defizit der Grundwasserneubildung von rund 610 Litern pro Quadratmeter im Vergleich zum Mittel 1971 bis 2000 entstanden. Zudem sind nahezu alle Bäche und Flüsse in der →*Kulturlandschaft* stark durch die menschliche Nutzung beeinträchtigt. So haben lediglich knapp 20 Prozent das Ziel der →*EG-Wasserrahmenrichtlinie*, den guten ökologischen Zustand, aktuell bereits erreicht.

## Klimaanpassung durch natürliche Auenlandschaften

Die Notwendigkeit, Flächen zur Verfügung zu stellen, innerhalb derer sich ein Fließgewässer natürlich entwickeln kann, wird als zentrale Anpassungsmaßnahme an den Klimawandel umso deutlicher: Unterschiedliche Gewässerbreiten und -tiefen lassen Strömungsdiversität und damit unterschiedliche Substrate zu. An den Ufern kann schattenspendende Vegetation wachsen, die einen erheblichen kühlenden Einfluss auf die Wassertemperatur hat. Zusätzlich werden Stoffeinträge reduziert und es entstehen wertvolle Lebensräume.

Neben den Gewässern selbst sollte vor allem auch das Umland berücksichtigt und dessen Wasserspeicherfähigkeit wieder erhöht werden. Die ursprüngliche Funktion der Begleitflächen als „Schwamm in der Landschaft" – gerade in den Einzugsgebieten der keineren Gewässer – sollte wo immer möglich wieder erreicht werden. Auf vielen Flächen, die im vergangenen Jahrhundert zum Zwecke der Landgewinnung entwässert oder eingedeicht wurden, gab es ursprünglich Quellbereiche und Niedermoore, die ausgleichend auf die Wassermenge wirkten. Extreme Niedrigwasser ließen sich so reduzieren und auch die Hochwassergefahr wäre geringer.

Die Wiederherstellung eines intakten Landschaftswasserhaushalts – also des Wasserkreislaufs in einem größeren Einzugsgebiet – spielt eine zentrale Rolle bei der Abmilderung von Wetterextremen wie Hitze und Trockenheit. Den Mooren kommt hierbei eine besondere Funktion zu.

## Aktuelle Beispiele zur Stärkung der Widerstandskraft unserer Gewässer

Viele der bayerischen Moore sind in einem naturfernen Zustand, werden entwässert sowie land- und forstwirtschaftlich genutzt. Im Klimaschutzprogramm der Bayerischen Staatsregierung ist die Renaturierung der Moore ein Kernanliegen. Die Wiederherstellung ihrer Funktionen, wie z. B. der Wasserspeicherfähigkeit, hilft auch den umliegenden Gewässern, extreme Niedrigwasser zu vermeiden. Bisher konnten in Bayern bereits



*Flussperlmuschelbank im Landkreis Hof*

mehrere Moorrenaturierungen sehr erfolgreich durchgeführt und über Jahre beobachtet werden. Ein Beispiel ist das Leipheimer Moos, das in großen Teilen wiedervernässt werden konnte und seine ursprüngliche Funktionsfähigkeit zurückerhalten hat.

Auch im Bereich der Fließgewässer wurden und werden viele Maßnahmen umgesetzt. Vor allem bei Maßnahmen im Kontext der →*Wasserrahmenrichtlinie* steht das Ziel im Fokus, Gewässer ganzheitlich zu betrachten und ökologisch, nachhaltig und klimaresilient zu entwickeln.

So wurde an der Götzinger Ache auf eine große Vielfalt bei den Maßnahmen geachtet, um bestehende Defizite zu beheben: Für Strukturreichtum wurden Aue- und Nebengewässer reaktiviert und neu angelegt. Die Herstellung der Durchgängigkeit an vielen Querbauwerken änderte auch die monotonen Strömungsverhältnisse hin zu einem abwechslungsreichen Nebeneinander von strömungsstarken und ruhigen Bereichen. Die höheren Strömungsgeschwindigkeiten und auch die Beschattung durch neue Uferbepflanzungen führen zu besseren Sauerstoffverhältnissen und geringeren Wassertemperaturen.

Zudem sorgen Totholzstrukturen und Kieseinträge für verbesserte Lebensbedingungen für Fische und andere Gewässerorganismen.

## Ausblick

Niedrigwasser als Folge des Klimawandels wird auch in Zukunft eine besondere Rolle in unseren Gewässern spielen, mit der nicht nur die dort heimischen Arten, sondern auch die Gewässerbewirtschafter umgehen müssen. Unsere Gewässer können durch eine Vielzahl an Maßnahmen gestärkt und fit für den Klimawandel gemacht werden: von der Quelle bis zur Mündung, im oberirdischen Einzugsgebiet, aber auch im meist unsichtbaren Grundwasser. Einen wesentlichen Beitrag zur Resilienz der Gewässer stellt zudem die Verbesserung der Wasserqualität dar. Hier zeigen die bisherigen Anstrengungen in der Abwasserreinigung große Erfolge. So sind trotz Niedrigwasser und extremer Hitze in den vergangenen Jahren große Fischsterben ausgeblieben.

In Anbetracht der sich wiederholenden Trockenjahre muss es das Ziel sein, nicht nur einzelne lokale Maßnahmen, sondern auch großräumige Projekte im Sinne des Landschaftswasserhaushalts umzusetzen und so Folgen des Klimawandels für unsere Gewässer großräumig abzumildern.
Die Stärkung ihrer natürlichen Funktionen und die Wiederherstellung naturnaher Lebensräume sorgen nicht nur für bessere Lebensbedingungen und eine Anpassung an die sich ändernden Bedingungen, sondern auch dafür, dass in Zukunft ausreichend Wasser in guter Qualität für alle da ist.



*Baggerarbeiten während der Renaturierung eines Fließgewässers.*

↓ Funktion von Mooren zur Regulierung des Wasserhaushalts (66)

↓ Praxisplattform boden:ständig für Boden und Gewässerschutz (67)



*Im Rahmen der Renaturierung an der Götzinger Ache wurden Querbauwerke entfernt. Ufererweiterungen und Weiden sowie Störsteine im Wasser ermöglichen es, dass sich auf natürliche Weise diversifizierte Lebensräume entwickeln.*



# UMWELT UND GESUNDHEIT

**im Gespräch mit** Prof. Dr. Elke Hertig

**Indikatoren zu**
Hitze
Luftqualität
Lärm
Verkehr
Problemstoffe

**Blickpunkt zu**
Die Stadt
im Klimawandel



Hitze in Innenstädten oder schattige Biergärten, frische Luft oder stickige Abgase, zwitschernde Vögel oder Verkehrslärm: Der Zustand der Umwelt wirkt sich auch auf unser Wohlbefinden aus – positiv wie negativ. Wenn wir unsere Umwelt vor schädlichen Einflüssen schützen, dann tun wir auch uns selbst etwas Gutes.

Mit technischen Fortschritten ist es gelungen, einige Gefährdungsfaktoren in den Griff zu bekommen, der Klimawandel stellt uns heute aber vor neue Herausforderungen. Immer häufiger messen wir heiße Tage über 30 Grad, oftmals eine Belastung für die menschliche Gesundheit.

Der Verkehrssektor ist weiterhin hauptverantwortlich für Luftqualität und Lärm. Für gesundes Trinkwasser bleibt der Schutz des Grundwassers vor Nitrat und anderen Schadstoffen eine der größten Herausforderungen.



**Professor Dr. Elke Hertig**
hat an der Medizinischen Fakultät der Universität Augsburg die deutschlandweit erste Professur für „Regionalen Klimawandel und Gesundheit“ inne. Die Geographin ist dort auch stellvertretende Direktorin des Zentrums für Klimaresilienz.

Im Gespräch

# Wir müssen Kommunen und Städte an die Hitze anpassen!

**Ein verändertes Klima wirkt sich auf die Gesundheit der Menschen in Bayern aus. Frau Professor Elke Hertig untersucht sowohl die Auswirkungen als auch die Möglichkeiten der Anpassung. Dazu arbeitet sie in interdisziplinären Teams.**

**Frau Professor Hertig, was bedeutet der Klimawandel für das Leben in Bayern? Müssen wir uns umstellen?**
Eine der stärksten Auswirkungen des Klimawandels mit Gesundheitsrelevanz ist die Zunahme von Hitzeextremen. In den Städten ensteht zusätzlich durch den Wärmeinseleffekt eine besonders hohe Wärmebelastung. Wir müssen uns als Gesellschaft daran anpassen. Das geht beispielsweise über →*Hitzeaktionspläne*, die von vielen Städten und Gemeinden erstellt werden, aber auch über städtische Umbaumaßnahmen. Städte müssen mit der Verdunstung über die Vegetation eine Kühlwirkung erzielen. Hierbei spielen Grünflächen sowie verfügbares Wasser eine Rolle – das Schlagwort lautet „→*Schwammstadtprinzip*“. Die meisten Menschen leben in Städten, es ist also ein großer Teil der Bevölkerung betroffen.

**Werden Arztpraxen und Krankenhäuser an heißen Tagen überlaufen sein?**
Wir erwarten eine Zunahme sowohl der stationären als auch der ambulanten Aufenthalte. Es ist wichtig, dass Mediziner präventiv tätig werden. Hausärzte erreichen gerade die älteren Menschen, die ja zu den vulnerablen Gruppen zählen. Da geht es zum Beispiel um klare Verhaltensregeln: „Lüften Sie nur in den kühleren Nachtstunden, bleiben Sie im Schatten, trinken Sie genug…“ Außerdem wirken manche Medikamente bei Hitze anders. Nimmt ein Patient entwässernde Medikamente ein, dann führt das an heißen Tagen zu großem Flüssigkeitsverlust, die Dehydrierung kann bis hin zur Niereninsuffizienz gehen.

„Hitzephänomene sind nicht in der klassischen Medizinerausbildung verankert.“

Hitzephänomene sind bislang nicht in der klassischen Medizinerausbildung verankert. Wir begleiten deshalb mit AdaptNet ein schönes Projekt, bei dem wir uns zusammen mit einem Hausärzte-Netzwerk die Klimawandelfolgen in der Großregion Nürnberg anschauen und überlegen, wie sich die Ärzte darauf einstellen können.

### Inwieweit macht es Sinn, regional zu forschen obwohl doch der Klimawandel ein globales Phänomen ist?

Die Auswirkungen der Klimaveränderung sind regional und lokal stark unterschiedlich. Hamburg ist ganz anders betroffen als München, dabei liegen beide Städte sogar in derselben Klimazone. In Asien oder in den Ländern des globalen Südens wirkt sich beispielsweise der Klimawandel stark auf die Regenmenge und damit verbunden auf Wassermenge und -qualität aus. Überschwemmungen, Änderungen der Luftschadstoffe wie Ozon, die Ausbreitung von durch Mücken übertragene Krankheiten oder das verstärkte Auftreten von Pollen und Allergenen – jede Region muss sich mit anderen Schwerpunkten beschäftigen.

Nun hängt es davon ab, wie die einzelnen Regionen und Länder mit diesen Auswirkungen umgehen, wie resilient sie sind. Der Zustand des Gesundheitssystems, der Gesundheitszustand der Bevölkerung und deren Wohlstand sowie die Demografie sind Faktoren, die da hineinspielen. Wir sind in Mitteleuropa zum Beispiel auch deshalb besonders von der Hitze betroffen, weil die Bevölkerung im Durchschnitt älter ist. Alle alternden Industrienationen sind von der Hitze besonders betroffen.

### Im Rahmen Ihrer Forschungstätigkeit vereinen Sie verschiedene Fachdisziplinen. Welche sind das?

Wenn es um die Auswirkung auf den menschlichen Organismus geht, arbeiten wir mit Fachleuten aus den Bereichen Medizin und Biologie zusammen. Wenn es darum geht, wie wir uns am besten an den Klimawandel anpassen, tragen zum Beispiel Wirtschaftswissenschaftler, Soziologen, Politikwissenschaftler und Geografen bei. In der Grundlagenwissenschaft verwenden wir Daten und Methoden aus der Atmosphärenphysik und der Meteorologie. Hinsichtlich der Anwendung und Umsetzung in die Praxis sprechen wir mit Experten aus dem öffentlichen Gesundheitswesen sowie kommunalen Akteuren. Unser Thema ist sehr differenziert und umfassend.

Im Zentrum für → *Klimaresilienz* der Universität Augsburg arbeiten die unterschiedlichen Fakultäten auch räumlich eng zusammen. Das ist schon eine Besonderheit und in dieser Ausrichtung auch einzigartig.

### Ist es nicht eine Herausforderung, wenn man interdisziplinär forscht?

Definitiv. Das größte Hemmnis am Anfang besteht darin, aus den verschiedenen Fachkulturen und unterschiedlichen Denkweisen heraus eine gemeinsame Sprache zu finden. Das kostet erst einmal viel Zeit. Das muss man wollen.

> „Als Wissenschaftler müssen wir die Verbindung in die Anwendung herstellen.“

### Ist der Eindruck korrekt, dass Sie nicht nur forschen, sondern auch dazu beitragen, dass die Ergebnisse umgesetzt werden?

Das klassische Bild eines Forschers, der sich um die praktische Umsetzung nicht kümmert, gilt heutzutage nicht mehr. Wir müssen als Wissenschaftler die Verbindung in die Anwendung herstellen. Es ist deshalb immer gut, wenn eine Person im Team ist, die diese Übersetzungsleistung begleitet. Mein spezielles Forschungsgebiet besteht aus Grundlagenforschung und anwendungsbezogener Forschung. Letztere richtet sich an das Gesundheitswesen und an die Kommunen.
Ich selbst bin im Klimabeirat der Stadt Augsburg und stellvertretende Direktorin des Zentrums für Klimaresilienz. Dort ist ganz klar der Auftrag formuliert, Informationen nach außen zu tragen, und hinsichtlich der Umsetzung von Klimaanpassung beratend tätig zu sein.

### Setzen Sie das Thema Klimawandel auch persönlich um?

Ich bin nicht perfekt, aber ich versuche maßvoll zu leben und das zu schätzen, was ich habe. Die Botschaft ist, dass wir unsere Erde schützen müssen, um uns auch selbst zu schützen.



Indikator zur Hitze

# Hitzebelastung

## Weitreichende Gesundheitsrisiken durch Hitzebelastung.

Noch stärker als die Jahresmitteltemperaturen steigen die Höchsttemperaturen im Sommer. Sonnenschein und Wärme tun gut. Doch extreme Hitze wirkt sich negativ auf Mensch und Umwelt aus. Der Klimawandel führt nachweislich vermehrt zu extremer Hitze am Tag und in der Nacht, wodurch sich die gesundheitlichen Risiken für ältere Menschen, chronisch Kranke, Kinder und isoliert lebende Personen erhöhen können. Für die Gesundheit von besonderer Bedeutung sind Phasen mit mehrtägig anhaltender, extremer Hitze.

### Anstieg hitzebedingter Todesfälle

Grundsätzlich können in Jahren mit einer überdurchschnittlich hohen Anzahl von Hitzetagen mehr Todesfälle auftreten als ohne Hitzewelle zu erwarten gewesen wären. 2003 sind in Deutschland schätzungsweise etwa 9.500 Menschen mehr gestorben, für 2018 zeigen Studien etwa 8.700 zusätzliche Todesfälle, die auf Hitzeereignisse zurückzuführen sind. Ebenso werden direkt hitzebedingte Erkrankungen, wie Hitzschlag, Hitzekollaps und Sonnenstich, sowie indirekt hitzebedingte Erkrankungen, wie Herz-Kreislauf-Probleme und Atemwegserkrankungen beobachtet.

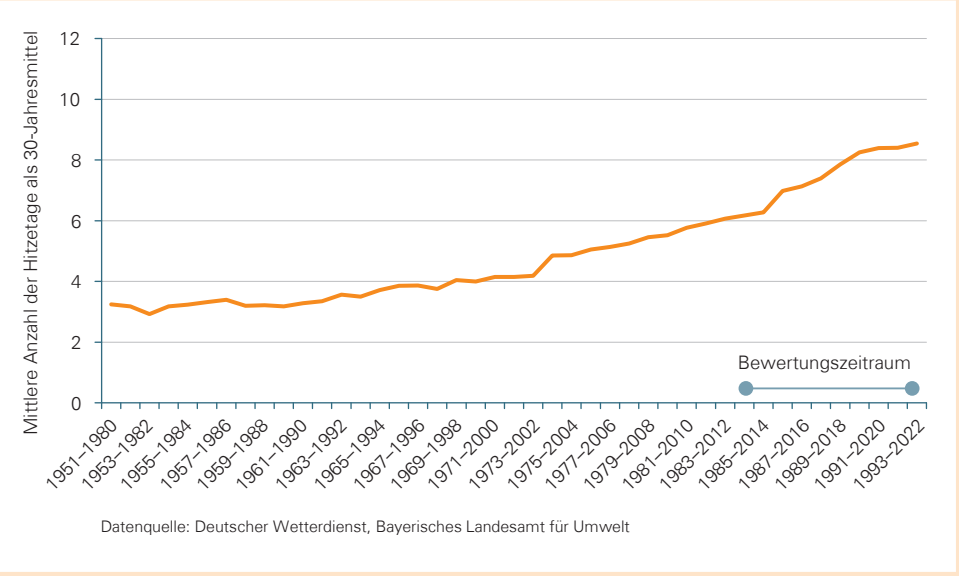
### Höheres Risiko im städtischen Raum

Urbane Räume besitzen durch den Wärmeinseleffekt ein höheres Risiko als ländliche Räume. Städte müssen daher in ihren aktuellen und zukünftigen Planungen die Anpassung an zunehmende Hitze mitdenken. Eine besondere Rolle spielen dabei Maßnahmen der →*blau-grünen-Infrastruktur*. Stadtgrün und Wasserflächen, die für Abkühlung sorgen, können die Hitzebelastung deutlich mindern. Das Klimaschutzprogramm Bayern nennt deshalb als Maßnahme unter anderem die Fassadenbegrünung für staatliche Neubauten, die zu Kühleffekten durch Verdunstung führt.

### Hitzewarnungen seit 2005

Wie sich die Situation entwickelt hat, lässt sich auch an den Hitzewarnungen erkennen. Hitzetage (Temperaturen über 30 °C) haben seit Beginn der Messungen 1951 stetig zugenommen – dies belegen meteorologische Messungen. Der Deutsche Wetterdienst (DWD) hat 2005 ein Hitzewarnsystem eingerichtet, das vor bevorstehenden Hitzeereignissen warnt. Darüber hinaus wird Kommunen empfohlen, →*Hitzeaktionspläne* umzusetzen, um die Bevölkerung vor den Folgen von extremer Hitze zu schützen und ein angepasstes Verhalten anzuregen.

## 30-jähriges Mittel der Anzahl der Hitzetage in Bayern von 1951 bis 2022




Datenquelle: Deutscher Wetterdienst, Bayerisches Landesamt für Umwelt

(Definition: Seite 118)

Aktueller Wert im Internet

| | |
|---|---|
| **Entwicklung** | Die Hitzetage nehmen in Bayern im Bewertungszeitraum signifikant zu. |
| **Ziel Bayern** | Bayerisches Klimaschutzprogramm: Die Landesarbeitsgemeinschaft Gesundheitsschutz im Klimawandel (LAGiK) entwickelt Konzepte und initiiert Maßnahmen, um die Bevölkerung auf die gesundheitlichen Auswirkungen veränderter klimatischer Bedingungen vorzubereiten. |
| **Ziel Vereinte Nationen** | Ziel 3: Ein gesundes Leben für alle Menschen jeden Alters gewährleisten und ihr Wohlergehen fördern (siehe Seite 7). |

## Weiterführende Links und Verweise

- Bayerisches Kompetenzzentrum für Gesundheitsschutz im Klimawandel (68)
- Landesarbeitsgemeinschaft Gesundheit im Klimawandel (LAGiK) (69)
- Hitzeaktionspläne in Kommunen (70)
- Umweltinitiative Stadt.Klima.Natur (71)
- Hitzewarnsystem, Deutscher Wetterdienst (72)
- Indikator Hitzebelastung im Monitoringbericht 2023 (73)
- Verbundprojekt Klimawandel und Gesundheit in Bayern (VKG) (74)
- Temperaturentwicklung: Seite 24
- Interview Prof. Elke Hertig: Seite 68
- Blickpunkt Umwelt und Gesundheit: Seite 86



Indikator zur Luftqualität

# Luftqualität

## Messungen belegen: Luftqualität in Bayern verbessert sich weiter.

Saubere Luft ist wichtig für ein gesundes Leben. Zu viele Schadstoffe in der Luft können uns vorübergehend oder auch dauerhaft krankmachen. In den letzten 10 Jahren hat sich die Luftqualität in Bayern deutlich verbessert.

### Quellen für Luftschadstoffe

Luftschadstoffe wie insbesondere →*Feinstaub ($PM_{10}$, $PM_{2.5}$)*, →*Stickstoffdioxid*, Ozon, Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid, →*flüchtige organische Verbindungen* und →*polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe* entstehen vor allem im Straßenverkehr, beim Heizen und in der Industrie. In Ballungsräumen ist die Luft daher am stärksten betroffen.

Auch das Wetter hat einen Einfluss auf die Luftqualität. Regional, jahreszeitlich und witterungsbedingt können für einzelne Schadstoffe deutliche Unterschiede auftreten. Insbesondere in den Wintermonaten herrschen bodennah häufig schlechte Austauschbedingungen vor, die zu einer Anreicherung der eingebrachten Schadstoffe führen. Die in der Heizperiode wie etwa durch Hausfeuerung zusätzlich eingebrachten Feinstaubemissionen beeinflussen die Situation zusätzlich.

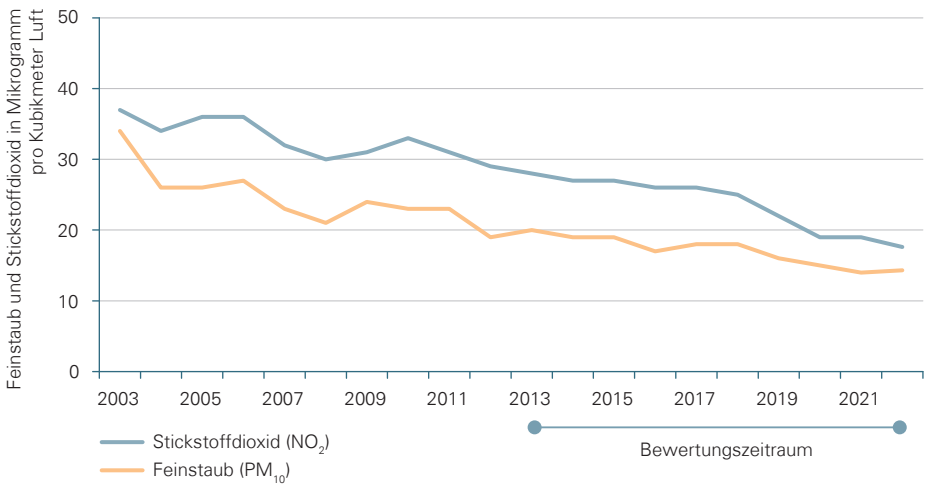
### Messstationen für den Indikator

Um die Luftqualität zu bewerten, wird die Konzentration von Stickstoffdioxid und Feinstaub-$PM_{10}$ in der Luft bayernweit an über 50 Messstationen erfasst. Die Jahresmittelwerte der Stationen in städtischen Wohngebieten zeigen im Bewertungszeitraum 2013 bis 2022 eine positive Entwicklung. Die Werte liegen deutlich unter den von der Europäischen Union festgelegten Grenzwerten von 40 Mikrogramm pro Kubikmeter.

### Handlungsbedarf

Bayernweit wurde nur noch an einer sehr stark verkehrsbelasteten Straße in München der Grenzwert für Stickstoffdioxid im Jahresmittel 2022 überschritten. Hauptverursacher sind ältere Dieselfahrzeuge.
Zur Grenzwerteinhaltung hat die Stadt München den Luftreinhalteplan fortgeschrieben. Dort enthalten sind Maßnahmen zur Förderung der Elektromobilität, zum Ausbau des öffentlichen Personennahverkehrs und zum Ausbau von Fahrradwegen, aber auch Fahrverbote für ältere Dieselfahrzeuge.

## Entwicklung der Luftqualität in Bayern seit 2003: Zeitreihen der Luftschadstoffe Stickstoffdioxid und Feinstaub




Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt

Jahresmittelwerte der Messstationen im städtischen Hintergrund

(Definition: Seite 118)

Aktueller Wert im Internet

| | |
|---|---|
| **Entwicklung** | In den letzten zehn Jahren hat sich die Luftqualität in Bayern deutlich verbessert. Für →*Feinstaub-$PM_{10}$* wird der Grenzwert für das Jahresmittel bereits seit 2007 im gesamten Luftmessnetz unterschritten. In München trat bei →*Stickstoffdioxid* im Jahresmittel 2022 noch an einer stark verkehrsbelasteten Straße eine Überschreitung auf. |
| **Ziel Bayern** | Weitere Verbesserung der Luftqualität. |
| **Ziel Vereinte Nationen** | Ziel 3: Ein gesundes Leben für alle Menschen jeden Alters gewährleisten und ihr Wohlergehen fördern (siehe Seite 7). |

### Weiterführende Links und Verweise

- Messwerte des Lufthygienischen Landesüberwachungssystems Bayern (75)
- Luftreinhalteplan der Stadt München (76)
- Radverkehrsprogramm Bayern (77)
- www.liki.nrw.de (13)


- Säure und Stickstoffeintrag: Seite 56
- Güterverkehrsleistung: Seite 78
- Öffentlicher Personennahverkehr: Seite 80
- Schwermetalleintrag: Seite 84




Indikator zum Lärm

# Lärmbelastung

## Stressfaktor Lärm: Dauerhafte Geräuschbelastung schadet der Gesundheit.

Dauerhafter Lärm ist die Umweltbelastung, die am häufigsten wahrgenommen wird: Mehr als zwei Drittel der Bevölkerung fühlen sich dadurch belästigt. Lärm verursacht Stressreaktionen. Der Körper schüttet verstärkt Stresshormone aus, der Blutdruck steigt, das Herz schlägt schneller. Ist es während der Nacht sehr laut, schläft man schlechter ein, die Tief- und Traumschlafphasen dauern kürzer oder fehlen ganz, man wacht öfter auf und schläft weniger lang. Von vielen Menschen wird der Schlaf bereits ab Pegeln von 25 bis 30 Dezibel als weniger erholsam empfunden.

### Nachts muss es ruhiger sein

Eine dauerhafte Lärmbelastung von mehr als 55 Dezibel in der Nacht und mehr als 65 Dezibel am Tag erhöht das Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen nachweislich – selbst dann, wenn die Betroffenen die Geräusche nicht als störend wahrnehmen. Die beiden Dezibelwerte werden daher als Schwellenwerte für den Indikator Lärmbelastung herangezogen. Mit ihm wird erfasst, wie hoch der Anteil der Menschen ist, der in Ballungsräumen, in der Umgebung von Hauptverkehrswegen und Großflughäfen lebt und dauerhaft einer erhöhten Geräuschbelastung ausgesetzt ist. Das heißt, nicht das ganze Bundesland, sondern nur bestimmte lärmbelastete Gebiete gehen in die Betrachtung ein. Der Indikator wird entsprechend den Anforderungen der →*EG-Umgebungslärmrichtlinie* ermittelt und fortlaufend beobachtet. Bei der Kartierung 2022 wurden erstmals europaweit einheitliche Berechnungsmethoden verwendet, weshalb ein Vergleich mit vorausgegangenen Kartierungen nur bedingt möglich ist.

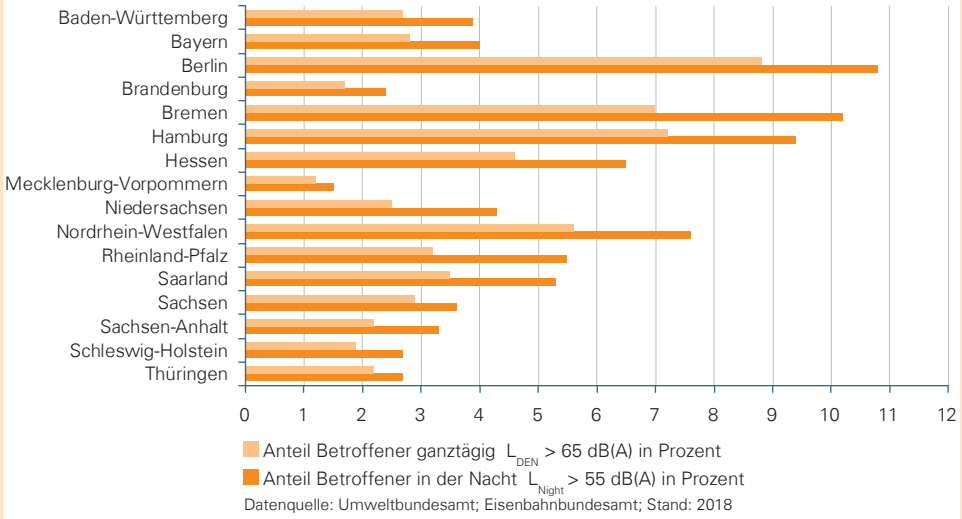
### Lärmschutzmaßnahmen erforderlich

Um Gesundheitsschäden durch Lärm vorzubeugen, empfiehlt der →*Sachverständigenrat für Umweltfragen*, den Dauerschallpegel langfristig abzusenken – und zwar auf Tag-und Nachtwerte, die deutlich unterhalb der aktuellen Schwellenwerte liegen.

## Anteil der von Lärm betroffenen Menschen an der Gesamtbevölkerung im Bundesvergleich (Stand: 2018)

(Definition: Seite 118)

Aktueller Wert im Internet




| | |
|---|---|
| **Entwicklung** | Der Anteil der Menschen, die von Lärm betroffen sind, ist je nach Bundesland unterschiedlich. In Bayern sind vergleichsweise weniger Menschen dauerhaft hohen Geräuschbelastungen ausgesetzt, während es in Stadtstaaten erwartungsgemäß mehr Betroffene gibt. Bundesweit wird die neueste (europaweit einheitliche) Erhebung im Laufe des Jahres 2024 abgeschlossen. |
| **Ziel Bayern** | Leitlinien der WHO für Umgebungslärm: Quellenspezifische Empfehlungen für die Dauerschallbelastung über den ganzen Tag (LDEN) und die Nachtzeit (LNight): Straßenverkehr: $L_{DEN}$ < 53 dB(A) und $L_{Night}$ < 45 dB(A); Schienenverkehr: $L_{DEN}$ < 54 dB(A) und $L_{Night}$ < 44 dB(A); Flugverkehr: $L_{DEN}$ < 45 dB(A) und $L_{Night}$ < 40 dB(A) |
| **Ziel Vereinte Nationen** | Ziel 3: Ein gesundes Leben für alle Menschen jeden Alters gewährleisten und ihr Wohlergehen fördern (siehe Seite 7). |




### Weiterführende Links und Verweise

- Leitlinien WHO Umgebungslärm 2018 (78)
- EG-Umgebungslärmrichtlinie (79)
- Ergebnisse der Lärmkartierung (80)
- Umweltwissen Lärm (81)
- www.liki.nrw.de (13)


- Straßenverkehrslärm: Seite 76
- Güterverkehrsleistung: Seite 78



Indikator zum Lärm

# Straßenverkehrslärm

## Straßenverkehrslärm lässt sich effektiv mindern.

Geräusche umgeben uns ständig. Doch dauerhaft hohe Lärmpegel und starke Knalle können das Gehör schwer schädigen. Aber auch niedrigere Lautstärkepegel wirken sich negativ auf Gesundheit und Wohlbefinden aus, wenn man ihnen permanent ausgesetzt ist.

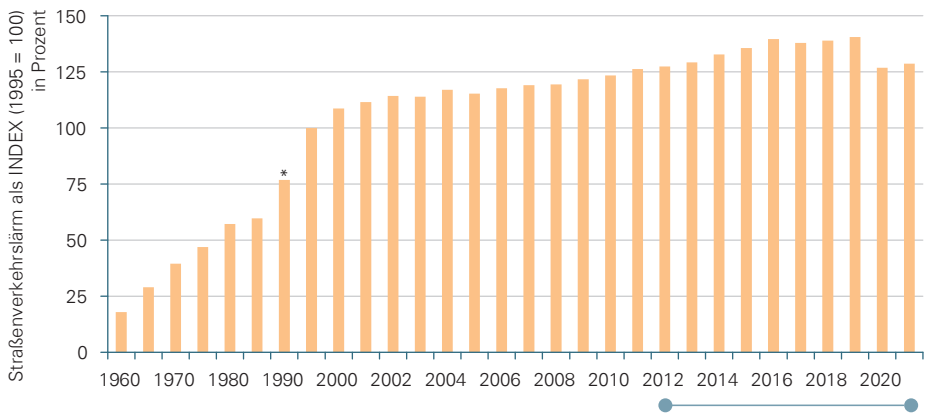
### Hauptlärmquelle: Straßenverkehr

In ganz Deutschland trägt der Straßenverkehr mit Abstand am meisten zur Lärmbelastung bei. Denn davon sind wesentlich mehr Menschen betroffen als von Flug- oder Schienenlärm – dies gilt auch für Bayern. Der Straßenverkehr nimmt seit Jahrzehnten stetig zu. Auch die Geräuschemissionen der Personenkraftwagen haben im fließenden Verkehr in den letzten 30 Jahren etwas zugenommen. Zwar sind schwere Lastkraftwagen heute leiser als früher, unterm Strich bleibt aber ein fortgesetzter Anstieg der Lärmbelastung. Sie sinkt daher nur dann, wenn auch der Straßenverkehr abnimmt wie in der Corona-Pandemie.

### Vorfahrt für alternative Verkehrsmittel

Vor allem in den Städten und Ballungsräumen sollte zum Beispiel der Umstieg vom Auto auf alternative Verkehrsmittel wie Fahrrad, Bus oder Bahn erleichtert werden. Zudem lässt sich der Straßenverkehrslärm durch technische Maßnahmen mindern. Diese sollten am besten direkt an der Lärmquelle, etwa beim Roll- und Antriebsgeräusch der Kraftfahrzeuge, ansetzen. In der Praxis kommen allerdings meist nur Lärmwälle und -wände oder Schallschutzfenster zum Einsatz. Dadurch wird das Potenzial zur Lärmminderung nicht voll ausgeschöpft. Leise Reifen verringern zum Beispiel die Lärmbelastung um bis zu sieben Dezibel. Zum Vergleich: Um diesen Effekt zu erreichen, müsste man den Verkehr auf ein Fünftel reduzieren. Besonders lärmarme Reifen können Verbraucherinnen und Verbraucher an dem Umweltzeichen „Blauer Engel“ erkennen. Auch das EU-Reifenlabel gibt Auskunft über das Rollgeräusch: Leise Reifen weisen einen Wert unter 70 Dezibel auf.

## Entwicklung des Straßenverkehrslärms in Deutschland seit 1960




* bis 1990 nur alte Bundesländer
Zeitskala bis 2000 in 5er-Jahresschritten

Datenquelle:
Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Bundesamt für Straßenwesen, Bayerisches Landesamt für Umwelt

(Definition: Seite 118)

Aktueller Wert im Internet

| | |
|---|---|
| **Entwicklung** | Der wachsende Verkehr auf Deutschlands Straßen führt auch in Bayern zu einer zunehmenden Lärmbelastung der Bevölkerung. Der 10-Jahres-Trend (2012 bis 2021) zeigt eine indifferente Entwicklung, für 2020 und 2021 mit Auswirkungen der Corona-Pandemie. Im Vergleich zu 1960 ist die Belastung heute etwa siebenmal so hoch. |
| **Ziel Bayern** | → *EG-Umgebungslärmrichtlinie*: Auf der Grundlage von Lärmkarten und Aktionsplänen sollen Maßnahmen entwickelt werden, die schädliche Auswirkungen durch Umgebungslärm verhindern, ihnen vorbeugen oder sie mindern. |
| **Ziel Vereinte Nationen** | Ziel 3: Ein gesundes Leben für alle Menschen jeden Alters gewährleisten und ihr Wohlergehen fördern (siehe Seite 7). |

## Weiterführende Links und Verweise

- EG-Umgebungslärmrichtlinie (79)
- Bayerische ÖPNV-Strategie (82)
- Umweltwissen Lärm – Straße und Schiene (81)
- www.liki.nrw.de (13)


- Lärmbelastung: Seite 74
- Güterverkehrsleistung: Seite 78
- Öffentlicher Personennahverkehr: Seite 80




Indikator zum Verkehr

# Güterverkehrsleistung

## Bahn und Schiff zu wenig genutzt – Staus, Lärm und Abgase durch Straßentransporte

Der Transport von Waren über immer weitere Entfernungen belastet Umwelt und Klima. Vor allem der hohe Anteil des Güterverkehrs auf der Straße verursacht Lärm und Abgase und verbraucht viel Energie.

### Verkehrsbelastung ist hoch

Die Lage Bayerns in Deutschland und im Zentrum Europas stellt hohe Anforderungen an das bayerische Verkehrsnetz. Der Verkehr hat, insbesondere auf der Straße, mittlerweile ein sehr hohes Niveau erreicht. 2019 waren auf den bayerischen Autobahnen durchschnittlich pro Tag über 51.400, auf den Bundesstraßen über 10.300 Fahrzeuge unterwegs. Prognosen zufolge soll sowohl der Personen- als auch der Güterverkehr weiter stark zunehmen. Für Bayern wird im Zeitraum bis 2030 ein Wachstum der Güterverkehrsleistung um rund 38 Prozent im Vergleich zu 2010 erwartet.

Das Straßennetz für den überörtlichen Verkehr in Bayern ist fast 42.000 Kilometer lang, das Schienennetz ist mit rund 6.500 Kilometer Länge deutlich kürzer. Um Bayern noch besser in den deutschen und europäischen Wirtschaftsraum einzubinden, ist ein kraftvoller Ausbau des Schienennetzes nötig, der für die Bevölkerung mit einem umfassenden Schutz vor Lärm einhergehen muss.

### Mehr Güter auf die Schiene

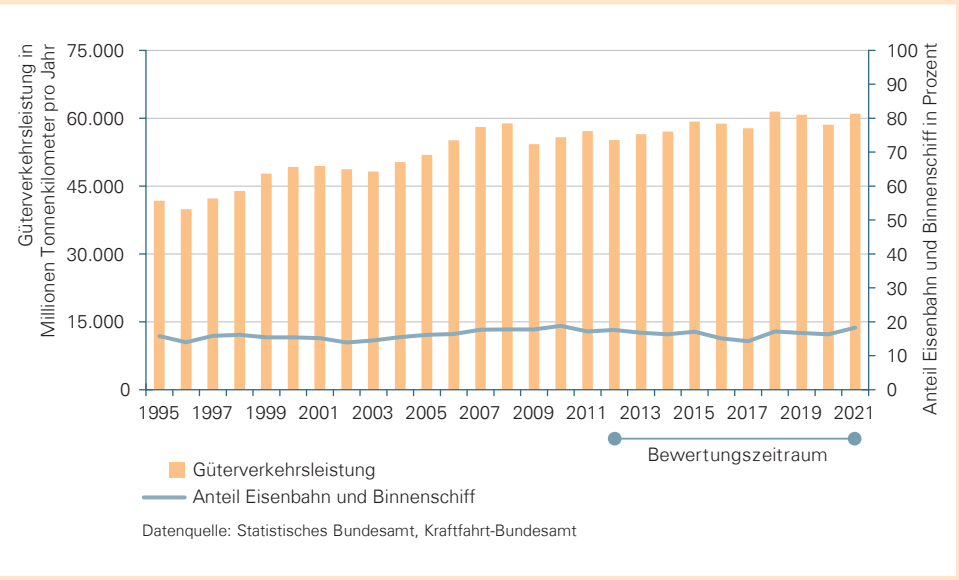
Der →*Bundesverkehrswegeplan* sieht bis 2030 rund 142 Milliarden Euro für den Erhalt von Verkehrswegen und rund 98 Milliarden Euro für deren Neu- und Ausbau vor. Vom Gesamtvolumen entfallen 49 Prozent auf die Straße, 42 Prozent auf die Schiene und 9 Prozent auf die Wasserstraßen.

Gleichzeitig fördert der Bund die Verlagerung des Gütertransports von der Straße auf die umweltverträglicheren Verkehrsträger Schiene und Wasserstraße und unterstützt damit ein Ziel, das auch in Bayerns Nachhaltigkeitsstrategie formuliert ist.

### Binnenschifffahrt rückläufig

Der Güterumschlag auf Donau und Main ist in Bayern weiter rückläufig und erreichte in 2022 mit 5,5 Millionen Tonnen einen neuen Tiefststand. Niedrige Wasserstände als Folge des Klimawandels beeinträchtigen auch die Binnenschifffahrt.

## Entwicklung des gesamten Güterverkehrs sowie des Anteils von Eisenbahn- und Binnenschiffsverkehr in Bayern seit 1995




Datenquelle: Statistisches Bundesamt, Kraftfahrt-Bundesamt

(Definition: Seite 118)

Aktueller Wert im Internet

| | |
|---|---|
| **Entwicklung** | Die von Bayern ausgehenden Gütertransporte auf Straßen, Schienen und Wasserwegen sind im Bewertungszeitraum weiter angestiegen. Mit 61 Milliarden → *Tonnenkilometern* liegen sie auf hohem Niveau. Der Anteil von Bahn- und Binnenschiffsverkehr stagniert und spielt mit gut 18 Prozent weiterhin eine deutlich untergeordnete Rolle. |
| **Ziel Bayern** | Bayerische Nachhaltigkeitsstrategie: Verlagerung möglichst großer Verkehrsanteile von der Straße auf die Schiene und auf Wasserstraßen sowie auf öffentliche Verkehrsmittel. |
| **Ziel Vereinte Nationen** | Ziel 13: Umgehend Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und seiner Auswirkungen ergreifen (siehe Seite 7). |






### Weiterführende Links und Verweise

- BAYSIS – Bayerisches Straßeninformationssystem (83)
- Rahmenplan Straßenverkehrsmanagement Bayern (84)
- Bundesverkehrswegeplan (85)
- www.liki.nrw.de (13)


- Kohlendioxidemissionen: Seite 30
- Landschaftszerschneidung: Seite 44
- Luftqualität: Seite 72
- Lärmbelastung: Seite 74




Indikator zum Verkehr

# Öffentlicher Personennahverkehr

## Ausbau des öffentlichen Personennahverkehrs fortsetzen.

Mobil zu sein, ist für die meisten Menschen heute eine Selbstverständlichkeit. Die tägliche Fahrt zur Arbeitsstelle und zum Einkaufen gehört für viele ebenso zum Leben dazu wie Wochenendausflüge und Kurztrips ins Ausland.

Moderne Mobilität muss verlässlich, effizient, sauber, sicher und bezahlbar für alle sein. Egal ob in der Stadt oder auf dem Land. Um das zu erreichen, müssen staatliche und kommunale Verkehrsplanung bestmöglich aufeinander abgestimmt werden. Das neue Deutschlandticket ist für Räume mit gutem ÖPNV-Angebot eine vielversprechende Tarifmaßnahme. Vorhandene Mittel für den ÖPNV müssen aber vorrangig in den Angebotsausbau investiert werden. Daneben haben sich auch innovative unternehmerische Konzepte, wie das Fernbusnetz, etabliert.

### Umweltentlastungen sind vielfältig

Verkehr zu vermeiden und den Neubau von Verkehrswegen sorgfältig zu planen, schont natürliche Ressourcen: Bodenflächen bleiben erhalten, der Energieverbrauch und die Belastung von Luft und Klima nehmen ab. Nicht zuletzt senken geringere Lärmpegel das Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen.

### ÖPNV-Strategie 2030

Die ÖPNV-Strategie der Staatsregierung verfolgt das Ziel bis 2030 die Fahrgastzahlen in Bussen und Bahnen gegenüber 2019 zu verdoppeln. Hierdurch soll eine Verlagerung vom PKW zum ÖPNV um 12,5 Prozent erreicht werden. Der ÖPNV soll insgesamt ausgebaut werden und mit Blick auf den ländlichen Raum soll die Zahl der Busse von rund 13.000 auf 20.000 steigen. Der Klimaschutz wird durch emissionsfreie Fahrzeuge gestärkt und auch die Barrierefreiheit wird weiter verbessert.

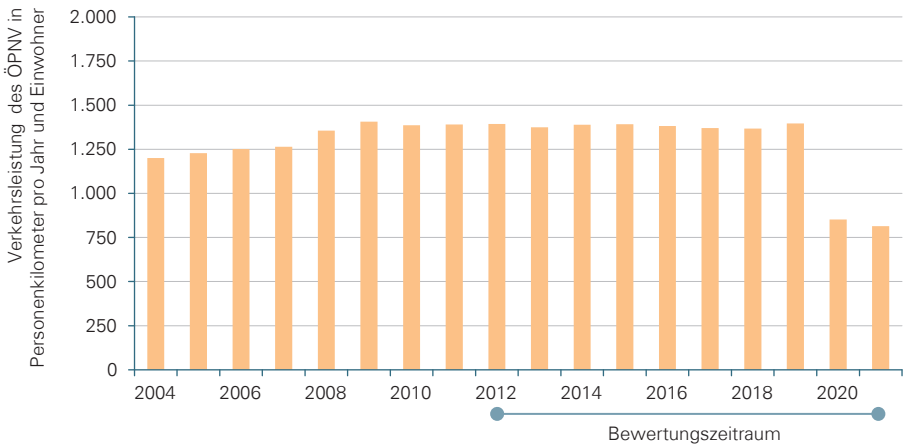
### Corona-Pandemie deutlich spürbar

Die Verkehrsleistung im öffentlichen Personennahverkehr spiegelt wider, wie sich die Nachfrage nach öffentlichen Verkehrsmitteln entwickelt. Steigt diese, wirkt sich das positiv auf die Umwelt aus, wenn gleichzeitig der Individualverkehr abnimmt. In Bayern hat sich der ÖPNV in den vergangenen Jahren nicht in die gewünschte Richtung entwickelt. Die Corona-Pandemie führte sogar zu einem Rückgang.

## Entwicklung der Verkehrsleistung des öffentlichen Personennahverkehrs in Bayern seit 2004

(Definition: Seite 118)

Aktueller Wert im Internet




Datenquelle: Statistisches Bundesamt, Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen

| | |
|---|---|
| **Entwicklung** | Die Verkehrsleistung des öffentlichen Personennahverkehrs stagniert in Bayern im Bewertungszeitraum bis 2019. Im Jahr 2019 betrug sie noch rund 1.400 Personenkilometer pro Einwohner und Jahr, in den Corona-Jahren 2020 und 2021 deutlich weniger. |
| **Ziel Bayern** | Bayerische ÖPNV-Strategie 2030: Verdoppelung der Fahrgastzahlen im Öffentlichen Personennahverkehr bis 2030 gegenüber 2019. |
| **Ziel Vereinte Nationen** | Ziel 11: Städte und Siedlungen inklusiv, sicher, widerstandsfähig und nachhaltig gestalten (siehe Seite 7). |

11 NACHHALTIGE STÄDTE UND GEMEINDEN

### Weiterführende Links und Verweise

- Bayerische ÖPNV-Strategie (82)
- www.liki.nrw.de (13)


- Kohlendioxidemissionen: Seite 30
- Luftqualität: Seite 72
- Lärmbelastung: Seite 74
- Straßenverkehrslärm: Seite 76




Indikator zu Problemstoffen

# Nitrat im Grundwasser

## Sauberes Grundwasser als gesamtgesellschaftliches Ziel.

Das Grundwasser ist Teil des →*natürlichen Wasserkreislaufs* und wichtig für die Trinkwasserversorgung. In Bayern werden daraus über 90 Prozent des Trinkwassers gewonnen. Grundwasser entsteht vor allem aus Niederschlägen, die im Boden versickern.

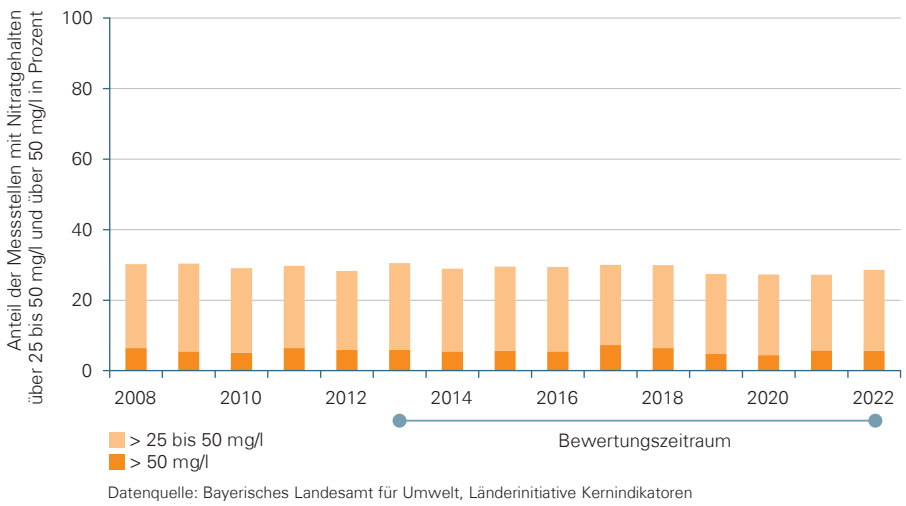
### Nitratbelastung im Fokus

Nähr- und Schadstoffe wie die Stickstoffverbindungen →*Ammoniak* oder →*Nitrat* können über Niederschläge in das Grundwasser gelangen. Sie werden unter anderem im Straßenverkehr, bei industriellen Prozessen und beim Heizen freigesetzt. Etwa drei Viertel des Stickstoffs in den Gewässern Deutschlands stammt aus dem landwirtschaftlichen Sektor. Auch bei einer bedarfsgerechten Düngung lässt sich nicht vollständig vermeiden, dass Nitrat in die Gewässer gelangt. Die Einträge müssen aber begrenzt werden. Die Nitratgehalte des Grundwassers sind in Gebieten, in denen Ackerbau betrieben wird, deutlich höher als in Grünlandgebieten.

### Zuviel Nitrat ist ungesund

Erhöhte Nitratgehalte können der menschlichen Gesundheit schaden: Wird Nitrat im Organismus zu →*Nitrit* umgewandelt, kann das vor allem bei Säuglingen die Sauerstoffversorgung über das Blut hemmen. Europaweit wurde daher für Grund- und Trinkwasser ein Nitratgrenzwert von 50 Milligramm pro Liter festgesetzt, geringere Konzentrationen gelten als unbedenklich. In Bayern wird dieser Wert bei 5,6 Prozent der langjährig beobachteten Messstellen überschritten (Stand: 2022). Seit 2008 ist damit die Nitratbelastung des Grundwassers in etwa gleichgeblieben. Grundwasser, das nur wenig durch menschliches Handeln beeinflusst wird, zeigt in Untersuchungen Nitratgehalte unter 25 Milligramm pro Liter. Dieser Wert wird bei rund 29 Prozent der Messstellen überschritten und hier zeigt sich in den letzten 10 Jahren eine leichte Besserung.

## Entwicklung der Nitratbelastung des Grundwassers in Bayern seit 2008




Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt, Länderinitiative Kernindikatoren

(Definition: Seite 119)

Aktueller Wert im Internet

| | |
|---|---|
| **Entwicklung** | Die Belastung des bayerischen Grundwassers mit →*Nitrat* über 50 Milligramm pro Liter hat sich im aktuellen Bewertungszeitraum (2013 bis 2022) nicht signifikant verändert. Bei den Messstellen mit Werten über 25 Milligramm pro Liter zeigt sich eine leichte Verbesserung. |
| **Ziel Bayern** | →*EG-Wasserrahmenrichtlinie*: Eine weitergehende Reduzierung des Nitratgehalts im Grundwasser und ein guter chemischer Zustand aller →*Grundwasserkörper* bis spätestens 2027. |
| **Ziel Vereinte Nationen** | Ziel 3: Ein gesundes Leben für alle Menschen jeden Alters gewährleisten und ihr Wohlergehen fördern (siehe Seite 7). |






### Weiterführende Links und Verweise

- Internetangebot: Nitrat im Grundwasser (87)
- EG-Wasserrahmenrichtlinie (60)
- www.liki.nrw.de (13)
- → Stickstoffüberschuss: Seite 58



Indikator zu Problemstoffen

# Schwermetalleintrag

## Ziel: Schwermetalleinträge senken.

→*Schwermetalle* werden aus vielfältigen Quellen freigesetzt: vor allem in der Industrie, aber auch im Verkehr und in der Landwirtschaft. Sie sind meist an →*Aerosole* gebunden und werden so über die Luft weiträumig verteilt. Durch Niederschläge und die Ablagerung von Staubpartikeln gelangen sie auf Böden und Pflanzen.

### Stoffanreicherung in der Umwelt

Der Eintrag von Antimon und anderen giftigen Schwermetallen belastet die Umwelt auf lange Sicht: Sie sind nicht abbaubar und werden nur sehr langsam aus den natürlichen Stoffkreisläufen entfernt. Sie können Ökosysteme, aber auch den menschlichen Organismus schädigen, etwa wenn sie über die Atemluft oder die Nahrung in den Körper gelangen.

### Effekte des Klimawandels

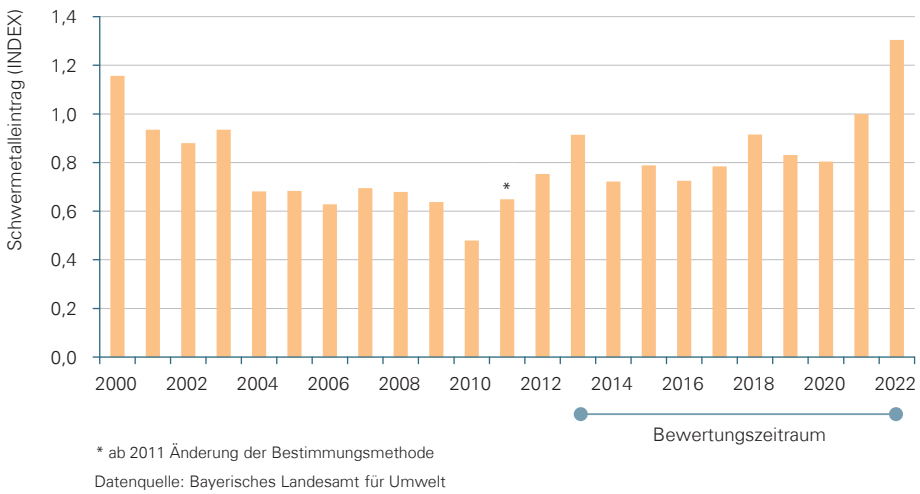
Mit dem Klimawandel gehen Trockenheitsperioden einher, deren Folge auch weitläufige Staubaufwirbelungen sind. Zusammen mit den verkehrsbedingten Aufwirbelungen von Straßen und anderen →*versiegelten Flächen* führt dies zu höheren Staubniederschlägen mit darin enthaltenen Elementen wie →*geogenem* Mangan.

Allerdings gibt es Unterschiede zwischen den verschiedenen Schwermetallen: Während zum Beispiel die Einträge von Blei, Zink, Molybdän oder Kupfer keinen eindeutigen Trend zeigen, steigt der Eintrag des vom Kfz-Verkehr emittierten Metalls Bismut weiter an. Es wird anstelle von Antimon in Bremsbelägen eingesetzt. Mit diesem erweiterten Elementspektrum gelingt es, sich an aktuellen Emissionssituationen zu orientieren, was beim bundesweiten Indikator mit den vier Elementen Arsen, Cadmium, Nickel und Blei schwierig ist.

### Monitoring persistenter Stoffe

Neben dem Eintrag von Schwermetallen wird die Verbreitung von →*persistenten organischen Schadstoffen* (POP) aufmerksam beobachtet. Zu ihrer Langlebigkeit kommen oft noch ihre Giftigkeit und Fähigkeit zur Anreicherung in der Nahrungskette als negative Eigenschaften dazu. Der Eintrag solcher Stoffe lässt sich durch Monitoring verschiedener Umweltmedien verfolgen. So kann überprüft werden, ob die gesetzlichen Vorgaben eingehalten werden, um bei Bedarf rechtzeitig gegenzusteuern.

## Entwicklung der Schwermetalleinträge aus der Atmosphäre in Bayern seit 2000




* ab 2011 Änderung der Bestimmungsmethode

Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt

(Definition: Seite 119)

Aktueller Wert im Internet

| | |
|---|---|
| **Entwicklung** | Die →*Hintergrundeinträge* von →*Schwermetallen* zeigen in Bayern im aktuellen Zehnjahrestrend (2013 bis 2022) keine Zu- oder Abnahme. Sie liegen etwa auf dem Niveau zu Beginn der 2000er Jahre. Da Schwermetalle biologisch nicht abbaubar sind, verbleiben diese Stoffe in der Umwelt und verbreiten sich. |
| **Ziel Bayern** | Die Schwermetalleinträge müssen gesenkt werden, vor allem im Hinblick auf eventuelle →*Kombinationswirkungen* oder Langzeitwirkungen (Vorsorgegedanke). |
| **Ziel Vereinte Nationen** | Ziel 3: Ein gesundes Leben für alle Menschen jeden Alters gewährleisten und ihr Wohlergehen fördern (siehe Seite 7). |

## Weiterführende Links und Verweise

- Internationaler Workshop zu Antimon (88)
- Hintergrundwerte der atmosphärischen Deposition (89)
- Schwermetalle: Eintrag, Anreicherung und Bewertung (90)
- Europäischer Zero-Pollution-Aktionsplan (91)
- www.liki.nrw.de (13)
- Luftqualität: Seite 72



Blickpunkt

# Die Stadt im Klimawandel

**Städte sind Lebensraum für viele Menschen, Tiere und Pflanzen. Der Klimawandel stellt uns dort vor besonders große Herausforderungen. Eine klimaangepasste Stadtplanung liefert passende Antworten auf Extremwetterereignisse mit naturbasierten Lösungen.**

↓ Broschüre Bayerns Klima im Wandel (5)

Hitzewellen, Überschwemmungen, Sturzfluten: Die Folgen der globalen Erwärmung sind schon heute spürbar. Klimaschutz, also die Reduzierung der →*Treibhausgasemissionen*, ist eine der größten aktuellen Herausforderungen. Doch auch bei einer deutlichen Verminderung der von den Menschen verursachten Treibhausgasemissionen, werden die Auswirkungen des Klimawandels spürbar. Um den Folgen der globalen Erwärmung zu begegnen, ist eine Anpassung an diese erforderlich.

## Hitze, Trockenheit und Starkregen nehmen zu

↓ Bayerisches Klimainformationssystem (6)

Der Klimawandel ist auch in Bayern angekommen und schreitet voran. Die Lufttemperatur ist seit den 1950er-Jahren um fast zwei Grad Celsius gestiegen – ohne wirksamen Klimaschutz werden es den Projektionen zufolge bis 2085 sogar bis zu 4,8 Grad Celsius mehr sein als im Vergleich zum Zeitraum 1971–2000. Mit fortschreitendem Klimawandel wird die Hitzebelastung deutlich steigen, zumal nicht nur im Mittel höhere Temperaturen, sondern auch mehr Extremereignisse wie Hitzetage (über 30 Grad) und Tropennächte (über 20 Grad) vorausgesagt werden. Steigen die Temperaturen, verdunstet mehr Wasser.

Durch den Klimawandel steigt die Gefahr für Trockenheit, selbst wenn es genauso viel regnet wie bisher. Da in Bayern jedoch nach den aktuellen Simulationen die Niederschläge im Sommer geringer ausfallen werden, werden Trockenperioden häufiger. Ohne wirksamen Klimaschutz wird sich voraussichtlich die saisonale Verteilung der Niederschläge ändern: Im Sommer wird es weniger regnen, im Winter mehr.

Mit dem Bayerischen Klimainformationssystem können sich Bürgerinnen und Bürger wahlweise das Klima der Vergangenheit und der Zukunft Bayerns darstellen lassen. Die Ergebnisse werden in Form von Karten, Zeitverläufen und Tabellen präsentiert. Diese Klimadaten gibt es für ganz Bayern, seine →*Klimaregionen* und sogar bis auf Landkreisebene.

### Warum Städte vom Klimawandel besonders betroffen sind

Die Folgen des Klimawandels werden besonders in den Städten zu spüren sein. Denn Stadtgrün und Wasserflächen, die für Abkühlung sorgen, sind rar. Stattdessen dominieren Bebauung, asphaltierte Straßen und gepflasterte Plätze. Diese heizen sich an heißen Sommertagen auf und stehen bei →*Starkregen* schnell unter Wasser, wenn die Kanalisation überlastet ist. Städte rücken auch deshalb besonders in den Fokus des Klimawandels, weil dort so viele Menschen wohnen, die von den Auswirkungen betroffen sind.

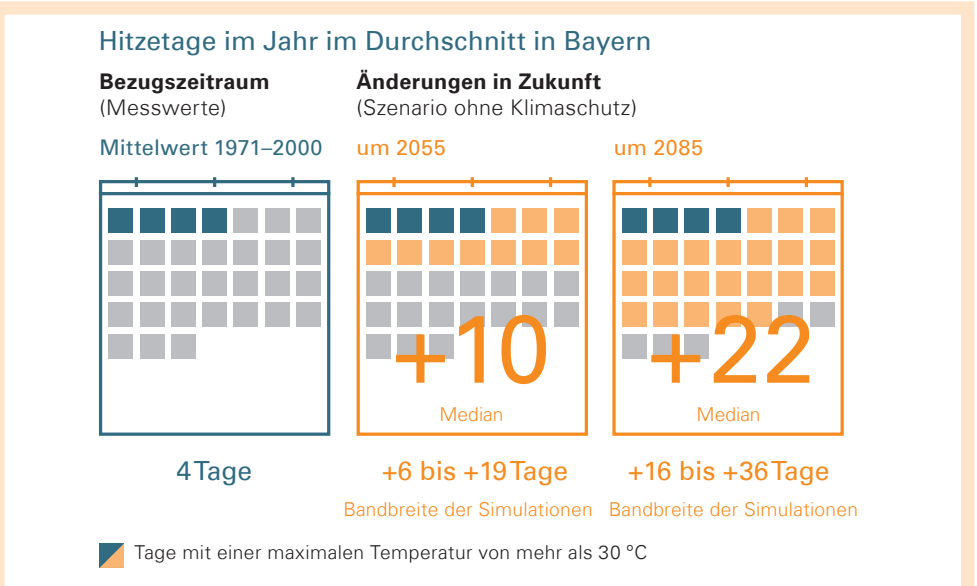
Städte sind Wärmeinseln: Hier kann es bis zu zehn Grad wärmer als im Umland sein. Der Temperaturunterschied zum Umland ist in klaren Sommernächten besonders groß. Zusätzlich verhindert die hohe und dichte Bebauung, dass kühle und frische Luft, die über größeren Grün- und Waldflächen im Umland entsteht, in die Stadt strömt. Luftschadstoffe aus Verkehr und Industrie sowie künstliche Wärmequellen wie Heizungen und Klimaanlagen verstärken den Effekt zusätzlich.

### Kommunen planen, entscheiden und können damit viel bewegen

Wenn es um die Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen geht, sind die Städte und Gemeinden wesentliche Akteure. Vor Ort regeln sie in eigener Verantwortung die Angelegenheiten der örtlichen Gemeinschaft. Dieser Umstand findet sich in zahlreichen Gesetzen: Städte und Gemeinden sind Träger der Planungshoheit (§ 1 Abs. 3 Satz 1 BauGB). Ihnen sind die Instrumente des Planungsrechts übertragen, mit denen sie auch städtebauliche Klimaanpassungsmaßnahmen voranbringen können. Zudem sind die Gemeinden befugt, bauordnungsrechtliche und naturschutzrechtliche Satzungen zu erlassen (Art. 81 BayBO bzw. Art. 12 Abs. 2 BayNatSchG). Auf eigenen Liegenschaften können Kommunen nicht nur Klimaanpassung umsetzen, sondern hierdurch auch eine wichtige Vorbildfunktion einnehmen.

Informelle Rahmenpläne wie Klimaanpassungskonzepte liefern Städten und Gemeinden das strukturelle Grundlagenwissen. Dieses ist für eine abgewogene, sachgerechte und rechtssichere Arbeit unabdingbar und unterstützt dabei, Entscheidungen gegenüber Bürgerinnen und Bürgern zu erklären.

↓ Instrumente zur Klimaanpassung vor Ort – Eine Arbeitshilfe für Kommunen in Bayern (92)




*Zum Ende des Jahrhunderts werden bis zu 40 Hitzetage pro Jahr in Bayern erwartet. Städtische Wärmeinseln können diese Entwicklung im besiedelten Bereich weiter verstärken.*





*oben links: Versickerungsmulden nehmen überschüssiges Regenwasser auf und entlasten bei →Starkregen die Kanalisation.*

*oben rechts: Naturnah gestaltete Freiflächen tragen maßgeblich zur →Klimaresilienz einer Stadt bei. (im Bild: Business-Park Garching).*

## Mit grüner und blauer Infrastruktur dem Klimawandel begegnen

*→Blaue Infrastruktur* stärkt den *→natürlichen Wasserkreislauf*, indem Regenwasser zurückgehalten wird, anstatt es abzuleiten. So kann das Wasser vor Ort verdunsten und dadurch die Umgebung kühlen, Pflanzen bewässern und die Kanalisation entlasten. *→Grüne Infrastruktur* erhöht mit strukturreichen Lebensräumen die Artenvielfalt, schafft durch Kühlung und Beschattung Räume mit hoher Aufenthaltsqualität und ermöglicht es, Freiflächen multifunktional zu gestalten und zu nutzen.

Hier einige Beispiele wie Klimaanpassung in der Stadt gelingen kann:

- Wasserdurchlässige Beläge verbessern die Versickerung von Regenwasser und tragen zur Neubildung von Grundwasser bei.
- Tiefbeete können platzsparend Regenwasser speichern, damit es später versickern oder verdunsten kann.
- Straßenbäume verbessern durch Verschattung und Verdunstung das Mikroklima.
- Zisternen können als unterirdische Speicher flächensparend Regenwasser speichern, welches in Trockenzeiten der Bewässerung dienen kann.
- Versickerungsmulden entlasten bei *→Starkregen* die Kanalisation, speichern als begrünte Bodenvertiefung Regenwasser, und lassen es verzögert verdunsten und versickern.
- Grüne Innenhöfe mit Bäumen, Fassadengrün oder einem kleinen Garten bieten eine Wohlfühloase für den Menschen und Lebensraum für Tiere und Pflanzen.
- Grüne Fassaden dämmen das Gebäude, binden Schadstoffe, reduzieren Lärm, kühlen die Umgebungstemperatur und bieten Lebensraum für Tiere.
- Begrünte Dächer speichern Regenwasser, dämmen das Gebäude, bieten Lebensraum für Tiere und Pflanzen und können auch neuen Aufenthaltsraum für Menschen schaffen.
- Tümpel, Teiche oder Weiher können kurzfristig Regenwasser speichern und verbessern das Mikroklima durch Verdunstung. Sie bieten wertvollen Lebensraum für Tiere und Pflanzen.
- Unbebaute Grünzüge ermöglichen den Luftaustausch und erzeugen bei ausreichender Größe frische und kalte Luft zur Kühlung der Stadtklimas. Sie bieten wertvollen Lebensraum für Tiere und Pflanzen und Naherholung für Menschen.
- Kaltluftschneisen transportieren in der Nacht kühlere Luft aus dem Umland in die wärmere Innenstadt und tragen zur Abkühlung bei.
- Notabflusswege dienen der schadlosen Ableitung von Niederschlagswasser bei *→Starkregenereignissen*, wenn die Kanalisation überlastet ist oder andere Entwässerungselemente gefüllt sind. Sie leiten das Wasser in Bereiche, die schadlos eingestaut werden können.

↓ Maßnahmen der grünen und blauen Infrastruktur zur Klimaanpassung im besiedelten Bereich (93)

### Zusätzliche Impulse gibt die Umweltinitiative Stadt.Klima.Natur

Die Umweltinitiative Stadt.Klima.Natur des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz ist im Klimaschutzprogramm Bayern 2050 mit seinen rund 150 Einzelmaßnahmen fest verankert. Sie gibt wichtige zusätzliche Impulse für die Klimaanpassung in den Städten, vor allem für mehr →*grüne* und *blaue Infrastruktur* im besiedelten Bereich. Sie unterstützt das Ziel lebenswerte und klimagerechte Städte der Zukunft zu gestalten.

Modell- und Forschungsprojekte, Dialog- und Informationsformate sowie eine Übersicht zu Förderprogrammen unterstützen Städteplaner. Dabei wird ein kooperativer Ansatz mit unterschiedlichen Partnern – zum Beispiel innerhalb der Staatsregierung und mit Vertretern aus Praxis und Forschung verfolgt, beispielsweise dem Zentrum Stadtnatur und Klimaanpassung der TU München.

### Für Bauherrn und Planer: Beratungsstelle Energieeffizienz und Nachhaltigkeit

Um klimaangepasstes Planen und Bauen in Bayern weiter voranzubringen, unterstützen Bau- und Umweltministerium gemeinsam die Beratungsstelle Energieeffizienz und Nachhaltigkeit (BEN) der Bayerischen Architektenkammer. Dank dieser Kooperation konnte die BEN ihr kostenloses Erstberatungsangebot um das Themenfeld Klimaanpassung mit Schwerpunkt auf grüner und blauer Infrastruktur erweitern.

Die besondere Qualität: Alle Beratungen sind fachübergreifend, neutral und unabhängig von wirtschaftlichen Interessen der Beraterinnen und Berater. Sie umfassen zentrale Fragen zu kommunalen Nachhaltigkeitsstrategien, zu Klimawandel und -anpassung sowie zur Energieeffizienz und Nachhaltigkeit von städtebaulichen Konzepten und Gebäuden, sowohl bei Neubauten als auch bei Maßnahmen im Gebäudebestand. Beratungsinhalte werden individuell und projektbezogen bearbeitet. Die Beratungsstellen befinden sich in München und Nürnberg. Zusätzlich ist auch eine Online-Beratung möglich. Die Erstberatung ist kostenfrei.

↓ Stadt.Klima.Natur (71)

↓ Beratungsstelle Energieeffizienz und Nachhaltigkeit (94)

↓ Zentrum Stadtnatur und Klimaanpassung (95)





*links ein gelungenes Beispiel: Wohnhaus in der Stadt mit begrünter Fassade*

*unten: Alte Bäume und Hecken in Stadtparks (wie hier im Hofgarten in München), auf Friedhöfen und entlang von Straßen sind besonders wertvoll für die Artenvielfalt und Klimaanpassung.*

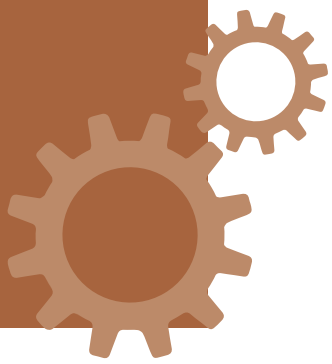


# RESSOURCEN UND EFFIZIENZ

**im Gespräch mit** Prof. Dr.-Ing. Jörg E. Drewes

**Indikatoren zu**
Grundwasser
Boden und Fläche
Abfall und Rohstoffe
Effizienz

**Blickpunkt zu** Werden unsere Wasserressourcen knapp?



Menschliches Handeln ist untrennbar mit dem Einsatz natürlicher Ressourcen verbunden. Doch Energie und Rohstoffe sind nur begrenzt verfügbar und auch die Fläche ist ein endliches Gut. Zudem belastet jede Art von Ressourcennutzung die Umwelt mehr oder weniger stark.

Böden, Energie, Rohstoffe und Wasser müssen daher sparsam und effizient genutzt werden, damit sie auch nachfolgenden Generationen zur Verfügung stehen.

Ein erster wichtiger Schritt ist, Wirtschaftswachstum und Ressourceneinsatz zu entkoppeln. Effizienz allein reicht jedoch nicht aus. Damit die natürlichen Ressourcen langfristig erhalten bleiben, müssen wir insgesamt noch weniger davon verbrauchen.



**Prof. Dr.-Ing. Jörg E. Drewes**
leitet seit 2013 den Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft an der Technischen Universität München, wo er sich mit dem urbanen Wasserkreislauf, Wasserrecycling sowie Themen der Wasserbeschaffenheit beschäftigt. Er ist Mitglied im Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen.

Im Gespräch

# Den Umgang mit Wasser neu denken!

**Sauberes Trinkwasser ist nicht selbstverständlich, sondern das Ergebnis einer funktionierenden Siedlungswasserwirtschaft. Professor Dr.-Ing. Jörg E. Drewes geht der Frage nach, wie die Wasserversorgung auch in Zukunft gelingen kann.**

**Herr Professor Drewes, welches sind die dringendsten Themen, die die Wasserversorger aktuell beschäftigen?**
Der überwiegende Teil des Trinkwassers wird in Bayern aus dem Grundwasser gewonnen. Der Schwerpunkt in der Wasserversorgung liegt deshalb auf dem Schutz des Grundwassers als Ressource. Das Ziel muss sein, so zu wirtschaften, dass auch in Spitzenzeiten ausreichend Wasser zur Verfügung steht. Es ist wichtig, ein gutes Management zu betreiben – und zwar sowohl ein Management der Wasserverteilung als auch ein Management des Wasserbedarfs. Die Zukunft bringt große Unsicherheiten hinsichtlich der Grundwasserneubildung und damit heute schon Unsicherheiten in der Planung der Wassergewinnung und Wasserverteilung.

Aus meiner Sicht lässt sich dem nur begegnen, wenn wir die Infrastruktur deutlich flexibler und anpassungsfähiger gestalten, als das heute der Fall ist. Dafür müssen wir frühzeitig die Weichen stellen. Außerdem geht es um stoffliche Belastungen: Die →*Nitratkonzentrationen* im Grundwasser sind seit vielen Jahrzehnten besorgniserregend.

**Im Durchschnitt dauert es acht Jahre bis ein Wasserschutzgebietsverfahren abgeschlossen ist. Wie könnte man das beschleunigen?**
Mit dem Ausweisen von Trinkwasserschutzgebieten betreiben wir Daseinsvorsorge. Es geht um die Versorgungssicherheiten für die kommenden Generationen und dies muss in der Priorität ganz oben stehen. Natürlich müssen zuvor viele Unterlagen gesichtet und Gutachten erstellt werden, aber solche Dinge kann man nicht erst bis ins letzte Detail ausdiskutieren, sondern man muss handeln. Daseinsvorsorge ist von übergeordnetem Interesse, das muss bei der Abwägung von Interessenkonflikten klar Berücksichtigung finden.

**Wasserverteilung und Wasserbedarf sind also Management-Themen. Können Sie das genauer erläutern?**
Wir wissen aktuell an vielen Stellen gar nicht, wieviel →*Rohwasser* den →*Grundwassersystemen* tatsächlich entnommen wird. Vor allem im Sektor Landwirtschaft, wo die Betriebe das Wasser für die Bewässerung ihrer Felder oder die Viehtränke benötigen, liegen uns lediglich Schätzungen vor. Wir brauchen eine

dynamische, digitale Erhebung der Daten, um in Echtzeit sehen zu können, wie sich der Grundwasserspiegel entwickelt. Die Investitionen in die dafür nötige Messtechnik sind aus meiner Sicht überschaubar.

Aber natürlich entstehen auch Nutzungskonflikte, die gelöst werden müssen. Wasser ist ein wertvolles Gut. Der Gesellschaft muss noch besser vermittelt werden, welch ein Aufwand täglich betrieben wird, damit in diesem Land aus jedem Wasserhahn zu jeder Zeit bestes Trinkwasser fließen kann. Im Verhältnis dazu kostet es für den Einzelnen wenig. Das ist keine Selbstverständlichkeit und jeder, der ein bisschen in der Welt umherreist, weiß das auch.

„Mit dem Ausweisen von Trinkwasserschutzgebieten betreiben wir Daseinsvorsorge, das muss in der Priorität ganz oben stehen."

**Sie sprechen von einem zirkulären Verständnis von Wasser. Was meinen Sie damit?**

Siedlungswasserwirtschaft ist historisch so organisiert, dass sauberes Trinkwasser in eine Stadt eingeleitet und gebrauchtes Wasser wieder hinausgeleitet wird. Das ist eine sehr lineare Denkweise, die sich auch in den Verwaltungsstrukturen der Wasserwirtschaft widerspiegelt. In der Praxis fließen Trinkwasser, beziehungsweise Grundwasser, und Abwasser aber gar nicht vollständig getrennt voneinander, sondern sind eng verzahnt. Wir leiten behandeltes Abwasser, das ja immer noch Reste von Verschmutzungen enthält, in einen Fluss ein und nutzen das Wasser dieses Flusses dann als Uferfiltrat oder um Grundwasser in einer besonders trockenen Gegend im Sommer anzureichern.

Beispielsweise dient das aufbereitete Wasser aus dem Lech dazu, das Trinkwasser in Nordbayern zu ergänzen. Das bedeutet, dass man sich in der Wasserwirtschaft beim Abwasser genau die gleichen Gedanken hinsichtlich stofflicher Belastungen und Hygiene machen muss, wie beim Trinkwasser. Wir müssen also das Wasser als Gesamtressource bewirtschaften und nicht sauberes und schmutziges Wasser getrennt.

Übrigens spiegelt sich dieses zirkuläre Verständnis in vielen neu verabschiedeten Gesetzen und Regelwerken im Zusammenhang mit der Siedlungswasserwirtschaft. Auch in der neuen Europäischen Trinkwasserrichtlinie wird es aufgegriffen.

**Sie waren Professor in den USA und haben in Australien sowie Saudi-Arabien geforscht. Welche Erkenntnisse bringen Sie von dort mit?**

Australien ist zum Beispiel deutlich weiter als Deutschland bei der Nutzung von Regenwasser, dort ist die →*blau-grüne Infrastruktur* bereits etabliert. In Kalifornien betreibt man schon seit 60 Jahren Wasserrecycling auch für die Trinkwassergewinnung. Man muss dabei technisch genau wissen, was man tut, denn es darf ja keiner durch unsauberes Trinkwasser zu Schaden kommen. Damit hat man dort sehr viel Erfahrung.

Wasserwiederverwendung kann in Zukunft auch in Bayern punktuell helfen, Wassernotstände auszugleichen. Ich sehe Forschungsbedarf dahingehend, wie wir diese Anpassung organisieren.

**Was genau begeistert Sie an Ihrer beruflichen Tätigkeit rund ums Wasser?**

Wasser ist ein Element großer Inspiration, Wasser hat verrückte und sehr spannende chemische Eigenschaften, es ist fantastisch, was sich alles im Wasser abspielt, und es ist faszinierend, welche technischen und auch naturnahen Verfahren wir einsetzen können, um Wasser für uns nutzbar zu machen. Ich bin gerne am Wasser – und manchmal auch im Wasser. Das Medium, mit dem ich jeden Tag arbeite, ist für mich auch ein Ort der Entspannung.



Indikator zum Grundwasser

# Grundwasserneubildung aus Niederschlägen

## Voraussetzung für eine nachhaltige Trinkwasserversorgung.

Im Vergleich zu Oberflächengewässern reagieren viele Grundwasservorkommen deutlich langsamer auf Änderungen des Niederschlagsgeschehens. Dies hängt von den regionalen →*hydrogeologischen* Gegebenheiten sowie den Speichereigenschaften des Untergrundes ab. In der Folge können vor allem ergiebige Grundwasservorkommen einzelne trockene Jahre kompensieren. In Bayern liefert das Grundwasser rund 92 Prozent des Trinkwassers. Für die Wasserwirtschaft stellt die Sicherstellung des Spitzenwasserbedarfs der öffentlichen Trinkwasserversorgung in Trockenzeiten, bei gleichzeitig erhöhtem Bewässerungsbedarf seitens der Landwirtschaft, eine besondere Herausforderung dar.

### Hydrologisches Winterhalbjahr entscheidend

Veränderte Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse, wie sie sich in den vergangenen Jahrzehnten zeigten, beeinflussen die Grundwasserneubildung aus Niederschlag. Aufgrund der Vegetationsruhe wirken sich besonders von November bis April Niederschlagsänderungen auf die Grundwasserneubildung aus – und somit auch auf die Grundwasserstände.

### Kaum feuchte Jahre seit 2003

Der Zeitraum seit 2003 ist durch eine deutlich reduzierte Grundwasserneubildung charakterisiert. Zum Ausgleich dieses Defizits sind besonders feuchte Jahre erforderlich. Diese waren in den letzten 20 Jahren, mit Ausnahme von 2013, nicht vertreten. Im Mittel beträgt die Grundwasserneubildung aus Niederschlag 2003–2022 nur 84 Prozent gegenüber der Referenzperiode 1971–2000 (Nordbayern 87 Prozent, Südbayern 81 Prozent). Derzeit werden damit die geringsten Grundwasserneubildungsraten der gleitenden 10-Jahreswerte im gesamten Beobachtungszeitraum registriert.

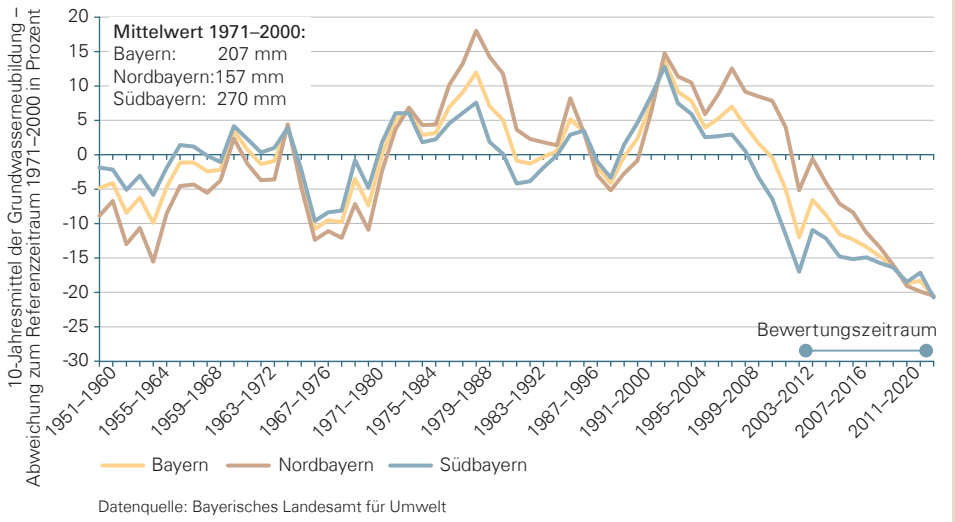
### Mangelsituationen vorbeugen

Aufgrund dieser Entwicklung sollten Wasserversorgungsunternehmen vorsorglich planen und rechtzeitig Maßnahmen ergreifen, um möglichen Mangelsituationen in der Zukunft vorzubeugen. Weiter steigende Temperaturen bewirken zudem voraussichtlich einen erhöhten Wasserbedarf in den Sommermonaten, sodass auch dies zu einer Abnahme der Grundwasserstände beitragen kann.

## Grundwasserneubildung als relative Abweichung gegenüber der Referenzperiode 1971–2000 in Prozent

(Definition: Seite 120)

Aktueller Wert im Internet




Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt

| | |
|---|---|
| **Entwicklung** | Die Grundwasserneubildung aus Niederschlag ist keine konstante Größe. Stattdessen unterliegt sie den Änderungen des Klimageschehens: Im Bewertungszeitraum hat die Grundwasserneubildung aus Niederschlag abgenommen. Derzeit wird ein Langzeitminimum registriert. |
| **Ziel Bayern** | Wasserzukunft Bayern 2050: Ausgehend von den zu erwartenden Veränderungen der Grundwasserneubildung sind Anpassungsmaßnahmen zur Sicherstellung der öffentlichen Wasserversorgung zu entwickeln und umzusetzen. |
| **Ziel Vereinte Nationen** | Ziel 6: Verfügbarkeit und nachhaltige Bewirtschaftung von Wasser und Sanitärversorgung für alle gewährleisten (siehe Seite 7). |






## Weiterführende Links und Verweise

- Niedrigwasser, Dürre, Grundwasserneubildung: Bestandsaufnahme des UBA (96)
- Grundwassersituation in Bayern (97)
- Bericht der Expertenkommission Wasserversorgung (98)
- Information zu Wasserkreislauf und -bilanzen (99)
- Grundsätze und Ziele der Wasserversorgung in Bayern (StMUV) (100)


- Temperaturentwicklung: Seite 24
- Ökologischer Zustand der Oberflächengewässer: Seite 60
- Interview Prof. Jörg Drewes: Seite 92
- Blickpunkt Ressourcen und Effizienz: Seite 110



Indikator zu Boden und Fläche

# Ökologische Landwirtschaft

## Produktion, Naturschutz und Landschaftspflege unter einem Hut.

Damit die landwirtschaftlichen Betriebe im nationalen wie internationalen Wettbewerb bestehen, müssen sie sich ständig an wandelnde Rahmenbedingungen anpassen. Während der vergangenen Jahrzehnte wurde die Produktion immer weiter gesteigert. Dies führt jedoch zu verschiedenen Belastungen für die →*Agrarökosysteme*.

### Ökolandbau fördert Ertragsfähigkeit des Bodens

Ziel des Ökolandbaus ist es, im Einklang mit der Natur zu wirtschaften und natürliche Ressourcen zu schonen. Besonders wichtig ist der Schutz des Bodens. Daher fördert der ökologische Landbau gezielt die Humusbildung und das Bodenleben, um die natürliche Bodenfruchtbarkeit und Ertragsfähigkeit zu erhalten und zu erhöhen. Angestrebt werden möglichst geschlossene Nährstoffkreisläufe: Futter und Nährstoffe soll der eigene Betrieb liefern. Dadurch können Ressourcen geschont und Umweltbelastungen eingeschränkt werden. Zusätzlich schont der konsequente Verzicht auf den Einsatz chemisch-synthetischer Dünge- und Pflanzenschutzmittel die Gewässer und trägt zur Vielfalt der Arten und der Lebensgemeinschaften bei. Innerhalb der Europäischen Union legt die neue →*EU-Öko-Verordnung* (2018/848) einen einheitlichen Standard für pflanzliche wie tierische Agrarerzeugnisse und Lebensmittel aus ökologischem Landbau fest. Ein Kontrollverfahren überwacht die Einhaltung dieser Vorschriften. Der Anteil ökologisch bewirtschafteter Flächen an der gesamten Landwirtschaftsfläche sagt deshalb auch aus, wie bodenschonend und nachhaltig die Landbewirtschaftung derzeit ist.

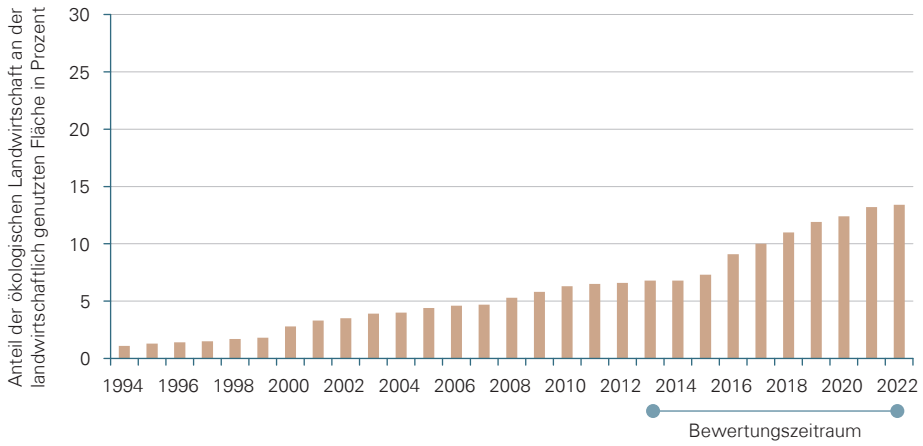
### Flächenanteil nimmt zu

In Bayern nimmt die Fläche, die nach den Vorgaben des ökologischen Landbaus bewirtschaftet wird, kontinuierlich zu. 2022 lag ihr Anteil bei circa 13,4 Prozent, zehn Jahre zuvor waren es noch 6,6 Prozent. Parallel dazu ist die Nachfrage nach Produkten aus dem ökologischen Landbau in den vergangenen Jahren weiterhin stark gewachsen.

## Entwicklung des Anteils der ökologisch bewirtschafteten Flächen in Bayern an der landwirtschaftlich genutzten Fläche seit 1994

(Definition: Seite 120)

Aktueller Wert im Internet




Datenquelle: Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, Statistisches Bundesamt

| | |
|---|---|
| **Entwicklung** | Landwirtschaftsflächen, auf denen Ökolandbau nach den Vorgaben der Europäischen Union betrieben wird, nehmen in Bayern im aktuellen Bewertungszeitraum (2013 bis 2022) kontinuierlich zu. 2022 lag ihr Anteil bei 13,4 Prozent. |
| **Ziel Bayern** | Bayerisches Naturschutzgesetz: Ausweitung des ökologischen Landbaus bis 2025 auf mindestens 20 Prozent, bis 2030 auf mindestens 30 Prozent der landwirtschaftlich genutzten Fläche. |
| **Ziel Vereinte Nationen** | Ziel 2: Den Hunger beenden, Ernährungssicherheit und eine bessere Ernährung erreichen und eine nachhaltige Landwirtschaft fördern (siehe Seite 7). |

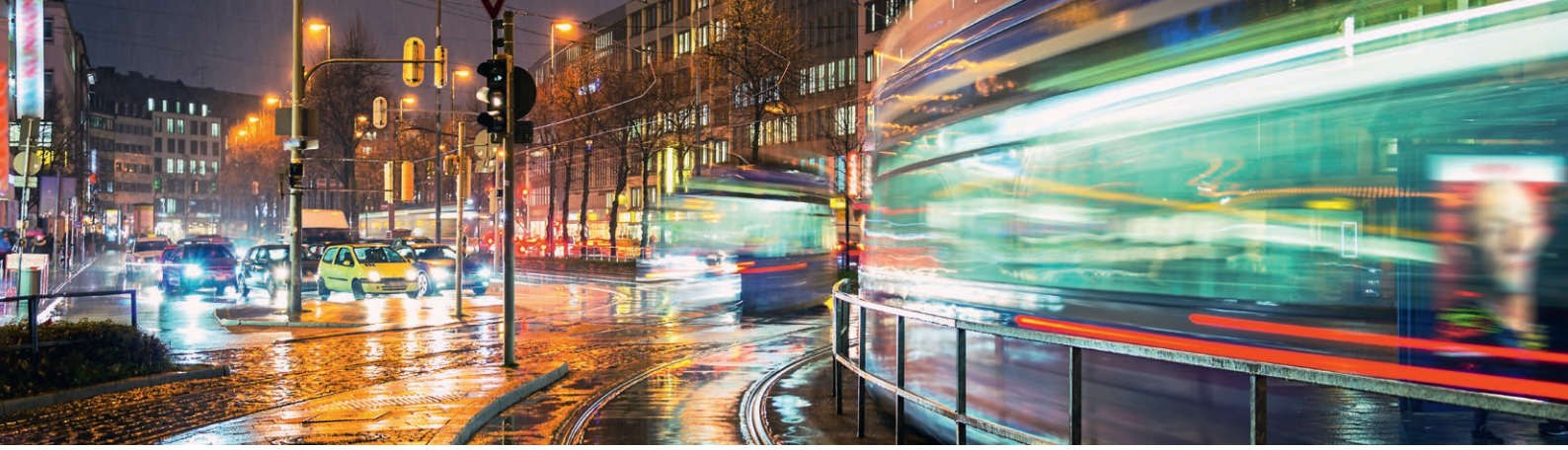





### Weiterführende Links und Verweise

- Faltblattserie „Öko-Landbau in Bayern“ (101)
- Bayerische Biodiversitätsstrategie (102)
- EU-Öko-Basisverordnung (103)
- Informationsschrift Ökologischer Landbau in Deutschland (BMEL) (104)
- Bodenmanagement (105)
- www.liki.nrw.de (13)


- Artenvielfalt und Landschaftsqualität: Seite 46
- Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert: Seite 52
- Stickstoffüberschuss: Seite 58



Indikator zu Boden und Fläche

# Siedlungs- und Verkehrsfläche

## Immer mehr Siedlungen und Verkehrswege

Böden sind wichtige Ressourcen. Die vielfältigen Funktionen, die sie im Naturhaushalt erfüllen, werden jedoch durch den Bau von Siedlungen und Verkehrswegen zerstört. Überbaute Böden lassen sich nicht mehr für die Land- und Forstwirtschaft nutzen. Außerdem gehen dadurch charakteristische Landschaften und Lebensräume verloren. Ein weiteres Problem ist die →*Versiegelung*: Mehr als die Hälfte der Siedlungs- und Verkehrsflächen ist versiegelt und von Gebäuden, Straßen und befestigten Plätzen bedeckt. Sie können deshalb deutlich weniger Wasser speichern. Das erhöht die Hochwassergefahr und erschwert zugleich die Bildung von neuem Grundwasser. Versiegelte Flächen speichern zudem Wärme und erhöhen die Temperatur vor Ort. Nicht zuletzt binden sie weniger →*Feinstaub* aus der Luft als Grünflächen.

### Zunahme am stärksten in Niederbayern und Oberbayern

Der Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Gesamtfläche lag 2022 in Bayern bei durchschnittlich 12,3 Prozent. In allen Bezirken hat der Anteil von 2000 bis 2022 zugenommen, am geringsten in Mittelfranken (1,1 Prozent) und Unterfranken (1,2 Prozent), gefolgt von der Oberpfalz mit 1,6 Prozent. Die Zunahme in Schwaben und Oberfranken lag knapp am bayerischen Durchschnitt von 1,9 Prozent. Überdurchschnittlich zugenommen haben die Anteile in Niederbayern (2,3 Prozent) und Oberbayern (2,3 Prozent).

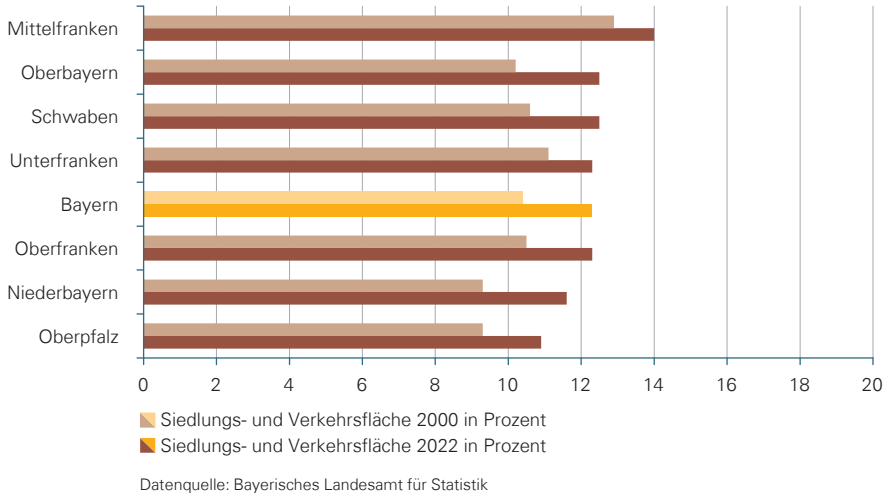
### Pro-Kopf-Versiegelung ist in Ballungsräumen geringer als auf dem Land

Errechnet man, wie groß die versiegelte Fläche pro Einwohner ist, zeigt sich: In Ballungsgebieten mit kompakter Siedlungsstruktur, wie in München oder in der Region Mittelfranken, fällt die Pro-Kopf-Versiegelung deutlich geringer aus als im ländlichen Raum. Dieser Unterschied zeigt die effizientere Nutzung der Siedlungs- und Verkehrsfläche in den Verdichtungsräumen. Da der Flächendruck hier größer und der →*Bodenwert* höher ist, wird effizienter mit der Ressource Boden umgegangen.

## Anteile der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Bayern und in den Regierungsbezirken in den Jahren 2000 und 2022

(Definition: Seite 120)

Aktueller Wert im Internet




Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Statistik

| | |
|---|---|
| **Entwicklung** | In Bayern hat die Siedlungs- und Verkehrsfläche im aktuellen 10-Jahres-Trend (2013 bis 2022) weiter zugenommen. 2022 lag ihr Anteil an der Landesfläche bei 12,3 Prozent. Ein Vergleich der Regionen zeigt: Die Siedlungs- und Verkehrsfläche nimmt überall zu, und zwar auch in Gebieten Bayerns, in denen die Bevölkerung abnimmt. |
| **Ziel Bayern** | Bayerische Nachhaltigkeitsstrategie: Reduzierung des Flächenverbrauchs auf 5 ha pro Tag bis 2030 bis hin zu einer Flächenkreislaufwirtschaft ohne weiteren Flächenneuverbrauch, insbesondere durch qualitätsvolle Innenentwicklung. |
| **Ziel Vereinte Nationen** | Ziel 11: Städte und Siedlungen inklusiv, sicher, widerstandsfähig und nachhaltig gestalten (siehe Seite 7). |






### Weiterführende Links und Verweise

- Bündnis zum Flächensparen (106)
- Landesentwicklungsprogramm Bayern (107)
- Flächenmanagement in Bayern (108)
- Bauland und Innenentwicklungspotenziale in deutschen Städten und Gemeinden (109)
- Satellitengestützte Erfassung der Bodenversiegelung Bayern (110)
- www.liki.nrw.de (13)


- Artenvielfalt und Landschaftsqualität: Seite 46
- Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert: Seite 52
- Flächenverbrauch: Seite 100



Indikator zu Boden und Fläche

# Flächenverbrauch

## Standortkonkurrenz und größere Wohnungen: Flächenverbrauch hat viele Ursachen.

Der Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Landesfläche Bayerns wächst Jahr für Jahr, denn ständig werden neue Flächen für Wohnen, Infrastruktur, Handel und Gewerbebeansprucht. So wurden im Jahr 2022 durchschnittlich täglich 12,2 Hektar an Freiflächen für diese Zwecke umgenutzt. Die Gründe dafür sind vielfältig: Handel und Gewerbe konkurrieren um Standorte und Kommunen um Einwohner. Die Nachfrage nach Baugrundstücken in Ortsrandlagen, die wachsende Zahl kleiner Haushalte und der Wunsch nach größeren Wohnungen erhöhen den Bedarf.

### Höherer Flächenverbrauch auf dem Land

In ländlichen Gebieten, in den Grenzregionen und in eher strukturschwachen Räumen ist der Flächenverbrauch deutlich höher als in den Ballungsgebieten. Teilweise werden trotz schrumpfender Bevölkerungszahlen zusätzliche Wohn- und Gewerbeflächen mit Straßen, Kanälen und anderen Infrastrukturen gebaut. Ein Grund dafür sind die oftmals niedrigeren Grundstückspreise in diesen Regionen. Auf lange Sicht wird allerdings der Unterhalt dieser Strukturen hohe Kosten verursachen. Unter dem Flächenverbrauch und dem zunehmenden Verkehr leiden Natur und Landschaft, aber auch die Attraktivität von Orten.

### Maßnahmenbündel zum Flächensparen

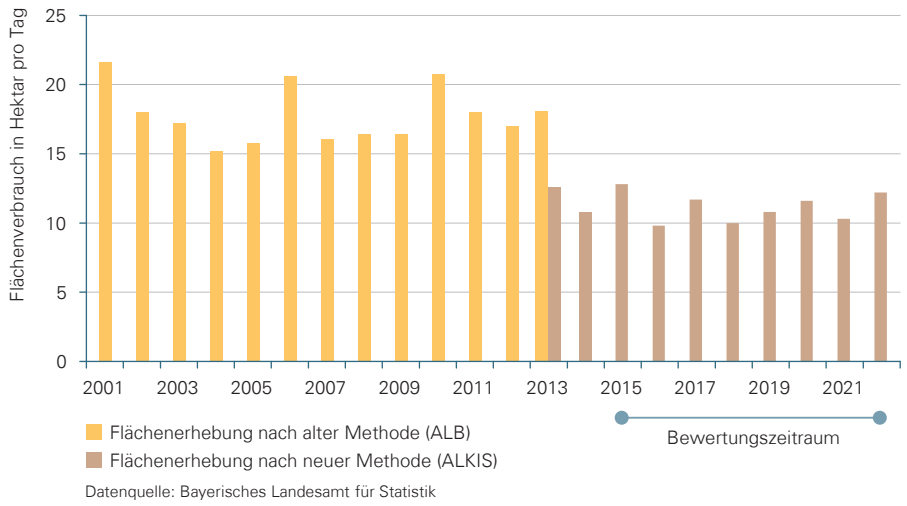
In Bayern soll der Flächenverbrauch deutlich und dauerhaft gesenkt werden. Die Staatsregierung setzt dabei auf ein Bündel von Maßnahmen. Zum einen werden die Kommunen bei einem sparsamen Umgang mit der Ressource Boden unterstützt (z. B. →*Flächenmanagement-Datenbank*, →*Folgekosten-Schätzer* und →*Vitalitäts-Check*), zum anderen will auch der Freistaat in Zukunft mit gutem Beispiel vorangehen und z. B. im staatlichen Hochbau und im Straßenbau dem Aspekt des Flächensparens und des Ressourcenschutzes stärkeres Gewicht geben.

Zur wirkungsvollen Umsetzung dieser Anliegen wurde im Juli 2019 von der Baye-rischen Staatsregierung die „→*Flächensparoffensive*“ ins Leben gerufen. Ziel ist es, im Rahmen dieser Strategie ressortübergrei-fend weitere Maßnahmen zur Reduzierung der Flächenneuinanspruchnahme zu entwickeln und umzusetzen.

## Entwicklung des Flächenverbrauchs für Siedlungen und Verkehr in Bayern seit 2001

(Definition: Seite 120)

Aktueller Wert im Internet




Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Statistik

| | |
|---|---|
| **Entwicklung** | Der Flächenverbrauch in Bayern schwankt seit Jahren auf hohem Niveau und lag zuletzt bei 12,2 Hektar pro Tag. Eine rückläufige Tendenz ist derzeit nicht erkennbar. |
| **Ziel Bayern** | Bayerisches Landesplanungsgesetz: Bei der erstmaligen planerischen Inanspruchnahme von Freiflächen im Außenbereich für Siedlungs- und Verkehrszwecke soll angestrebt werden, dass eine Begrenzung auf eine Richtgröße von 5 Hektar pro Tag landesweit bis spätestens zum Jahr 2030 erreicht wird. |
| **Ziel Vereinte Nationen** | Ziel 11: Städte und Siedlungen inklusiv, sicher, widerstandsfähig und nachhaltig gestalten (siehe Seite 7). |






### Weiterführende Links und Verweise

- Flächensparoffensive Bayern (111)
- Förderinitiativen zum Flächenschonen (112)
- Dorferneuerung (113)
- Flächenmanagement-Datenbank (114)
- Folgekosten-Schätzer (115)
- www.liki.nrw.de (13)


- Landschaftszerschneidung: Seite 44
- Flächen für Naturschutzziele: Seite 50
- Siedlungs- und Verkehrsfläche: Seite 98



Indikator zu Boden und Fläche

# Altlasten

## Gefahren abwehren, Ressourcen schonen.

Über 100 Jahre industrielle Entwicklung und die Entsorgung von Abfällen haben ihre Spuren auf Bayerns Böden hinterlassen. Früher gab es weniger oder gar keine Umweltstandards für die Ablagerung von Abfällen oder für Industrieanlagen und Gewerbebetriebe. Dadurch gelangten vielerorts Schadstoffe in den Untergrund, die den Boden oder auch das Grundwasser oftmals noch heute belasten. Betroffene Flächen, sogenannte →*Altlasten*, bergen damit Risiken für Umwelt und menschliche Gesundheit.

### Nicht geklärter Verdacht hemmt neue Nutzung

Aus diesem Grund muss jede Fläche, für die ein →*Altlastverdacht* besteht, auf mögliche Gefahren für Mensch und Umwelt überprüft werden. Das ist auch deshalb wichtig, weil ein nicht geklärter Verdacht die Nutzung ehemaliger Industrie- und Gewerbeflächen für neue Zwecke und damit die wirtschaftliche Entwicklung hemmt.

Durch →*Flächenrecycling* können diese Grundstücke wieder in den Wirtschafts- und Naturkreislauf eingegliedert werden. Das hilft auch, den Flächenverbrauch auf der „grünen Wiese" zu reduzieren und so die wertvolle Ressource Boden zu schonen. Je nach Belastung müssen betroffene Flächen zunächst saniert werden.

### Untersuchung lohnt sich

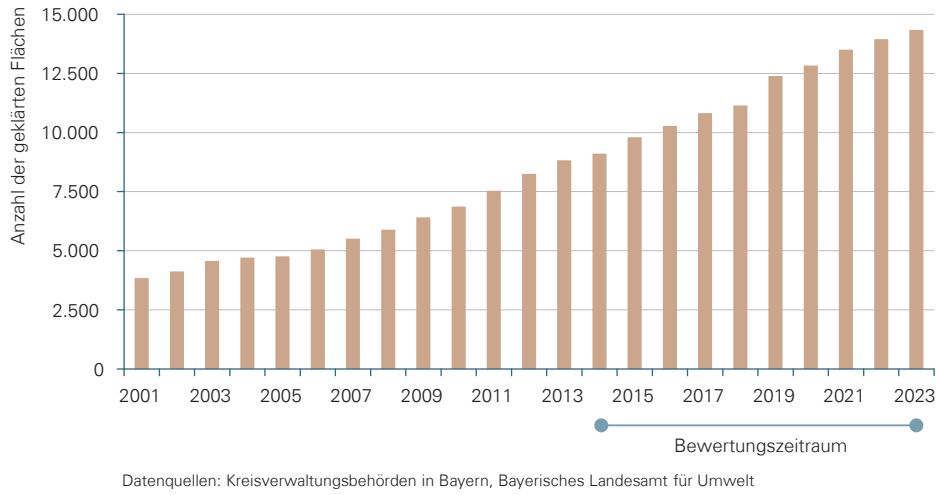
Die wachsende Zahl der Beispiele, in denen ein Flächenrecycling erfolgreich beendet wurde zeigt: es ist lohnenswert sich den Herausforderungen durch Altlasten zu stellen. In Bayern konnte bis 2023 für 14.338 Flächen der Altlastverdacht geklärt werden.

Rund 6.600 dieser Flächen gelten nicht mehr als Altlasten, da der Altlastverdacht ausgeräumt wurde. Bei weiteren 3.300 Flächen wurde die Sanierung abgeschlossen. Ziel des Freistaates ist es, bis 2025 15.000 Verdachtsflächen zu überprüfen.

## Entwicklung der Anzahl der Flächen mit geklärtem Altlastverdacht seit 2001

(Definition: Seite 120)

Aktueller Wert im Internet




Datenquellen: Kreisverwaltungsbehörden in Bayern, Bayerisches Landesamt für Umwelt

| | |
|---|---|
| **Entwicklung** | Die Zahl der Flächen in Bayern, für die der →*Altlastverdacht* geklärt wurde, konnte zwischen 2001 und 2023 um 10.499 auf 14.338 gesteigert werden. Der aktuelle Zehnjahrestrend (2014 bis 2023) ist deutlich steigend. |
| **Ziel Bayern** | Bayerische Staatsregierung: Bis zum Jahr 2025 soll bei 15.000 Flächen der Altlastverdacht geklärt sein. |
| **Ziel Vereinte Nationen** | Ziel 11: Städte und Siedlungen inklusiv, sicher, widerstandsfähig und nachhaltig gestalten (siehe Seite 7). |






### Weiterführende Links und Verweise

- Flächensparen in Bayern (116)
- Broschüre „Alte Lasten – neue Chancen“ (117)
- Chance Flächenrecycling – Ratgeber für Kommunen und Investoren (118)
- Altlastenkataster (ABuDIS) (119)

→ Flächenverbrauch: Seite 100



Indikator zu Abfall und Rohstoffe

# Abfallaufkommen

## Abfallmenge in Haushalten nimmt nicht mehr zu.

Ob im Haushalt, im Garten oder in Parks, ob im Betrieb, im Büro oder in der Schule: Tag für Tag erzeugen wir Abfälle, die entsorgt werden müssen. Aus dem Restmüll kann nur noch Energie gewonnen werden. Um eine Verwertung (Recycling) und Wiederverwendung zu ermöglichen, müssen Wertstoffe wie Altpapier, Altglas und Verpackungen, aber auch Grüngut und Bioabfälle deshalb getrennt gesammelt werden.

### Schonen von Ressourcen

Eine möglichst weitgehende Verwertung ist wichtig, denn Neugewinnung und Transport von Rohstoffen, Produktionsprozesse und schließlich auch die Abfallentsorgung beanspruchen natürliche Ressourcen. Manche Abfälle lassen sich allerdings nicht verwerten. Sie sind so stark mit Schadstoffen belastet, dass sie Risiken für Ökosysteme und die menschliche Gesundheit darstellen können. Diese Abfälle müssen aus dem Wirtschaftskreislauf herausgenommen und umweltverträglich beseitigt werden.

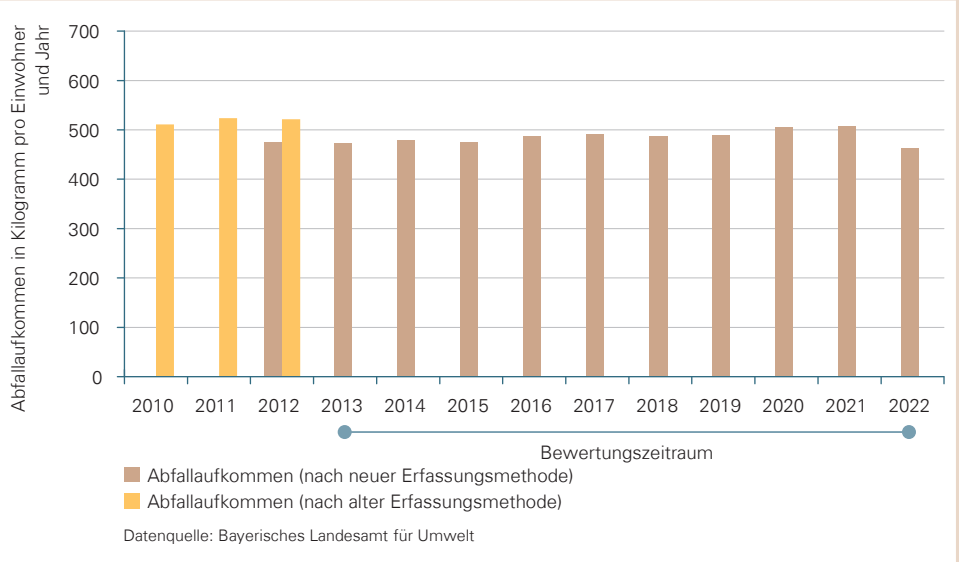
### Grundsatz der Abfallvermeidung

Oberster Grundsatz des Bayerischen Abfallgesetzes ist deshalb, Abfälle möglichst zu vermeiden. Bis 1990 war das Abfallaufkommen in Bayern ständig gestiegen. Danach blieb es trotz Wirtschaftswachstum auf gleichem Niveau. Nach der Umstellung der Erfassungsmethode ist das Abfallaufkommen rund neun Prozent niedriger. Erstmals ist nun für den aktuellen Bewertungszeitraum kein weiterer Anstieg zu verzeichnen. Im Durchschnitt fielen 2022 pro Einwohner rund 462 Kilogramm an.

### Mehr Abfallaufkommen in der Stadt

Dabei ist das Abfallaufkommen in städtischen Gebieten höher als in ländlichen. Aber auch die Größe des Haushalts und das persönliche Konsumverhalten spielen eine wichtige Rolle. Jede und jeder Einzelne kann helfen, Ressourcen zu schonen: zum Beispiel durch den Verzicht auf Wegwerfprodukte oder durch Einkauf von verpackungsfreier Ware.

## Entwicklung des Abfallaufkommens in Bayern seit 2010




(Definition: Seite 121)

Aktueller Wert im Internet

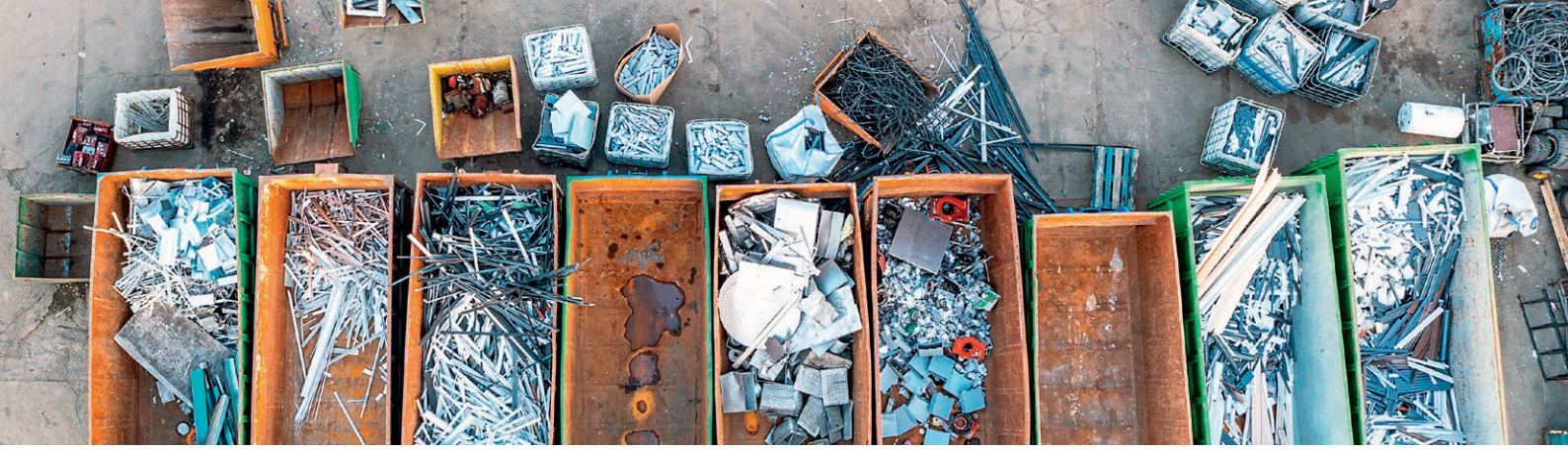
| | |
|---|---|
| **Entwicklung** | Die Menge an Abfall, die in Bayerns Haushalten jährlich anfällt, ist im Betrachtungszeitraum von 2013 bis 2022 nicht mehr weiter gestiegen. Aktuell sind es rund 462 Kilogramm Abfall pro Einwohner und Jahr. |
| **Ziel Bayern** | Bayerisches Abfallwirtschaftsgesetz: Oberster Grundsatz ist es, „den Anfall von Abfällen so gering wie möglich zu halten“. |
| **Ziel Vereinte Nationen** | Ziel 12: Nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster sicherstellen (siehe Seite 7). |

12 NACHHALTIGE/R KONSUM UND PRODUKTION

### Weiterführende Links und Verweise

- Hausmüll in Bayern – Bilanzen (120)
- Info-Portal Abfall (121)
- Bayerisches Abfallwirtschaftsgesetz (122)
- www.liki.nrw.de (13)


- Verwertungsquote: Seite 106
- Ressourcenproduktivität: Seite 108



Indikator zu Abfall und Rohstoffe

# Verwertungsquote

## Abfall als Rohstoffquelle: Wiederverwertung schont Ressourcen.

Der weltweite Vorrat an Erzen und anderen Industrierohstoffen ist begrenzt. Daher müssen diese vermehrt als sogenannte Sekundärrohstoffe aus Abfall gewonnen werden. Dies gilt insbesondere für viele wichtige Metalle, wie Kupfer, Nickel und Aluminium.

Deshalb werden heute möglichst viele nutzbare Wertstoffe vom Restabfall getrennt und mit entsprechenden Sammelsystemen erfasst. Das Recycling der Wertstoffe Glas, Papier, Metall und Kunststoff hat in Bayern bereits einen hohen Stand erreicht. Durch die Einführung von Abholsystemen wie Papiertonne und Gelber Sack/Gelbe Tonne können noch mehr Wertstoffe erfasst werden. Diese Variante ist für Verbraucherinnen und Verbraucher komfortabler, als die Abfälle zum Wertstoffcontainer oder -hof zu bringen.

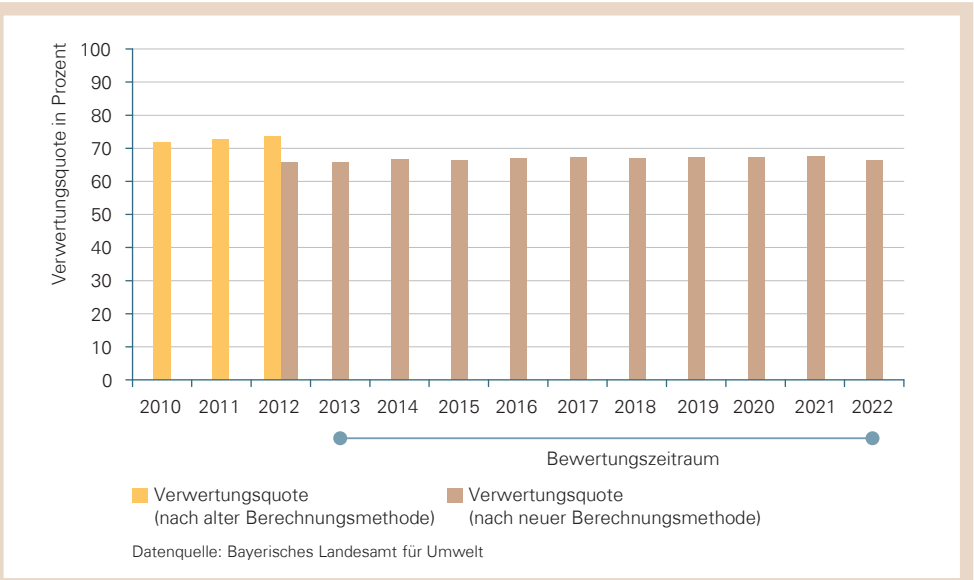
### Hohe Verwertungsquote

In Bayern ist die Verwertungsquote ab 1990 deutlich gestiegen, in den vergangenen Jahren dagegen nur in geringem Maße, mit dem Bewertungszeitraum 2013 bis 2022 ist erstmals keine Zunahme der Verwertungsquote zu verzeichnen. 2022 lag sie bei rund 66 Prozent. Nimmt der Bau von Siedlungen mit Gärten und Rasenflächen allerdings weiterhin zu, können sich die Mengen an pflanzlichen Abfällen (Grüngut) erhöhen, die bei kommunalen Sammelstellen abgeliefert werden. Ab 2012 werden die Werte nach der geänderten Erfassungsmethode dargestellt. Zwischen der neuen und der alten Methode ergab sich ein Unterschied von rund 11 Prozent.

### Grüngut für Bioproduktion

Schon heute handelt es sich bei gut einem Viertel der verwerteten Haushaltsabfälle um Grüngut. Dieser Wertstoff kann zum Beispiel zu Kompost weiterverarbeitet oder für die Energieproduktion genutzt werden.

## Entwicklung des Anteils recycelter Haushaltsabfälle in Bayern seit 2010




Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt

(Definition: Seite 121)

Aktueller Wert im Internet

| | |
|---|---|
| **Entwicklung** | Der Anteil wiederverwerteter Stoffe am gesamten Abfallaufkommen der Haushalte steigt im Betrachtungszeitraum von 2013 bis 2022 nicht mehr an. Die Verwertungsquote liegt 2022 bei 66 Prozent. |
| **Ziel Bayern** | Bayerisches Abfallwirtschaftsgesetz: „... anfallende Abfälle ... (sind) ... in den Stoffkreislauf zurückzuführen." |
| **Ziel Vereinte Nationen** | Ziel 12: Nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster sicherstellen (siehe Seite 7). |

12 NACHHALTIGE/R KONSUM UND PRODUKTION

## Weiterführende Links und Verweise

- Faktor X – Schonung natürlicher Ressourcen (UBA) (123)
- Deutscher Ressourcenbericht (124)
- Leitfaden Wiederverwendung (125)

→ Ressourcenproduktivität: Seite 108



Indikator zur Effizienz

# Ressourcenproduktivität

## Begrenzte Ressourcen erfordern effizientes Wirtschaften.

Die gewerbliche Wirtschaft, die Landwirtschaft aber auch die öffentliche Infrastruktur verbrauchen hohe Mengen an Rohstoffen, Energie und Flächen – und der Bedarf wächst weiter. Doch diese Ressourcen sind endlich oder lassen sich nur eingeschränkt wiederherstellen. Noch sind sie nicht erschöpft, aber es wird grundsätzlich schwieriger und teurer, insbesondere kritische Rohstoffe zu beschaffen und aufzubereiten. Auch nehmen dabei häufig die Umweltbelastungen zu. Um die natürlichen, lebensnotwendigen Grundlagen langfristig zu erhalten, ist es notwendig, effizienter zu wirtschaften und das Wachstum vom Ressourceneinsatz unabhängiger zu machen.

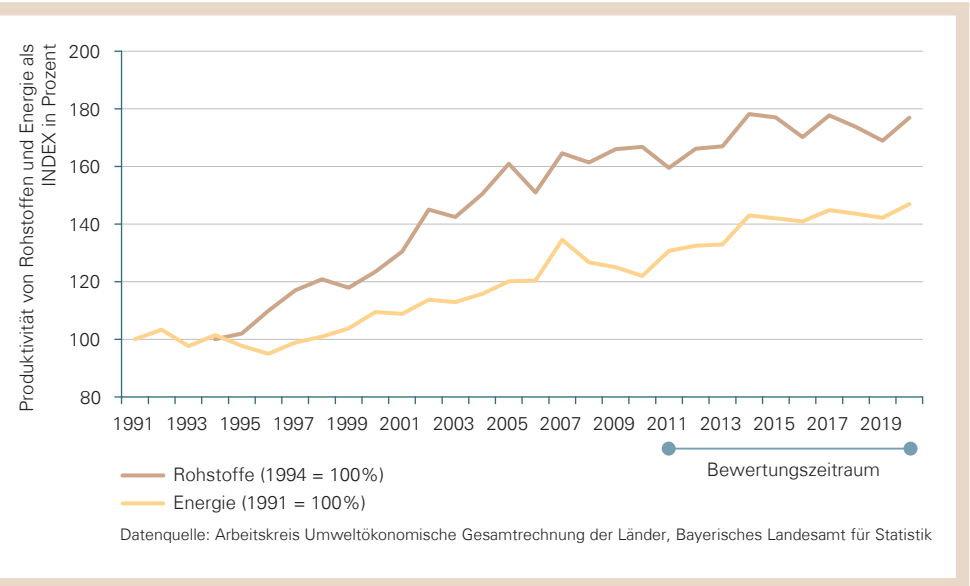
Inwiefern dies gelingt, lässt sich am Indikator Ressourcenproduktivität ablesen. Dieser setzt Wirtschaftsleistung und Ressourcenverbrauch ins Verhältnis.

Im Vergleich zu 1994 werden in Bayern heute weniger Energie und Rohstoffe benötigt, um eine Einheit Bruttoinlandsprodukt (BIP) zu erwirtschaften. Das zeigt, dass diese Ressourcen grundsätzlich effizienter genutzt werden.

### Höhere Materialkosten regen Effizienz an

Ein wichtiger Antrieb dafür, dass Unternehmen Ressourcen einsparen und effizienter nutzen, sind steigende Preise. Die → *Kosten für Materialien* beispielsweise liegen heute im verarbeitenden Gewerbe bei durchschnittlich etwa 43 Prozent der Gesamtkosten. Zum Vergleich: der Anteil der Lohnkosten beträgt etwa 19 Prozent. Die Arbeitsproduktivität hat sich seit 1960 vervierfacht. Auch Rohstoffe sollten zukünftig mindestens so effizient eingesetzt werden wie die Ressource Arbeitskraft.

## Entwicklung der Ressourcenproduktivität in Bayern seit 1991




Datenquelle: Arbeitskreis Umweltökonomische Gesamtrechnung der Länder, Bayerisches Landesamt für Statistik

(Definition: Seite 121)

Aktueller Wert im Internet

| | |
|---|---|
| **Entwicklung** | Die Produktivitäten von Rohstoffen und Energie haben in Bayern im aktuellen Bewertungszeitraum von 2011 bis 2020 zugenommen. Das heißt, die Wirtschaft nutzt diese Ressourcen immer effizienter: Pro eingesetzter Ressourceneinheit wird eine immer höhere Wirtschaftsleistung erzielt. |
| **Ziel Bayern** | Bayerische Nachhaltigkeitsstrategie: Kontinuierliche Steigerung der Rohstoffproduktivität auf bayerischer Ebene sowie der Gesamtrohstoffproduktivität auf nationaler Ebene bis 2030 in Anlehnung an die Nationale Nachhaltigkeitsstrategie. Die → *Primärenergieproduktivität* soll bis 2025 um mindestens 25 Prozent gegenüber 2010 gesteigert werden. |
| **Ziel Vereinte Nationen** | Ziel 8: Dauerhaftes, breitenwirksames und nachhaltiges Wirtschaftswachstum, produktive Vollbeschäftigung und menschenwürdige Arbeit für alle fördern (siehe Seite 7). |

## Weiterführende Links und Verweise

- Nachhaltigkeit in Kommunen (126)
- Ressourceneffizienz-Zentrum Bayern (127)
- Bayerische Ressourcenstrategie (128)
- Infozentrum Umwelt-Wirtschaft IZU (129)
- Integrierte Produktpolitik (130)
- www.liki.nrw.de (13)

→ Flächenverbrauch: Seite 100



Blickpunkt

# Wasserressourcen schonen

## Steigende Lufttemperaturen, abnehmende Niederschläge im Winter und die jüngste Häufung von Trockenjahren führen bei vielen Grundwassermessstellen und Quellen zu einer abnehmenden Tendenz der Messwerte

Die zu beobachtende Erwärmung der Lufttemperatur seit Ende der 1980er-Jahre beeinflusst über verschiedene Prozesse den natürlichen Wasserhaushalt. Bei höheren Lufttemperaturen kann die Atmosphäre mehr Wasserdampf aufnehmen. In der Folge steigt die Verdunstung und die Böden trocknen schneller aus. Ein höherer Wasserdampfgehalt der Atmosphäre beeinflusst wiederum die Niederschlagsintensität. So traten in den vergangenen Jahren immer wieder →*Starkregenereignisse* auf, in deren Folge die →*Infiltrationskapazität* der Böden überschritten wurde und in teils erheblichen Oberflächenabflüssen und lokalen Hochwassern resultierten. Auf Grund der großen Niederschlagsmenge in kurzer Zeit ist der →*Bodenspeicher* kaum dazu in der Lage, das Niederschlagswasser aufzunehmen.

→ Indikator Temperaturentwicklung: Seite 24

Die Zunahme der Lufttemperatur führt auch zu einer Änderung der Niederschlagsart. Schneefälle setzen üblicherweise später im Jahr ein, und enden früher. Im Mittel verringert sich somit die Dauer und Mächtigkeit der Schneedecke im Winter. Eine langsame und stetige Schneeschmelze im Frühjahr ist jedoch von hoher Bedeutung für die Auffüllung des Bodenspeichers.

Bei den jährlichen Niederschlagsmengen von 1951 bis 2022 gibt es in Bayern keinen klaren langfristigen Trend. Seit dem Jahr 2003 ist jedoch nur ein überdurchschnittlich nasses Jahr aufgetreten: das Jahr 2013. Hingegen überwiegen zuletzt mehrheitlich Trockenjahre (2011, 2014, 2015, 2018, 2019, 2021, 2022). Die mittlere Niederschlagsmenge der letzten zehn Jahre betrug lediglich 859 mm pro Jahr (bzw. 859 Liter pro Quadratmeter). Verglichen mit dem langjährigen Mittel 1971 bis 2000 von 939 mm pro Jahr ist das ein jährliches Defizit von 80 mm.

Diese Abnahme der Niederschläge hat überwiegend im hydrologischen Winterhalbjahr (November bis April) stattgefunden. Die Niederschläge im Winter sind aber auf Grund der Vegetationsruhe besonders wichtig für die Auffüllung der Grundwasservorkommen.

### Grundwasserneubildung aus Niederschlag nimmt ab

Die Grundwasserneubildung aus Niederschlag erfolgt, sobald der Bodenspeicher soweit aufgefüllt ist, dass überschüssiges Sickerwasser, der Schwerkraft folgend, das Grundwasser erreicht.

Die Grundwasserneubildung ist wasserwirtschaftlich von großer Bedeutung und repräsentiert die natürliche Regenerationsfähigkeit der Grundwasserressourcen. Sie ist jedoch nicht gleichbedeutend damit, wieviel Grundwasser regional zur Verfügung steht, da dieses von weiteren Faktoren beeinflusst werden kann. Die regionale Verteilung der Grundwasserneubildung wird im Wesentlichen durch die räumliche Niederschlagsverteilung, die Landnutzung sowie die vorherrschenden Böden und →*hydrogeologischen* Eigenschaften bestimmt. So wird durchschnittlich in Bayern in den (Vor-)Alpen, im Bayerischen Wald und im fränkischen Jura mehr Grundwasser neu gebildet, als im vergleichsweise trockenen Franken.

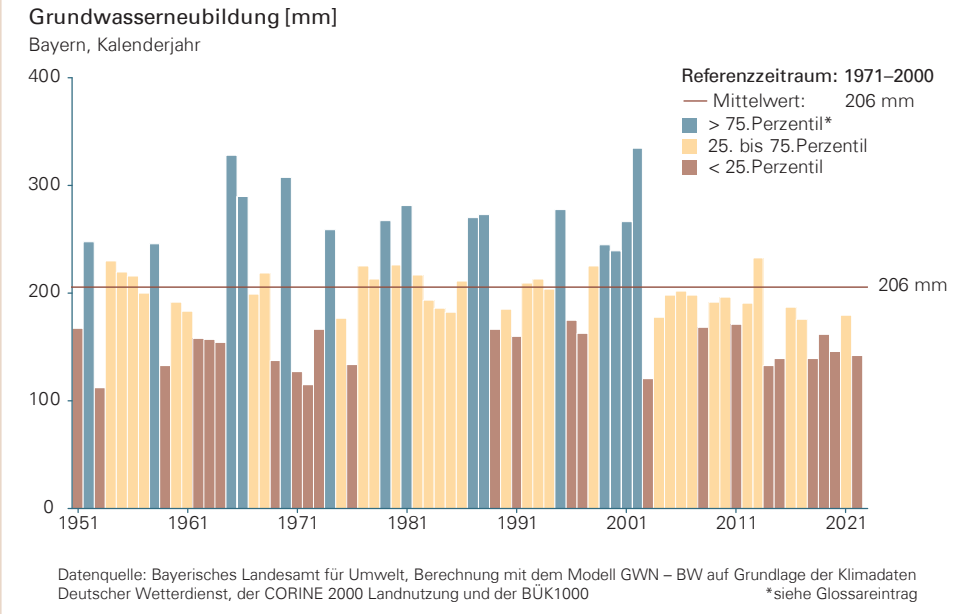
Alle oben genannten Prozesse, wie die Zunahme von Verdunstung und →*Starkregen* sowie die Abnahme der Schneedecke und der Winterniederschläge führen dazu, dass dem Bodenspeicher weniger Wasser zur Verfügung steht und sich in der Folge die Sickerwassermenge, und somit die Grundwasserneubildung, reduziert.

Diese Zusammenhänge werden bei Betrachtung der geringeren Neubildungsraten der letzten 20 Jahre deutlich (s. Abb. unten) Besonders in den letzten 10 Jahren (2013 bis 2022) hat sich die Abnahme der Grundwasserneubildung, besonders im südbayerischen Raum, weiter verschärft.

Verglichen mit dem Referenzzeitraum 1971 bis 2000 mit einer Grundwasserneubildung von 206 mm pro Jahr reduzierte sich die mittlere jährliche Rate auf 164 mm und somit jährlich um 20 Prozent.

↓ Entwicklung der Grundwassersituation (97)

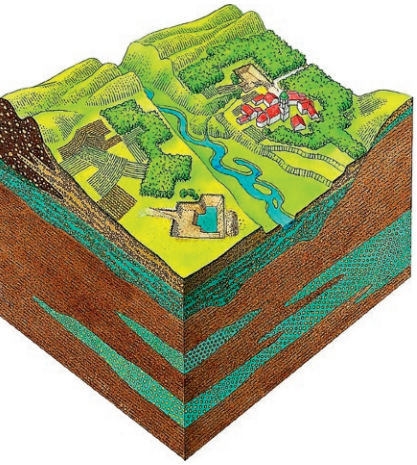
→ Indikator Grundwasserneubildung aus Niederschlag: Seite 94




*Mittlere jährliche Grundwasserneubildung aus Niederschlag im Zeitraum 1951–2022. Seit dem Jahr 2003 zeigt sich ein deutlicher Rückgang.*

↓ Gewässerkundlicher Jahresbericht: Grundwasserstand (131)

↓ Hydrogeologie in Bayern (132)



*Grundwasser fließt in unterschiedlichen Tiefenschichten, in der Fachsprache spricht man von „Stockwerken".*

## Entwicklung der Grundwasserstände in Bayern

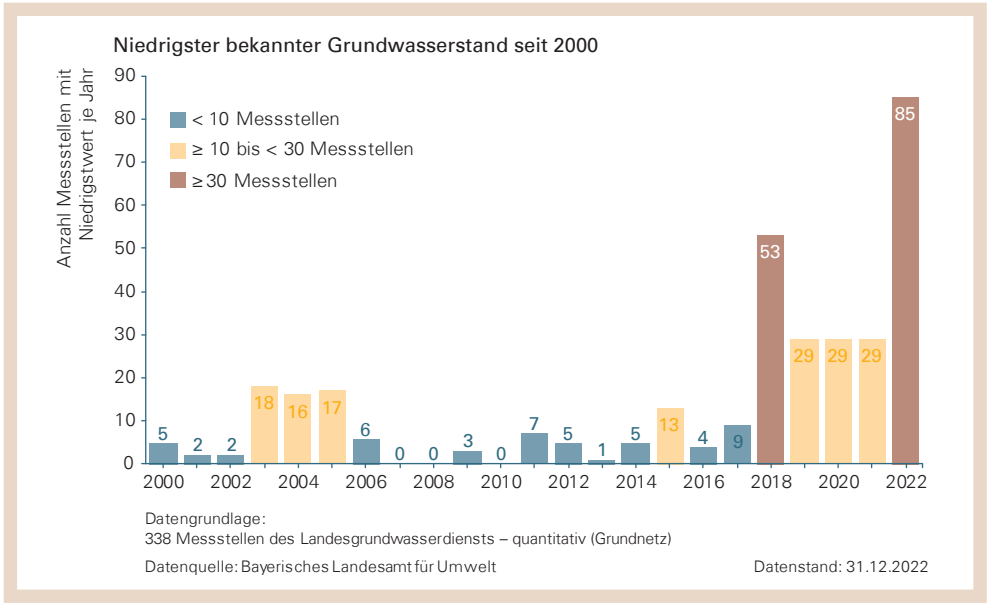
Die Abnahme der Grundwasserneubildung aus Niederschlag der letzten Jahre spiegelt sich in weiten Teilen Bayerns direkt in den gemessenen Grundwasserständen wider. So wird an vielen Messstellen mit großen Flurabständen (= Abstand zwischen Geländeoberfläche und Grundwasserspiegel) eine langfristige Entwicklung abnehmender Grundwasserstände gemessen. Dies gilt besonders für die Regionen des nordbayerischen Schichtstufenlands sowie für Regionen des südbayerischen Alpenvorlands.

Als Folge werden in den letzten Jahren vermehrt auch neue Niedrigstwerte registriert, also Messwerte, die in der betrachteten Messreihe bisher noch nicht unterschritten wurden. Dies zeigt sich eindrücklich bei Betrachtung von 338 repräsentativen Grundwasser- und Quellmessstellen des staatlichen Messnetzes, welche Messdaten kontinuierlich mindestens seit dem Jahr 2000 erheben (s. Abb. unten). So sind aus heutiger Sicht das Jahr 2003, welches mit seinem „Jahrhundertsommer" im Gedächtnis geblieben ist, sowie die Folgejahre nur noch von untergeordneter Bedeutung. Für lediglich 15 Prozent der Messstellen (= 51 Messstellen) gelten heute noch die jeweiligen Niedrigstwerte, die in den Jahren 2003 bis 2005 gemessen wurden. Im Zeitraum von 2018 bis 2022 zeigen dagegen 67 Prozent der Messstellen (= 225 Messstellen) neue Niedrigstwerte. Dass die meisten niedrigsten jemals gemessenen Grundwasserstände im Jahr 2022 auftraten, unterstreicht die Ausprägung der aktuellen Niedrigwassersituation im Grundwasser.

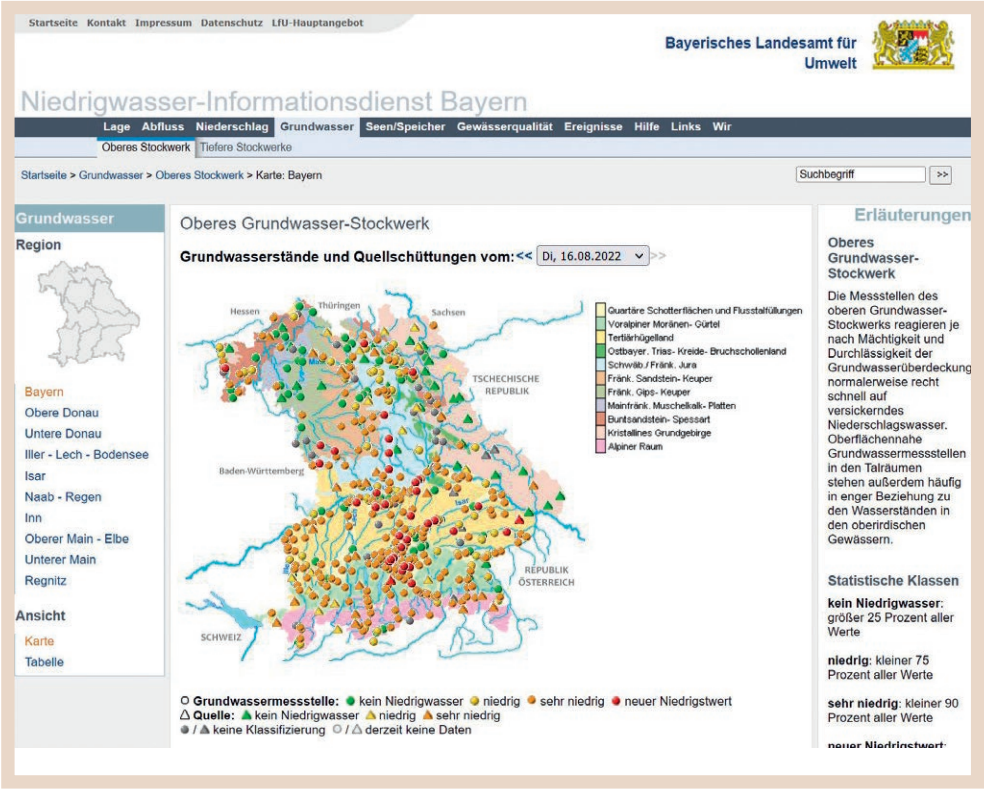
Statistische Untersuchungen aus dem Jahr 2021 von ausgewählten Messstellen mit langen Zeitreihen bestätigen diese Beobachtung. 86 Prozent der 66 ausgewerteten Messstellen zeigen eine langfristige Tendenz abnehmender Grundwasserstände bzw. → *Quellschüttungen*.

## Niedrigwasser-Informationsdienst

In dem Web-Angebot „Niedrigwasser-Informationsdienst Bayern" können sich Bürgerinnen und Bürger tagesaktuell über Grundwasserstände informieren. Hier werden für repräsentative Messstellen




*Der niedrigste Grundwasserstand wurde bei diesen 338 Messstellen in den auf der Zeitskala angegebenen Jahren gemessen.*




*Screenshot vom Niedrigwasser-Informationsdienst: Grundwasserstände werden laufend registriert und sind für die Bürgerinnen und Bürger online abrufbar.*

mit →*Datenfernübertragung* tagesaktuell grafische Auswertungen zur Information von Öffentlichkeit und Verwaltung veröffentlicht. Zwei unterschiedliche Übersichtskarten informieren jeweils über die Grundwasserstände in oberflächennahen und in tieferen Grundwasser-Stockwerken (s. Abb. oben).

## Öffentliche Wasserversorgung hat Priorität

Die Trinkwasserversorgung in Bayern stützt sich mit jährlich rund 89 Prozent bzw. 800 Millionen Kubikmetern auf die Nutzung von Grundwasser, welches aus Brunnen und Quellen gewonnen wird. Da das Grundwasser jedoch auch durch Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft genutzt wird, können sich während lang andauernder Trockenperioden und in Regionen mit geringen Grundwasservorkommen Fragen der vorrangigen Nutzung stellen.

Die Sicherstellung der öffentlichen Wasserversorgung unterliegt zwar der höchsten wasserwirtschaftlichen Priorität in Bayern, während der jüngsten Trockenjahre kam es jedoch zu einem zunehmenden Bewässerungsbedarf seitens der Landwirtschaft, da es galt, Ernteausfälle auf Grund der teils tiefgründig ausgetrockneten Böden zu vermeiden.

Um eine nachhaltige Nutzung der Ressource Grundwasser sicherzustellen, bedarf es für alle Nutzer einheitlicher Kriterien, sodass über ein flexibles Managementsystem auf gravierende bzw. negative Entwicklungen schnell und effektiv reagiert werden kann. Besonders schützenswert sind die Vorkommen des Tiefengrundwassers, sie sollten daher als Reserve für zukünftige Generationen bewahrt werden.

↓ Niedrigwasser-Informationsdienst Bayern (133)

# Definitionen der Umweltindikatoren

↓ Länderintiative Kernindikatoren (LiKi) (13)

↓ Umweltindikatoren beim Landesamt für Umwelt (1)

Um komplexe Umweltsachverhalte zu erkennen und zu bewerten, hat Bayern seit Ende 2004 Umweltindikatoren definiert. Diese bilden die zur Verfügung stehenden Daten in überschaubarer Weise ab und helfen der Politik, den Bürgerinnen und Bürgern sowie den Medien bei der Einordnung der wichtigsten Umweltthemen. Sie ermöglichen es, aktuelle Herausforderungen im Umweltschutz zu benennen, Entwicklungen darzustellen und weiteren Handlungsbedarf der Umweltpolitik zu verdeutlichen. Indikatoren zeigen den aktuellen Zustand einzelner Umwelt-Schutzgüter und machen Trends sichtbar. Dieses Umweltindikatorensystem wird in Bayern turnusmäßig aktualisiert. Neue Werte sowie Trends finden sich im Internet und ergänzen damit den vorliegenden Umweltbericht. Deshalb wird auf den entsprechenden Seiten dorthin verlinkt.

Die Berechnung der in diesem Umweltbericht vorgestellten Umweltindikatoren ist genau definiert. Die Grundlage dazu bilden die Umweltmessprogramme mit ihrer enormen Datenfülle, die von den Umweltfachbehörden erfasst und mit Unterstützung der amtlichen Statistiken nach bestimmten Verfahren verwendet werden. Über 40 Messprogramme mit rund 9.000 Mess- und Beobachtungsstellen liefern ständig Daten zu Bayerns Umwelt, die von Fachleuten ausgewertet werden.

Die Anzahl und die inhaltliche Definition der Indikatoren wird länderübergreifend abgestimmt und an neue Themenfelder angepasst. Diese Aufgabe leistet eine Arbeitsgruppe der Umweltfachbehörden der Länder und des Bundes (LiKi: Länderinitiative Kernindikatoren) mit Unterstützung der amtlichen Statistik bei der Datenbeschaffung und der Trendanalyse, die nach einem bundesweit einheitlichen mathematisch-statistischen Verfahren erfolgt. Die Ergebnisse sowie weitere Informationen finden sich im Internet.

Im vorliegenden Umweltbericht wurden im Vergleich zum letzten Umweltbericht von 2019 vier neue Indikatoren aufgenommen: „Temperaturentwicklung", „Treibhausgasemissionen", „Hitzebelastung" sowie „Grundwasserneubildung aus Niederschlägen". Ihre Einführung ist eine Reaktion auf aktuelle Entwicklungen bei den Schutzgütern Klima, Gesundheit und Ressourcen.

Die folgende Tabelle stellt die Definitionen der Indikatoren in diesem Umweltbericht vor und zeigt auch die Messeinheiten, in denen sie dargestellt werden.

| KLIMA UND ENERGIE | | |
|---|---|---|
| **Indikator [Einheit]** | **Definition** | **Seite** |
| Temperaturentwicklung [°C] | Die Beschreibung der Temperaturentwicklung in Bayern basiert auf den gemessenen Lufttemperaturen aus dem Bayerischen Beobachtungsdatensatz (BayOBS). Für die mittlere Jahrestemperatur liegen dort Vergleichswerte ab 1951 vor. Für die Berechnung des Indikators wird jeweils das 30-jährige Mittel dieser Jahreswerte gebildet. | 24 |
| Klimawandel und Vegetationsentwicklung [Tag des Jahres] | Eintrittszeiten charakteristischer Vegetationsstadien von Pflanzen lassen sich als →*phänologische* Zeiger für Klimaveränderungen verwenden, da sich bei höheren Temperaturen Entwicklungsstadien wie Blattaustrieb, Blüte oder Fruchtreife verfrühen. Der Tag im Jahr, an dem die Knospen der Apfelblüten aufbrechen, ist Indikator für den Anfang des Vorfrühlings. Mit der Berechnung eines →*gleitenden Mittelwertes* über 30 Jahre lässt sich der Trend anschaulich darstellen. | 26 |
| Treibhausgasemissionen [Tonnen $CO_2$-Äquivalente pro Einwohner und Jahr] | Zu den →*Treibhausgasen* zählen Kohlendioxid ($CO_2$), →*Methan* ($CH_4$), Lachgas (→*Distickstoffoxid*, $N_2O$) sowie künstlich hergestellte fluorierte Gase (→*F-Gase*). Da sie die Erderwärmung unterschiedlich stark beeinflussen, werden sie entsprechend ihrer Wirkung in →*$CO_2$-Äquivalente* umgerechnet. Die Emissionen werden nach den Sektoren Energiewirtschaft, Industrie, Gebäude, Verkehr, Landwirtschaft sowie Abfallwirtschaft/Sonstiges erfasst. Die Basis zur Ermittlung der Gesamtemission bilden Energiebilanzen, für deren Erstellung amtliche Statistiken mit anderweitig verfügbaren Daten verknüpft, analysiert und aufbereitet werden. Die Aktualität des Indikators ist wegen einer Verzögerung bei der Rohdatenlieferung an die statistischen Ämter eingeschränkt. | 28 |
| Kohlendioxidemissionen [Tonnen $CO_2$ pro Einwohner und Jahr] | Die gesamten →*energiebedingten Kohlendioxidemissionen* sowie aus der Nutzung fossiler Kraftstoffe vom Verkehr emittierte Kohlendioxidemissionen werden einwohnerbezogen dargestellt. Kohlendioxid ist weltweit das weitaus wichtigste →*Treibhausgas* und daher für den Klimaschutz von zentraler Bedeutung. Insbesondere stellt zunehmend der Verkehrssektor einen immer größeren Anteil an den Gesamtemissionen. Die Aktualität des Indikators ist wegen einer Verzögerung bei der Rohdatenlieferung an die statistischen Ämter eingeschränkt. | 30 |
| Energieverbrauch [Kilowattstunden pro Einwohner und Jahr] | Der Verbrauch an →*Primärenergieträgern* (wie Kohle, Erdöl, Uran) in allen Wirtschaftssektoren wird von der amtlichen Statistik umfassend einheitlich bilanziert und hier einwohnerbezogen dargestellt. Für die privaten Haushalte wird ergänzend der Verbrauch an Endenergie (wie Heizöl, Kraftstoff und Strom) gezeigt, weil dieser Sektor besonderes Gewicht hat. Der Energieverbrauch ist ein Zeiger für unterschiedlichste Umweltbelastungen, die mit der Gewinnung, dem Transport, der Umwandlung und der Energienutzung einhergehen. Die Aktualität des Indikators ist wegen der verzögerten Verfügbarkeit von Rohdaten eingeschränkt. | 32 |
| Erneuerbare Energien [Prozent] | Die erneuerbaren Energien sind neben der Energieeinsparung und Energieeffizienz ein wichtiger Baustein der Energiewende. Ihr Anteil am →*Primärenergieverbrauch*, am →*Endenergieverbrauch* und am Stromverbrauch wird entsprechend einer einheitlichen Methodik berechnet und dargestellt. Die Aktualität ist aus Gründen der Verfügbarkeit von Rohdaten (mit Ausnahme Strom) eingeschränkt. | 34 |

| LANDSCHAFT UND BIODIVERSITÄT | | |
|---|---|---|
| **Indikator [Einheit]** | **Definition** | **Seite** |
| Landschaftszerschneidung [Prozent] | Straßen ab einer Verkehrsstärke von täglich 1.000 Kraftfahrzeugen, bestimmte Bahnstrecken, Ortslagen, Flughäfen und bestimmte Kanäle gelten als die Landschaft zerschneidend. Der Indikator stellt den noch verbleibenden Anteil der unzerschnittenen verkehrsarmen Räume (UZVR) über 100 Quadratkilometer in Prozent der Landesfläche dar. Er gibt das Ausmaß der Zerschneidung der Landschaft durch technische Infrastrukturen an. Hiervon gehen Störungen für wildlebende Tiere und Pflanzen sowie für das Natur-Erleben und die Erholung der Menschen aus. Bis 2000 beruhen die Ergebnisse auf Berechnungen aus Verkehrszählungen, ab 2005 werden sie auf Grundlage modellierter Daten berechnet. | 44 |
| Artenvielfalt und Landschaftsqualität [Index] | Der Indikator beschreibt die Bestandsentwicklung von ausgewählten, repräsentativen Vogelarten verschiedener Lebensraumtypen und macht eine Aussage zum Zustand der genutzten und nicht besonders geschützten Landschaft (→*Normallandschaft*). Hierzu gehören die Agrarlandschaft (mit Äckern und Grünland), Wälder, Siedlungen und Gewässer. Für jede Vogelart wurde eine für das Bezugsjahr 2030 angestrebte Bestandsgröße ermittelt. Aktuell oder früher erhobene Bestände werden mit diesem Zielwert verglichen und ergeben so einen prozentualen Einzelindex. Der Indikator ist deren arithmetischer Mittelwert. Zusätzlich werden der Anteil der Arten des Agrarlandes als „Farmland-Bird-Index" und der Anteil der Arten des Waldes als „Woodland-Bird-Index" ausgewiesen. Die länderübergreifende Harmonisierung der Methode ist noch nicht abgeschlossen. | 46 |
| Arten der Roten Liste [Prozent] | Der Indikator zeigt das Ergebnis einer Bilanzierung der Pflanzen- bzw. Tierarten der Roten Liste Bayerns, die bislang etwa alle zehn Jahre erstellt wurde. Er gibt den prozentualen Anteil der gefährdeten Arten der Höheren Pflanzen, Wirbeltiere, Weichtiere, Ameisen, Heuschrecken und Libellen innerhalb der Gesamtartenliste Bayerns wieder. Derzeit wird die →*Rote Liste* Bayerns fortgeschrieben, so dass auch neue Werte für den Indikator erwartet werden können. | 48 |
| Flächen für Naturschutzziele [Prozent] | Der Indikator besteht aus drei Teilindikatoren: „→*gesetzlich geschützte Flächen*", „→*eigentumsgleich gesicherte Flächen*" und „→*vertraglich gesicherte Flächen*", deren jeweiliger Flächenanteil, überlagerungsbereinigt (= frei von Mehrfacherfassungen), aufsummiert und als relativer Anteil an der Landesfläche angegeben wird. Tatsächlich gibt es bei den „vertraglich gesicherten Flächen" keine Verträge mehr, sondern Anträge der Landwirte, die beschieden werden. Der Indikator unterscheidet sich vom länderübergreifenden Indikator „Naturschutzflächen", der lediglich die bundeseinheitlich streng geschützten Gebiete erfasst. | 50 |
| Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert [Prozent] | Der Indikator bilanziert den Anteil der Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert an der gesamten Landwirtschaftsfläche. Er zeigt, wie sich der Umfang von aus Sicht des Naturschutzes wertvollen Flächen sowie die Qualität dieser Flächen im Kontext landwirtschaftlicher Nutzungen verändern. Dazu zählen →*extensiv genutzte*, artenreiche Grünland-, Acker-, Streuobst- und Weinbergflächen sowie Brachen. Hinzu kommen strukturreiche Landschaftselemente wie Hecken, Raine, Feldgehölze und Kleingewässer, soweit sie zur landwirtschaftlich genutzten →*Kulturlandschaft* gehören.<br>Der Indikator geht auf den High-Nature-Value (HNV-Farmland) Indikator zurück, den die Europäische Union in der EU-Verordnung Nr. 1974/2006 zu den Hauptindikatoren zur Förderung und Entwicklung des ländlichen Raums zählt. Die EU überlässt die Beschreibung und Charakterisierung der wichtigsten Typen der HNV-Landwirtschaft den jeweiligen nationalen Stellen. | 52 |

| LANDSCHAFT UND BIODIVERSITÄT | | |
|---|---|---|
| **Indikator [Einheit]** | **Definition** | **Seite** |
| Waldzustand [Prozent] | Die Erfassung der Waldschäden basiert auf einer Beurteilung des Vitalitätszustands der Baumkronen. Als wichtigste Kriterien werden hierbei der Nadel-/Blattverlust und die Vergilbung der Blattorgane vom Boden aus eingeschätzt. Eine Zusammenführung dieser Schadkriterien ergibt fünf so genannte Kombinationsschadstufen (0 = ungeschädigt, 1 = schwach geschädigt, 2 = mittelstark geschädigt, 3 = stark geschädigt, 4 = abgestorben). Dargestellt wird der Anteil der mit Schadstufe 2 bis 4 erfassten Bäume. | 54 |
| Säure- und Stickstoffeinträge [Kiloäquivalent Säure pro Hektar und Jahr] und [Kilogramm Stickstoff pro Hektar und Jahr] | Mit vier Teilindikatoren werden die jährlichen Stickstoff- und Säureeinträge auf naturnahe waldfreie Ökosysteme sowie auf Freiflächen im Wald gezeigt. Die Stickstoffeinträge setzen sich aus dem im gesammelten Niederschlagswasser löslichen →*Nitrat*- und →*Ammonium*-Stickstoff zusammen und werden als „Kilogramm Stickstoff" zusammengefasst. Die Säureeinträge werden über die gelösten Sulfat-, Ammonium- und Nitratmengen bestimmt. Sie werden als potenzieller Säureeintrag der nassen Deposition ohne Berücksichtigung basischer Anteile errechnet und als „Kiloäquivalent Säure" angegeben. Ein Überangebot an säurebildenden Stoffen und Nährstoffen verursacht Veränderungen chemischer und biologischer Bodenparameter, die unter anderem Vegetation und Grundwasser beeinflussen und zur Destabilisierung empfindlicher Ökosysteme führen können. | 56 |
| Stickstoffüberschuss [Kilogramm Stickstoff pro Hektar und Jahr] | Der Indikator bilanziert die Stickstoffmengen auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche. Auf die Fläche gelangt Stickstoff (N) in Form von Mineraldünger, Wirtschaftsdünger (Gülle, Mist, Gärreste), Sekundärrohstoffdünger (Klärschlamm, Kompost), atmosphärischen N-Einträgen sowie durch die N-Bindung von Leguminosen. Beim Wirtschaftsdünger werden vorab die N-Verluste an die Atmosphäre aus den Ställen und bei dessen Lagerung abgezogen. Den Zufuhren stehen die N-Abfuhren mit der Ernte entgegen, die von der Fläche abgefahren wird. Die Differenz zwischen N-Zufuhr und N-Abfuhr von der Fläche bildet den jährlichen Indikatorwert. Diese seit 2014 von der Umweltministerkonferenz gebilligte Methode (→*Flächenbilanz*) wird länderübergreifend einheitlich angewendet. Der überschüssige Stickstoff hat vielfältige Auswirkungen auf den Naturhaushalt. | 58 |
| Ökologischer Zustand der Oberflächengewässer [Prozent] | Bis zum Jahr 2027 sollen die Oberflächengewässer den guten oder sehr guten ökologischen Zustand erreicht haben. Der Indikator erhebt den Anteil der untersuchten →*Oberflächenwasserkörper* (Flüsse, Seen), die sich bereits in einem guten oder sehr guten ökologischen Zustand oder einem guten ökologischen Potenzial befinden. Hierzu wird die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaft untersucht und der Grad ihrer Abweichung vom gewässertypspezifischen Referenzzustand bestimmt. Berücksichtigt werden im Wasser frei schwebende Algen, Wasserpflanzen und Kieselalgen, mit bloßem Auge erkennbare Tiere der Gewässersohle sowie Fische.<br>Die Bewertung erfolgt in fünf Klassen: „1 = sehr gut", „2 = gut", „3 = mäßig", „4 = unbefriedigend" und „5 = schlecht". Die biologische Qualitätskomponente mit der schlechtesten Bewertung bestimmt dabei die ökologische Zustandsklasse. Diese spiegelt die Gesamtheit aller Einflussfaktoren und Störgrößen wider. | 60 |

| UMWELT UND GESUNDHEIT | | |
|---|---|---|
| **Indikator [Einheit]** | **Definition** | **Seite** |
| Hitzebelastung [Anzahl] | Hitzetag (oder „Heißer Tag") ist die meteorologische Bezeichnung für einen Tag, an dem die Tageshöchsttemperatur der Luft 30 °C erreicht oder überschreitet. Der Deutsche Wetterdienst (DWD) ermittelt die Anzahl dieser Tage im Kalenderjahr. Für den Indikator wird diese Anzahl für die Berechnung eines →*gleitenden Mittelwertes* über 30 Jahre verwendet und beginnend ab dem Zeitraum 1951 bis 1980 als Zeitreihe dargestellt. | 70 |
| Luftqualität – Feinstaub und Stickstoffdioxid [Mikrogramm pro Kubikmeter Luft] | →*Feinstaub ($PM_{10}$)* und →*Stickstoffdioxid* ($NO_2$) sind gesundheitsrelevante Luftschadstoffe, die eine besondere Bedeutung für die Luftbelastung in Städten haben. Für die beiden Teilindikatoren werden die Jahresmittelwerte der Konzentrationen in der Außenluft an den städtischen Hintergrundmessstationen in Bayern verwendet. Die zulässigen Messverfahren sind hierbei europaweit geregelt. Die Indikatorwerte zeigen die Entwicklung einer mittleren langfristigen Hintergrundbelastung. Für die Überprüfung von Grenzwerten im Kontext der Luftreinhalteplanung sind sie nicht geeignet. | 72 |
| Lärmbelastung [Prozent] | Lärm ist ein gesundheitsrelevanter Umweltfaktor. Der Indikator erfasst den prozentualen Anteil der Bevölkerung, die in kartierungspflichtigen Gebieten (wie die Umgebung von Hauptverkehrsstraßen, Haupteisenbahnstrecken, Großflughäfen) dauerhaft einem definierten Geräuschpegel ausgesetzt ist. Die Kartierung erfolgt nach den Vorgaben der →*EG-Umgebungslärmrichtlinie*. Unterschieden wird hierbei die ganztägige Belastung mit einem Pegel über 65 Dezibel ($L_{den}$ > 65 dB(A)) und die nächtliche Belastung über 55 Dezibel ($L_{night}$ > 55 dB(A)). | 74 |
| Straßenverkehrslärm [Index] | Straßenverkehr ist der Hauptverursacher bei der Gesamtlärmbelastung. Der Straßenverkehrslärm im Freien hängt vom mittleren Emissionsverhalten der Kraftfahrzeuge und von deren Gesamtfahrleistung ab. Beide Größen werden im Indikator miteinander multipliziert und als Indexwert relativ auf das Jahr 1995 (100 Prozent) bezogen. Das mittlere Emissionsverhalten wurde im Jahr 2019 in einer Richtlinie (RLS 2019) neu festgelegt. Die Gesamtfahrleistung, die vom Bundesverkehrsministerium publiziert wird („Verkehr in Zahlen"), bestimmt die jährliche Entwicklung des Indikators. ↓ Artikel Verkehr in Zahlen (134) | 76 |
| Güterverkehrsleistung [Tonnenkilometer pro Jahr] und [Prozent] | Die Güterverkehrsleistung erfasst sämtliche von Bayern ausgehende Gütertransporte. Sie entspricht dem Produkt aus transportierter Masse (in Tonnen) und der jeweiligen Transportstrecke (in Kilometern) im jeweiligen Jahr. Güterverkehr hat insgesamt vielfältige Umweltbelastungen zur Folge. Entlastungseffekte können mittels Eisenbahn und Binnenschifffahrt erzielt werden, weshalb auch deren prozentualer Anteil im Indikator ausgewiesen wird. | 78 |
| Öffentlicher Personennahverkehr [Personenkilometer pro Einwohner und Jahr] | Der öffentliche Personennahverkehr entlastet die Umwelt vor allem von Umwelt- und Gesundheitseffekten des motorisierten Individualverkehrs. Einwohnerbezogen stellt der Indikator das Produkt aus transportierter Personenanzahl und der zurückgelegten Strecke (in Kilometern) im jeweiligen Jahr dar. Hierzu wird seit 2004 der Liniennahverkehr, wie Straßenbahnen, U-Bahnen, Omnibussen, Eisenbahnen und S-Bahnen von der Verkehrsstatistik erfasst. | 80 |

| UMWELT UND GESUNDHEIT | | |
|---|---|---|
| **Indikator [Einheit]** | **Definition** | **Seite** |
| Nitrat im Grundwasser [Prozent] | Mit der →*Nitratbelastung* als Indikator lassen sich die Auswirkungen von Schutzmaßnahmen zur Verminderung des Eintrags diffuser Stoffe aus der Landwirtschaft auf die Grundwasserbeschaffenheit dokumentieren. An aktuell 157 Messstellen des bayerischen Landesmessnetzes, für die über mindestens zehn Jahre jährliche Messwerte vorliegen, wird der Anteil der Messstellen mit einem mittleren Nitratgehalt von insgesamt mehr als 25 Milligramm pro Liter sowie davon mehr als 50 Milligramm pro Liter angegeben. Europaweit liegt der Grund- und Trinkwassergrenzwert bei 50 Milligramm pro Liter. | 82 |
| Schwermetalleintrag [Index] | →*Schwermetalle* können gesundheitsrelevant sein und bergen bei langfristigen Anreicherungen auch ökologische Risiken. Zur Bestimmung des Eintrags werden die im Staubniederschlag enthaltenen Schwermetalle gemessen. Der Indikator zeigt an, wie sich ihr Eintrag über die Luft entwickelt und gibt damit indirekt einen Hinweis auf die Emissionssituation insgesamt (z. B. Verkehr und Industrie). Der Index wird als Summe von 14 Elemente (As, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Sn, V, Zn) dargestellt. Dazu wird jährlich jedes Element mit dem jeweiligen Mittelwert aus dem Fünfjahreszeitraum 2003 bis 2007 in Bezug gesetzt (Index = 1) und anschließend über die Mittelung dieser Teilindizes als Gesamtindex berechnet. Datenbasis sind die Werte des bayerischen Landesmessnetzes mit seinen sechs Messstationen zur Erfassung des ländlichen Hintergrunds. | 84 |

| RESSOUCEN UND EFFIZIENZ | | |
|---|---|---|
| **Indikator [Einheit]** | **Definition** | **Seite** |
| Grundwasserneubildung aus Niederschlag [Prozent] | Der Indikator Grundwasserneubildung aus Niederschlag zeigt die relative Abweichung der Grundwasserneubildung als zehnjähriges →*gleitendes Mittel* gegenüber dem langjährigen Mittel der Grundwasserneubildung im Zeitraum 1971–2000 für Bayern sowie regionalisiert für Süd- und Nordbayern (südlich bzw. nördlich der Donau). Aufgrund der flächendeckend modellierten und räumlich hochaufgelösten Daten über den Gesamtzeitraum 1951–2022 ist dieser Indikator sehr aussagekräftig. | 94 |
| Ökologische Landwirtschaft [Prozent] | Ökolandbau dient dem Schutz des Bodens sowie der Gewässer und trägt zur Artenvielfalt bei. Der Indikator gibt den Anteil der ökologisch bewirtschafteten Flächen an der gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche in Bayern an. Grundlage hierfür ist die →*EU-Öko-Basisverordnung* 2018/848 von 2018 mit Wirkung seit 01.01.2022. | 96 |
| Siedlungs- und Verkehrsfläche [Prozent] | Der Indikator setzt die für Siedlungs- und Verkehrsflächen beanspruchte Bodenfläche in Beziehung zur Gesamtfläche Bayerns. Etwa die Hälfte dieser Flächen ist versiegelt und die natürlichen Bodenfunktionen sind gestört. | 98 |
| Flächenverbrauch [Hektar pro Tag] | Als Flächenverbrauch bezeichnet man die tägliche Umwandlung von Freiflächen in Siedlungs- und Verkehrsflächen. Meist werden dabei landwirtschaftliche Flächen bebaut.<br>Der Indikator wird errechnet, indem man die gesamte Bodenfläche, die innerhalb eines Gebietes pro Jahr neu für Siedlung und Verkehr in Anspruch genommenen wird, durch die Anzahl der Kalendertage des betreffenden Jahres teilt. Da die Siedlungs- und Verkehrsfläche auch Grün- und Freiflächen in beachtlichem Umfang umfasst, ist der Flächenverbrauch nicht mit →*Bodenversiegelung* (z. B. Überbauung, Betonierung, Asphaltierung) gleichzusetzen.<br>Deutschlandweit wurde die Flächenerhebung inzwischen auf das Amtliche Liegenschaftskataster-Informationssystem (ALKIS) umgestellt. In Bayern wird der Flächenverbrauch bereits seit 2014 aus ALKIS berechnet. Die Werte für 2012 und 2013 stehen rückwirkend zum Vergleich zur Verfügung. Die neu berechneten Werte zeigen systematische und aktualisierungsbedingte Abweichungen. Insbesondere wird nunmehr die tatsächliche Nutzung der Flächen besser berücksichtigt und dem Indikator damit auch eine bessere Grundlage verschafft.<br>Wie Energie oder Wasser kann auch Fläche nicht tatsächlich verbraucht werden. Diese Ressourcen werden stattdessen qualitativ abgewertet. | 100 |
| Altlasten [Anzahl] | Der Indikator erfasst alle Flächen mit geklärtem →*Altlastverdacht*, bei denen die Amtsermittlung gemäß § 9 Abs. 1 Bundes-Bodenschutzgesetz abgeschlossen ist. Flächen, bei denen der Verdacht ausgeräumt werden konnte oder die bereits saniert sind, stehen für eine Nachnutzung wieder zur Verfügung. Bei den übrigen Flächen müssen noch weitere Untersuchungen vorgenommen und gegebenenfalls Maßnahmen wie Sanierungen durchgeführt werden. Die vorliegenden Erkenntnisse über diese Flächen können aber bereits in anstehenden Planungen für eine Neunutzung übernommen werden. | 102 |

| RESSOUCEN UND EFFIZIENZ | | |
|---|---|---|
| **Indikator [Einheit]** | **Definition** | **Seite** |
| Abfallaufkommen [Kilogramm pro Einwohner und Jahr] | Als Abfallaufkommen werden alle verwerteten Abfälle aus Haushalten, unabhängig von der Art ihrer Verwertung, sowie der Restabfall aus Haushalten bezeichnet. Dieses jährlich so ermittelte Abfallaufkommen wird in Bezug zur Einwohnerzahl gesetzt. Es steht im Zusammenhang mit Ressourcenverbrauch, Konsum und Entsorgungsbedarf und kann von jedem Einzelnen unmittelbar beeinflusst werden. | 104 |
| Verwertungsquote [Prozent] | Die Verwertungsquote ist die Menge der verwerteten Abfälle aus Haushalten geteilt durch die Gesamtmenge des in den Haushalten angefallenen Abfallaufkommens (siehe Definition „Abfallaufkommen"). Zu den verwerteten Abfällen zählen kommunale und duale Wertstoffe aus Haushalten, verwertete Problemabfälle sowie Elektro- und Elektronik-Altgeräte. Bei der Gesamtmenge sind dagegen zusätzlich die nicht verwerteten Restabfälle aus Haushalten inklusive Haus- und Sperrmüll erfasst. | 106 |
| Ressourcenproduktivität [Index] | Ressourcenproduktivität ist eine volkswirtschaftliche Kennzahl, welche die Produktivität der zur Produktion eingesetzten Ressourcen angibt und damit ein Maß für die Effizienz einer Volkswirtschaft bei der Verwendung von Ressourcen. Zur Berechnung des Indikators wird das Bruttoinlandsprodukt ins Verhältnis gesetzt zum →*Endenergieverbrauch* (Energieproduktivität) oder dem Rohstoffverbrauch (Rohstoffproduktivität). Die Darstellung erfolgt jeweils als Indexgröße bezogen auf ein Basisjahr (Energieproduktivität: 1991; Rohstoffproduktivität: 1994). Zu beachten ist, dass wegen der Zunahme der Importe von Halb- und Fertigwaren aus dem Ausland die umweltbezogene Aussagekraft der Rohstoffproduktivität abnimmt und daher derzeit eine Weiterentwicklung des Indikators verfolgt wird. | 108 |

# Glossar

*Aerosole:* Gemisch aus festen und/oder flüssigen Schwebeteilchen und Luft. Aerosolpartikel sind in der Regel nur wenige Millionstel bis mehrere Tausendstel Millimeter groß. Darin können beispielsweise Rußpartikel oder Pollen enthalten sein.

*Agrarökosystem:* Ein durch die Tätigkeit des Landwirts geschaffenes Nutzökosystem, wie beispielsweise ein Getreidefeld oder eine Viehweide, die im Gegensatz zu anderen Ökosystemen nicht die Natur, sondern der Mensch zur Produktion von Kulturpflanzen und Nutztieren gestaltet. Damit steuert der Mensch den Organismenbestand, den Energiefluss und den Stoffkreislauf sowie die Wechselbeziehungen zwischen Boden, Klima und Organismenbestand in diesem System.

*Altlasten, Altlastverdacht*: Flächen, auf denen mit umweltgefährdenden Stoffen umgegangen wurde und von denen heute insbesondere Gefahren für Mensch oder Umwelt ausgehen können. Dazu gehören Altablagerungen (Grundstücke, auf denen Abfälle behandelt oder gelagert wurden) und Altstandorte (industriell oder gewerblich genutzte Grundstücke). Besteht für ein Grundstück der Verdacht, dass eine Altablagerung oder ein Altstandort vorliegt (*Altlastverdacht*), so kann dieser nur durch spezifische Untersuchungen in einem mehrstufigen Verfahren ausgeräumt oder bestätigt werden.

*Ammonium, Ammoniak:* Ammonium entsteht in der Umwelt bei der bakteriellen Zersetzung von Biomasse und abgestorbenen Organismen oder durch Umwandlung aus Ammoniak. Ammoniak wiederum entsteht z. B. in großen Mengen in der intensiven landwirtschaftlichen Tierhaltung und wird unter anderem bei der Ausbringung von Gülle in die Atmosphäre freigesetzt. Ammonium ist zwar ein Bestandteil von Düngemitteln und damit auch wichtig für das Wachstum von Pflanzen, zu hohe Ammoniumkonzentrationen können jedoch nach mikrobieller Umwandlung zur → *Versauerung* und übermäßigen Nährstoffanreicherung im Boden oder in Gewässern führen.

*Bauleitplanung:* Die Bauleitplanung ist ein kommunales Planungswerkzeug, um die Nutzung von Grundstücken in den Gemeinden zu lenken, und dadurch Ortsgestaltung und -entwicklung nachhaltig zu beeinflussen. Das zweistufige Verfahren setzt sich zusammen aus dem Flächennutzungsplan (vorbereitender Bauleitplan) und dem Bebauungsplan (verbindlicher Bauleitplan). Die Bauleitplanung stellt ein geeignetes Mittel dar, um die Umsetzung von Klimaschutzzielen in der Kommune zu erleichtern. Beispielsweise können im Rahmen dieser Planung mögliche Standorte für Energieerzeugungsanlagen festgelegt werden.

*BayernNetzNatur:* Mit den Projekten des BayernNetzNatur sollen der landesweite Biotopverbund in Bayern und die Biodiversitätsstrategie der Bayerischen Staatsregierung umgesetzt werden. Das fördert die natürlichen Lebensgrundlagen und dient dem Klimaschutz. In den Projekten arbeiten Landwirte, Behörden, Verbände und Kommunen eng zusammen.

*Bioenergie:* Energie, die aus die aus organischem Material wie nachwachsenden Rohstoffen, Energiepflanzen oder organischen Reststoffen gewonnen wird. Dazu zählen eigens landwirtschaftlich angebaute Pflanzen (z. B. Mais, Sonnenblumen, Ölpalmen), Holz aus der Forstwirtschaft oder biogene Abfall- und Reststoffe aus der Land- und Forstwirtschaft, aus Haushalten sowie aus der Lebensmittel verarbeitenden Industrie. Die Bioenergie steht als flüssiger Biokraftstoff, als Biogas oder als Holzhackschnitzel oder -pellets zur Verfügung.

*Blau-grüne Infrastruktur:* Bezeichnung einer strukturreichen Gestaltung von Grünräumen und eines lokalen ökologischen Regenwassermanagements, denen neben der grauen Infrastruktur, dem baulichen Bereich, zentrale Bedeutung zukommt. Grüne Infrastruktur beinhaltet ein Netzwerk aus natürlichen und naturnah gestalteten Flächen. Die kühlende Funktion dieser Elemente wird genutzt und gleichzeitig die Artenvielfalt innerhalb von Siedlungsräumen gestärkt. Blaue Infrastruktur beinhaltet alle Maßnahmen, die auf den Wasserkreislauf Einfluss nehmen, wie Teiche, ungebundene Schotterdecken oder multifunktionale Flächen. Ziel ist es, Regenwasser zurückzuhalten, statt unmittelbar abzuleiten.

*Bodenspeicher:* Menge an Wasser, die entgegen der Schwerkraft vom Boden aufgenommen und gespeichert werden kann.

*Bodenversiegelung, Versiegelung:* Verdichtung und Bedeckung offenen Bodens, z. B. durch Asphalt, Beton oder Gebäude. Dadurch werden Austauschvorgänge des Bodens mit Luft und Wasser unterbunden. Bodenversiegelung führt zu irreversiblem Verlust der natürlichen Bodenfunktionen.

Die Folgen beeinträchtigen unter anderem die biologische Vielfalt, die Versickerung des Wassers sowie die Grundwasserneubildung, das Mikroklima und das Bodenleben.

*Bodenwert:* Der monetäre Wert eines unbebauten Grundstücks.

*Bundesverkehrswegeplan:* Planungsinstrument der Bundesregierung für den Erhalt, Aus- und Neubau von Straßen, Schienen und Wasserstraßen des Bundes. Der Plan wird jeweils für einen Zeitraum von 10 bis 15 Jahren aufgestellt. Der aktuelle Bundesverkehrswegeplan 2030 wurde 2016 verabschiedet.

*$CO_2$-Äquivalente:* Der Ausstoß an →*Treibhausgasen* wird üblicherweise in $CO_2$-Äquivalente umgerechnet, da die einzelnen Gase unterschiedliche Wirkung auf den Treibhauseffekt haben.

*Datenfernübertragung:* Übertragung der gewässerkundlichen Messdaten (Pegelstände, Grundwasserstände und →*Quellschüttungen*) über das Mobilfunknetz und Import in die Datenbank. Den Entscheidungsträgern der Wasserwirtschaft stehen die Daten dadurch tagesaktuell zur Verfügung.

*Diffuse Einträge:* Diffus gelangen große Mengen von Stoffen wie Stickstoffverbindungen, Phosphor und Pflanzenschutzmittel in die Gewässer. Sie werden über die Luft eingetragen oder mit ablaufendem Regenwasser hineingespült. Die landwirtschaftliche Nutzung von Flächen ist eine der bedeutendsten diffusen Quellen.

*Distickstoffoxid:* Ein →*Treibhausgas*, das rund 300-mal so klimaschädlich ist wie Kohlendioxid. Hauptquellen sind stickstoffhaltige Düngemittel in der Landwirtschaft und die Tierhaltung, Prozesse in der chemischen Industrie sowie Verbrennungsprozesse. (Trivialname: Lachgas)

*Doline:* Trichter-, kessel- oder schlotförmige Senke in Karstgebieten mit einem Durchmesser mehr als 2 m bis zu mehreren Kilometern, die durch Lösungs- und Senkprozesse des Gesteins entstanden ist.

*EG-Umgebungslärmrichtlinie:* Mit der „Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über die Bewertung und die Bekämpfung von Umgebungslärm“ von 2002 gibt es einen gemeinsamen europäischen Ansatz zur Minderung der Lärmbelastung der Bevölkerung. Dabei werden nach einheitlichen Verfahren Lärmschwerpunkte durch eine umfangreiche, strategische Lärmkartierung ermittelt. Auf Grundlage der Lärmkarten werden unter aktiver Mitwirkung der Öffentlichkeit Lärmaktionspläne aufgestellt.

*EG-Wasserrahmenrichtlinie:* Die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) ist ein starkes politisches Instrument in der bundesweiten und europäischen Wasserpolitik. Die Richtlinie trat im Dezember 2000 in Kraft und vereint nicht nur moderne Ansätze des Gewässerschutzes, sondern bündelt auch vielzählige Einzelrichtlinien des Wasserrechts der EU. Erstmals wurde es damit möglich, Gewässerschutz von der Quelle bis zur Mündung im Gewässer-Einzugsgebiet und über Ländergrenzen hinaus durchzuführen. In Deutschland werden dafür zehn Flussgebietseinheiten als Planungsräume ausgewiesen. Es handelt sich um die Einzugsgebiete der großen Fließgewässer Donau, Eider, Elbe, Ems, Maas, Oder, Rhein, Schlei/Trave, Warnow/Peene und Weser. Diese decken das komplette Gewässernetz in Deutschland ab. Ziel der WRRL ist es, europaweit alle Flüsse, Seen, Grundwasser und Küstengewässer bis spätestens 2027 in einen „guten ökologischen Zustand“ zu überführen.
Die WRRL ist in Deutschland im Wasserhaushaltsgesetz (WHG), in der Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (OGewV) und in der Grundwasserverordnung (GrwV) verankert.

*Eigentumsgleich gesicherte Flächen:* Flächen, die mit Förderung durch das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz oder des Naturschutzfonds angekauft wurden, Flächen der Naturschutzverbände, Flächen der Ämter für Ländliche Entwicklung sowie Ausgleichsflächen. Diese Flächen sind im Ökoflächen-Kataster des Bayerischen Landesamts für Umwelt verzeichnet.

*Endenergieverbrauch:* Die Endenergie ist diejenige Energie, die dem Letztverbraucher vor Ort für seine Zwecke zur Verfügung steht. Beispielsweise ist die für die Heizung gelieferte Menge an Gas die Endenergie, die für die Wärmeerzeugung im Haus benötigt wird. Endenergie wird nach verschiedenen Verbrauchergruppen und Wirtschaftszweigen wie Industrie, Verkehr oder Haushalte aufgeschlüsselt. Insbesondere Minderalölprodukte wie Diesel und Benzin sowie Erdgas und Strom dominieren den Endenergieverbrauch in Deutschland. Der Anteil der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch in Deutschland soll bis 2030 auf 30 Prozent steigen.

*Energie-Atlas Bayern:* Das Internetportal der Bayerischen Staatsregierung stellt Karten, Informationen und Daten rund um das Thema Energie bereit. Es zeigt die in Bayern verfügbaren Potenziale für alle erneuerbaren Energien und für Abwärme. Interessierte Bürgerinnen und Bürger sowie Unternehmen und Kommunen können dort Anlagenstandorte, Praxisbeispiele, Planungshilfen und Informationen zu einschlägigen Förderprogrammen abrufen. Außerdem informiert das Portal über die Themen Energiesparen und Energieeffizienz.

*Energiebedingte $CO_2$-Emissionen/Kohlendioxidemissionen:* $CO_2$-Emissionen, die bei Umwandlung und Nutzung fossiler Energieträger entstehen.

*Erdfall:* Einbrechen der Erdoberfläche über einem Hohlraum, der in tieferen Schichten durch Auswaschungen oder Lösungsprozesse entstanden ist.

*EU-Öko-Verordnung:* Die neue konsolidierte EU-Öko-Verordnung legt mit Wirkung vom 01.01.2022 fest, wie Bio-Lebensmittel produziert, kontrolliert, importiert und gekennzeichnet werden. „Bio" ist der höchste gesetzliche Standard der Landwirtschaft und Lebensmittelproduktion.

*Eutrophierung, eutrophierend wirkende Stoffe:* Ein Überangebot an Pflanzennährstoffen (insbesondere Stickstoff und Phosphor) in Gewässern oder im Boden fördert in der Regel das pflanzliche Wachstum. In der Folge gerät das Ökosystem aus dem Gleichgewicht: Arten, die das Nährstoffüberangebot sehr gut verwerten können, verdrängen Arten, die auf nährstoffarme Standorte spezialisiert sind.

*Extensiv genutzte Flächen:* Eine extensive landwirtschaftliche Nutzung von Flächen zeichnet sich durch den geringeren Einsatz von Arbeit und Maschinen sowie durch eine geringere Einbringung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln im Vergleich zur intensiven Bewirtschaftung aus. Extensiv genutzte Wiesen stellen einen wichtigen Lebensraum für viele Pflanzen- und Tierarten wie Orchideen, Enzianarten, Spinnen, Käfer, Eidechsen, Heuschrecken und Blindschleichen dar. Der Verzicht auf Düngung fördert die Pflanzenvielfalt sowie das Pollen- und Nektarangebot. Der späte Schnittzeitpunkt und die längeren Mähintervalle ermöglichen es vielen Tierarten, sich erfolgreich fortzupflanzen.

*Fernerkundliche Methoden:* Die berührungsfreie Erkundung der Erdoberfläche einschließlich der Erdatmosphäre, beispielsweise durch Flugzeug- oder Satelliten-getragene Fernerkundungssensoren in Kameras oder Scannern. Auch Drohnen oder Ballons kommen zum Einsatz.

*Feinstaub ($PM_{10}$, $PM_{2,5}$):* Sammelbegriff für winzige Partikel, die in der Luft schweben. Partikel mit einem Durchmesser von maximal 10 Mikrometern ($PM_{10}$, particulate matter ≤ 10 Mikrometer) können beim Menschen in Mund und Nase eindringen. Partikel mit einem Durchmesser von maximal 2,5 Mikrometern ($PM_{2.5}$, particulate matter ≤ 2,5 Mikrometer) können in die Lunge oder sogar bis ins Blut gelangen und den Organismus schädigen.

*F-Gase:* Fluorierte →*Treibhausgase* (F-Gase) wirken sich je nach Substanz sehr stark auf das Klima aus, der Effekt ist bis zu 23.500-mal höher als bei Kohlendioxid. Während die klassischen Treibhausgase meist als unerwünschte Nebenprodukte freigesetzt werden, zum Beispiel bei der Verbrennung fossiler Rohstoffe, werden fluorierte Treibhausgase überwiegend gezielt produziert und eingesetzt, hauptsächlich als Kältemittel in Kälte- und Klimaanlagen, Treibmittel in Schäumen und Dämmstoffen sowie als Feuerlöschmittel.

*Flächenmanagement-Datenbank:* Mithilfe der Datenbank, die das Bayerische Landesamt für Umwelt den Kommunen zur Verfügung stellt, lassen sich Flächen, die potenziell neu bebaut werden können, erfassen und verwalten. Dazu gehören Baulücken und Brachflächen, aber auch leerstehende Wohngebäude und Althofstellen. Ebenso hilft das Tool, Eigentümerbefragungen zu erstellen und auszuwerten sowie Gebäude- oder Flächensteckbriefe zu erstellen.

*Flächenrecycling:* Prozess der Wiederherrichtung einer Fläche für eine neue Nutzung nach Beendigung der alten Nutzung. Damit verbunden sind oftmals Abriss- und Rückbautätigkeiten, um bestehende Bebauung, alte Versorgungsleitungen und alte Fundamente zu entfernen, sowie das Beseitigen von →*Altlasten*.

*Flächensparoffensive:* Strategie der Bayerischen Staatsregierung zur wirkungsvollen Senkung der Flächenneuinanspruchnahme unter Einbindung von Fachverbänden.

*Flüchtige organische Verbindungen (VOC, volatile organic compounds):* Gasförmige Verbindungen, die überwiegend aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehen (Kohlenwasserstoffe). Sie werden bei industriellen Prozessen, bei der Anwendung von Lacken und Farben sowie bei vielen Verbrennungsprozessen (z. B. auch im Benzin- und Dieselmotor) freigesetzt. Aber auch Pflanzen und Bäume setzen vor allem in der warmen Jahreszeit diese Art Verbindungen frei.

*Gebäudewärmebedarf:* Der maximale Wärmebedarf eines Gebäudes bei der tiefsten anzunehmenden Außentemperatur. Er setzt sich aus dem Transmissionswärmebedarf (Wärmeverlust über Außenflächen wie Fenster, Türen, Dach und Außenwände) sowie dem Lüftungswärmebedarf (Erwärmung der eindringenden Außenluft) zusammen.

*Geogen (Adjektiv):* Fachbegriff für auf natürliche Weise in der Erde entstandene Stoffe oder Elemente.

*Geothermie/Umweltwärme:* Wasser, Luft und Erde sind Energieträger, sie speichern Wärme. Durch die technische Installation von Wärmepumpen lassen sich Temperaturunterschiede dieser Medien für das Wärmen und Kühlen von Gebäuden nutzen. Für Geothermie wird die in der Erdkruste gespeicherte Wärmeenergie zum Heizen, Kühlen und zur Stromerzeugung verwendet.

*Gesetzlich geschützte Flächen:* Dazu gehören nach dem Naturschutzrecht unter anderem: Naturschutzgebiete, Nationalparke, Biosphärenreservate, Naturparke, →*Natura-2000*-Gebiete, Flächen nach § 30 des Bundesnaturschutzgesetzes BNatSchG in Verbindung mit Art. 23 des Bayerischen Naturschutzgesetzes BayNatSchG („Gesetzlich geschützte Biotope"), Flächen des § 39 BNatSchG („Allgemeiner Schutz wild lebender Tiere und Pflanzen") in Verbindung mit Art. 16 BayNatSchG („Schutz bestimmter Landschaftsbestandteile"), Naturwaldreservate, Landschaftsschutzgebiete, geschützte Landschaftsbestandteile, Naturdenkmäler als Flächen bis zu 5 Hektar.

*Gleitendes Mittel:* Das gleitende Mittel ist ein statistisches Glättungsverfahren mit dem Ziel, Zeitreihen anschaulicher zu machen. Dazu wird eine festgelegte Anzahl von Werten (ein so genanntes Wertefenster) bestimmt, für die ein Mittelwert errechnet wird, z. B. Mittelwert der Werte der Jahre 1961 bis 1990 (= Mittelwert aus 30 Einzelwerten). Anschließend wird dieses Wertefenster um einen Wert versetzt: z. B. 1962 bis 1991 und erneut ein Mittelwert berechnet. Dieses Verfahren wird bis zum letzten Wert einer Datenreihe fortgesetzt.

*Grundwassersystem:* Grundwasser wird nach DIN 4049 definiert als unterirdisches Wasser, das die Hohlräume der Erdrinde zusammenhängend ausfüllt und dessen Bewegung von der Schwerkraft und den durch die Bewegung selbst ausgelösten Reibungskräften bestimmt wird. Aufgrund der Abfolge durchlässiger und undurchlässiger Gesteinsschichten im Untergrund bilden sich verschiedene sogenannte Grundwasserstockwerke aus.

*Grundwasserkörper:* Grundwasservorkommen oder Teil eines solchen, das eindeutig abgegrenzt oder abgrenzbar ist. Grundwasserkörper dienen zur Bewirtschaftung und Beurteilung des Grundwassers. Laut →*EG-Wasserrahmenrichtlinie* soll ein guter chemischer und mengenmäßiger Zustand erreicht werden. Zur Beschreibung der chemischen Qualität des Grundwassers werden Nährstoffe (insb. →*Nitrat*) sowie weitere Kennwerte wie →*Schwermetalle* und Pflanzenschutzmittel gemessen.

*Gute fachliche Praxis:* Für Landwirte gelten öffentlich-rechtliche Standards bei der Ausübung ihres Berufs. So darf die Anwendung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln nur in Übereinstimmung mit geltendem Recht, den neuesten und anerkannten Anwendungsregeln sowie unter Beachtung der Grundsätze des integrierten Landbaus erfolgen.

*Hintergrundeinträge:* Messbares Vorkommen von Nähr- und Schadstoffen an Orten, die weiter entfernt von ihrer Emissionsquelle liegen. Die dort erhobenen Messungen sind mit hoher Wahrscheinlichkeit repräsentativ für andere Räume in Bayern.

*Hitzeaktionspläne:* Hitzeaktionspläne umfassen Maßnahmen, die dazu dienen, gesundheitliche Folgen von Hitzewellen zu verhindern oder zumindest zu mindern. Sie verfolgen einen integrativen Ansatz, der kurz-, mittel- und langfristige gesundheitsorientierte Maßnahmen in einem gemeinsamen Umsetzungsrahmen zusammenfasst. Ziel ist, die Bevölkerung insgesamt ebenso wie besonders vulnerable Bevölkerungsgruppen zu schützen und so die Krankheitslast sowie vorzeitige Todesfälle während Hitzeperioden zu verringern. Als Fachplanungen können diese auf nationalstaatlicher, landesweiter, regionaler, kommunaler oder einrichtungsbezogener Ebene erstellt werden und sich gegenseitig ergänzen.

*Hydrogeologie (Adjektiv: hydrogeologisch):* Die Wissenschaft vom Wasser in der Erdkruste und seinen Wechselwirkungen mit der Erdoberfläche. Forschungsgegenstände sind Grund- und Sickerwasser sowie alle Faktoren, die hierauf Einfluss haben. Die Hydrologie als angrenzender Forschungsbereich befasst sich dagegen mit dem oberirdischen Wasser.

*Hygrisch (Adjektiv):* Die Luftfeuchtigkeit oder den Niederschlag betreffend.

*Hyperkonzentrierter Strom* (auch hyperkonzentrierter oder murartiger Abfluss, siehe *Murgang*): Im Unterschied zum natürlichen Transport in Fließgewässern im Regelzustand werden in kurzer Zeit mehr und größere Feststoffe transportiert. Die Dichte des Gemisches übersteigt dabei den Wert von 1.300 kg/m³ und kann eine volumetrische Feststoffkonzentration zwischen 20 und 40 Prozent erreichen. Selbst Gesteinsbrocken in der Größenordnung von mehr als 10 cm bewegen sich annähernd mit der Geschwindigkeit des Wassers. Zudem sind die Feststoffe unabhängig von ihrer Größe über den gesamten Abflussquerschnitt verteilt.

*Infiltrationskapazität:* Wassermenge, die pro Zeiteinheit in den Boden eindringen kann. Wird die Infiltrationskapazität überschritten, fließt das überschüssige (Niederschlags-) Wasser oberflächlich ab.

*Klimaneutralität, klimaneutral:* Klimaneutralität bedeutet, nicht mehr → *Treibhausgase* auszustoßen als durch Bindungsprozesse aufgenommen werden können.

*Klimaregionen in Bayern:* Das Klima innerhalb Bayerns ist sehr unterschiedlich. Um dies angemessen abzubilden, wurde Bayern in sieben zusammenhängende Klimaregionen unterteilt, die in sich möglichst ähnlich bezüglich Temperatur und Niederschlag sind: Alpen, Alpenvorland, Südbayerisches Hügelland, Donauregion, Ostbayerisches Hügel- und Bergland, Mainregion und Spessart-Rhön.

*Klimaresilienz, klimaresilient:* Der Begriff der Resilienz wird in verschiedenen Wissenschaften verwendet und steht für „Widerstandsfähigkeit" und „Anpassungsfähigkeit". Resilienz in Bezug auf die Klimawandelanpassung bedeutet die Anpassungsfähigkeit des Menschen sowie politischer Systeme an eine sich verändernde Umwelt. Im Umfeld von Gewässern trägt die Fähigkeit, Niederschlagswasser in der Landschaft zu speichern, zur Klimaresilienz der Gewässerökologie bei.

*Klimamodelle, Klimaprojektionen:* Klimamodelle werden dazu verwendet, das Erdklimasystem in seinen physikalischen, biologischen und chemischen Vorgängen abzubilden. Auf dieser Grundlage können vergangene und aktuelle klimatische Bedingungen nachgebildet sowie Aussagen über zukünftige Veränderungen getroffen werden. Auf Grund ihrer räumlichen Abdeckung unterscheidet man zwischen Globalen Klimamodellen (GCM; Global Climate Models) und Regionalen Klimamodellen (RCM; Regional Climate Models). Während GCMs den gesamten Globus umspannen, bilden RCMs nur eine ausgewählte Region ab, diese jedoch mit einer deutlich höheren räumlichen Präzision als durch GCMs möglich ist. Für das Bayerische Klimainformationssystem wurden Daten aus regionalen Klimamodellen ausgewertet. Eine *Klimaprojektion* stellt eine mögliche zukünftige Entwicklung des Klimas unter Annahme verschiedener Emissionsszenarien dar. Die Klimaprojektionen werden mit Hilfe von Klimamodellen abgeleitet. Für das Bayerische Klimainformationssystem wurden regionale Klimaprojektionen aus verschiedenen Forschungsvorhaben verwendet. Diese Projektionen wurden mittels eines sogenannten Audits auf Plausibilität für die Region Bayern geprüft.

*Körperschaftswälder:* Wälder im Eigentum von Körperschaften des öffentlichen Rechts wie Gemeinden und Städten. In Bayern beträgt der Anteil des Körperschaftswaldes 13,5 Prozent. Der größte Teil des Waldes ist mit 54,2 Prozent in privatem Besitz, 30,1 Prozent gehören dem Freistaat Bayern, weitere 2,2 Prozent gehören dem Bund (Stand: 2016).

*Kombinationswirkung:* Für sich als harmlos eingestufte Konzentrationen von Umweltgiften und Wirkstoffen können in der Kombination mit anderen Stoffen giftig wirken.

*Kosten für Materialien:* Bei den Materialkosten sind die Kosten für Rohstoffe/Werkstoffe, Halbzeuge, Bauteile und Baugruppen eingeschlossen.

*Kulturlandschaft:* Vom Menschen durch kleinräumige Bewirtschaftung geprägte Agrarlandschaft. Kulturlandschaften sind Teil sowohl des Naturerbes als auch des kulturellen Erbes.

*Methan:* Methan zählt mit Kohlendioxid, Lachgas und FCKW zu den langlebigen → *Treibhausgasen*. Es beeinflusst den Strahlungshaushalt der Atmosphäre und damit den anthropogenen (menschengemachten) Treibhauseffekt. Die größte Quelle von Methan ist die Landwirtschaft. Gleichzeitig ist Methan der Hauptbestandteil von Biogas und damit ein wichtiger gasförmiger Energieträger aus erneuerbaren Energien. Biomethan steht wie fossiles Erdgas für die Produktion von Strom und Wärme zur Verfügung.

*Murgang:* Schnelles Abfließen eines breiartigen Gemisches aus Wasser und Feststoffen, das in und unterhalb von alpinen Wildbächen vorkommt. Die Dichte des Gemisches beträgt mehr als 1.700 kg/m³. Typisch ist eine volumetrische Feststoffkonzentration von über 40 Prozent, was Einfluss

auf das Fließverhalten hat. So sind die mittransportierten Feststoffe unabhängig von der Korngröße über den gesamten Abflussquerschnitt verteilt. Ein Murgang kann in mehreren Schüben abgehen.

*Natura 2000:* Natura 2000 ist ein länderübergreifendes Netz von Schutzgebieten innerhalb der Europäischen Union. Es besteht aus Schutzgebieten der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-Richtlinie von 1992) sowie der Vogelschutzrichtlinie von 1979 der Europäischen Union.

*Naturoffensive Bayern*: Mit der am 31.07.2018 beschlossenen Naturoffensive Bayern wurde mit verschiedenen Leuchtturmprojekten der Schutz der Artenvielfalt gestärkt (z. B. Aufbau des Bayerischen Artenschutzzentrums). Kurz darauf wurde das erfolgreiche Volksbegehren „Artenvielfalt und Naturschönheit in Bayern – Rettet die Bienen" von der Bayerischen Staatsregierung angenommen und zusätzlich ein Begleitgesetz beschlossen. Die Regelungen traten am 01.08.2019 in Kraft. Ziel ist es, den Artenschwund insgesamt zu stoppen. Ein zentraler Inhalt ist die Verpflichtung zur Schaffung eines Biotopverbundes bis 2023 auf mindestens zehn Prozent, bis 2027 auf mindestens 13 Prozent, und bis 2030 auf 15 Prozent des →*Offenlands* der Landesfläche (Art. 19 (1) BayNatSchG). Weitere Kerninhalte sind z.B. der Schutz von Gewässerrandstreifen, von Streuobstwiesen, von Grünland und der Moorschutz.

*Nitrat, Nitrit:* Nitrat ist eine Verbindung aus Sauerstoff und Stickstoff. Es kommt natürlich im Boden vor und dient den Pflanzen als Nährstoff. Nitrat ist außerdem in stickstoffhaltigen Düngemitteln enthalten, die zur Förderung des Pflanzenwachstums eingesetzt werden. Das an sich ungiftige Nitrat wird von bestimmten Bakterien oder Enymen in das giftig wirkende Nitrit umgewandelt. Dieser Prozess kann im Boden, in Lebensmitteln, aber auch im menschlichen Körper stattfinden. Nitrit hemmt den roten Blutfarbstoff (Hämoglobin) bei der Übertragung von Sauerstoff und kann dadurch Atemnot auslösen.

*Normallandschaft:* Als Normallandschaft wird die vom Menschen genutzte, nicht als Schutzgebiet ausgewiesene Landschaft bezeichnet. Sie macht über 90 Prozent der Fläche Deutschlands aus und ist der Bezugsraum für den bundesweiten Nachhaltigkeitsindex für Artenvielfalt.

*Oberflächenwasserkörper:* Die →*EG-Wasserrahmenrichtlinie* versteht unter einem Oberflächenwasserkörper einen einheitlichen und bedeutenden Abschnitt eines Flusses, mehrere kleinere Bäche oder auch einen ganzen See.

*Offenland/Offenlandschaft:* Oberbegriff für alle Landschaften, die nicht bewaldet sind, zum Beispiel Wiesen, Äcker und Heiden.

*Pariser Klimaschutzabkommen, Pariser Klimaabkommen:* Auf der Pariser Klimaschutzkonferenz (COP21) im Dezember 2015 haben sich 195 Länder erstmals auf ein allgemeines, rechtsverbindliches weltweites Klimaschutzabkommen geeinigt. Dort wurde auch das Ziel beschlossen, den Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur deutlich unter 2 °C gegenüber vorindustriellen Werten zu halten, und möglichst den Temperaturanstieg auf unter 1,5 °C zu begrenzen.

*Phänologie (Adjektiv: phänologisch):* Die Phänologie (Lehre der Erscheinungen) befasst sich mit den Wachstums- und Entwicklungsphasen der Pflanzen und Tiere im Jahresverlauf. Beobachtet werden Ereignisse wie Knospenbildung, Blüte oder Laubfall bei Pflanzen und Verhaltensweisen wie Vogelzug oder Paarungszeit bei Tieren.

*Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK):* Chemische Verbindungen mit ringförmigen Strukturen, die aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehen. Der bekannteste Vertreter ist Benzo[a]pyren. Die meisten PAK sind krebserzeugend oder krebsverdächtig. Sie entstehen in sehr geringem Umfang bei Verbrennungsprozessen, insbesondere bei der Verbrennung von Holz und Kohle.

*Persistente organische Schadstoffe* (*POP,* englisch: persistent organic pollutants): Organische Verbindungen, die in der Umwelt nur sehr langsam abgebaut werden. Sie werden weiträumig transportiert und kommen auch fern ihrer Eintragsquelle in der Umwelt vor. In den Fließgewässern reichern sie sich an Schwebstoffen und in der Nahrungskette an. Sie sind giftig für Menschen und Tiere.

*Perzentil:* Durch Perzentile wird ein der Größe nach geordneter Datensatz in 100 umfangsgleiche Teile zerlegt. Jeder dieser Ein-Prozent-Schritte enthält somit eine gleiche Anzahl an Messwerten. Das 25-Prozent Perzentil ist in diesem Datensatz ein Schwellenwert, bei dem 25 Prozent aller Werte kleiner oder gleich dieses Schwellenwertes sind. Der Rest ist größer. Dasselbe gilt für das 75-Prozent-Perzentil: 75 Prozent aller Messwerte sind kleiner oder gleich.

*Primärenergie, Primärenergieverbrauch, Primärenergieträger:* Als Primärenergie wird jene Energie bezeichnet, die in den natürlich vorkommenden Energieträgern, wie Biomasse, Erdöl, Erdgas und Kohle, enthalten ist, ohne dass der Energieträger einem Umwandlungsprozess unterzogen

wurde, sowie die aus natürlichen Energiequellen wie Wind, solarer Strahlung und →*Geothermie* entnommene Energie. Der Primärenergieverbrauch eines Landes berechnet sich aus dem gesamten Energieaufkommen im Inland, abzüglich etwaiger Energieexporte und Bestandsaufstockungen. Er berücksichtigt auch den Außenhandelssaldo von Sekundärenergieträgern, also solchen Energieträgern, die bereits einer Umwandlung unterzogen wurden.

*Primärenergieproduktivität:* Die Primärenergieproduktivität gibt das Verhältnis von Bruttoinlandsprodukt und Primärenergieverbrauch wieder. Sie wird als Maßstab für die Effizienz im Umgang mit Energie herangezogen. Je höher sie ist, umso weniger Energie muss für die gleiche Wirtschaftsleistung eingesetzt werden. Um die Primärenergieproduktivität unterschiedlicher Jahre vergleichen zu können, wird das Bruttoinlandsprodukt preisbereinigt.

*Quellschüttung:* Das in einer bestimmten Zeit aus dem Grundwasser an einer Quelle austretende Wasservolumen, gemessen in [l/s oder m³/s]. Die Schüttung einer Quelle kann abhängig von Niederschlag, Verdunstung und den Speichereigenschaften der Gesteine mehr oder weniger stark schwanken.

*Rohwasser:* Wasser, das mit einer Wassergewinnungsanlage der Wasserressource entnommen und unmittelbar zu Trinkwasser aufbereitet oder ohne Aufbereitung als Trinkwasser verteilt werden soll.

*Rote Listen der gefährdeten Arten:* Die Roten Listen sind Verzeichnisse ausgestorbener, verschollener und gefährdeter Tier- und Pflanzenarten. Sie werden für Bayern vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz herausgegeben.

*Rutschung:* Erd- und Gesteinsmassen (der sogenannte „Rutschkörper") gleiten, rollen oder fließen hangabwärts, wobei sie den Kontakt zum Untergrund nicht verlieren.

*Schwammstadt:* Ein modernes Regenwassermanagement im Sinne des Schwammstadt-Prinzips zielt darauf ab, Flächen zu schaffen, die große Mengen an Wasser im Falle von →*Starkregen* aufnehmen und bei Trockenheit und Hitze durch Verdunstung wieder abgeben können. Ziel ist es, dass Regenwasser dort aufzufangen, wo es niederfällt, und in den →*natürlichen Wasserkreislauf* einzuspeisen. Eine Schwammstadt will daher anfallendes Regenwasser nicht einfach über die Kanalisation ableiten, sondern es lokal aufnehmen und speichern – sich damit also vollsaugen wie ein Schwamm.

*Schwermetalle:* Gruppe verschiedener Metalle, die eine hohe Dichte aufweisen. Schwermetalle wie Blei, Cadmium und Quecksilber können dem menschlichen Organismus schon in geringen Dosen schaden. Andere Schwermetalle wie Zink, Eisen oder Kupfer sind dagegen – in kleinen Mengen – lebenswichtig für den Körper. Diese werden als Spurenelemente bezeichnet.

*Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU):* Der SRU berät seit 1972 die Bundesregierung und ist damit eine der ältesten Institutionen wissenschaftlicher Beratung für die deutsche Umweltpolitik. Er setzt sich aus sieben Professorinnen und Professoren mit besonderer Umweltexpertise in verschiedenen Fachdisziplinen zusammen. Diese werden von der Bundesregierung für vier Jahre ernannt. Der SRU ist unabhängig und arbeitet interdisziplinär. Er bestimmt seine Themen selbst.

*Starkregenereignis, Starkregen:* Von Starkregen spricht man bei großen Niederschlagsmengen je Zeiteinheit. Abhängig von der wissenschaftlichen Fragestellung existieren verschiedene Definitionen des Begriffs, die charakteristischen Niederschlagsmengen hängen darüber hinaus von der jeweiligen Klimazone ab. Starkregen kann überall auftreten und zu schnell ansteigenden Wasserständen sowie zu Überschwemmungen führen. Häufig geht Starkregen mit Bodenerosion einher.

*Stickstoffdioxid:* Stickstoffdioxid ist ein Gas, das vor allem bei der Verbrennung in Motoren, insbesondere Dieselmotoren, entsteht. Weitere Quellen sind Heizungen, die mit Kohle, Öl, Gas oder Holz befeuert werden.

*Stickstoffkreislauf:* Der Stickstoffkreislauf beschreibt die stetige Wanderung und chemische Umsetzung von Stickstoff in Böden und Gewässern. Dabei wird elementarer Stickstoff (N) aus der Luft aufgenommen und biochemisch umgewandelt, sodass diese Nährstoffquelle für unterschiedliche Organismen nutzbar wird.
Während dieser Umwandlungsprozesse liegt Stickstoff in Form von →*Ammonium* ($NH_4^+$), →*Ammoniak* ($NH_3$), →*Nitrit* ($NO_2$), →*Nitrat* ($NO_3$) oder Lachgas ($N_2O$) anorganisch im Gewässer oder Boden vor oder wird innerhalb der Organismen organisch in Strukturen wie Proteine und Fette eingebaut.

*Stickstoff-Flächenbilanz:* Die Flächenbilanz betrachtet die Zu- und Abfuhr von Stickstoff auf landwirtschaftlichen Nutzflächen. Auf die Fläche gelangt Stickstoff in Form von Mineraldünger (künstlich hergestellter Dünger), Wirtschaftsdünger (Gülle, Mist) und Sekundärrohstoffdünger (Klärschlamm, Kompost), durch Einträge aus der Atmosphäre sowie durch Leguminosen (stickstoffanreichernde Pflanzen).

Bei der Ernte wird den Flächen dann wieder ein Teil des Stickstoffs entzogen. Die Differenz (Saldo) zwischen Zufuhr und Abfuhr zeigt mögliche Stickstoffüberschüsse auf.

*Sturzflut:* Sturzfluten sind plötzlich auftretende Überschwemmungen als Folge heftiger Starkregenfälle in höher gelegenem Terrain. Sie sind aufgrund ihres plötzlichen Auftretens und des rasch sehr hoch steigenden, extrem schnell fließenden Wassers sehr gefährlich. Innerhalb von Sekunden entfaltet sich eine ungeheure Kraft, die ausreicht, beispielsweise Mauern oder Brücken einfach mitzureißen. Im Gegensatz zu anderen Hochwasserarten spricht man von einer Sturzflut, wenn zwischen verantwortlichem Niederschlagsereignis und hereinbrechender Flut weniger als sechs Stunden vergehen.

*Tonnenkilometer:* Eine wichtige Kennzahl für die Bestimmung der Leistungen im Güterverkehr: Zurückgelegte Kilometer multipliziert mit der beförderten Gütermenge in Tonnen.

*Treibhausgase, Treibhausgasemissionen:* Bestimmte Gase absorbieren in der Atmosphäre die von der Erde abgestrahlte Wärme und strahlen sie teilweise auf die Erde zurück. Dies führt, vergleichbar mit einem Gewächshaus, zum sogenannten Treibhauseffekt, einer Temperaturerhöhung von Boden, Luft und Wasserflächen. Der Effekt ist grundsätzlich überlebenswichtig, aber eine steigende Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre führt zur stetigen Erwärmung des Planeten und zum Klimawandel.
Die Beiträge verschiedener Treibhausgase zum Klimawandel direkt zu vergleichen ist keine einfache Angelegenheit: Einige Treibhausgase verweilen nicht nur unterschiedlich lang in der Atmosphäre, jede Substanz wirkt zudem unterschiedlich stark, je nachdem wie viel Wärmestrahlung sie absorbiert bzw. reflektiert.
Ein Weg, um die Klimawirkungen vergleichbar zu machen, ist das Konzept der Treibhausgaspotenziale (engl. Global Warming Potentials, kurz GWP): Dabei wird die Klimawirkung innerhalb eines festgelegten Zeithorizonts auf Kohlendioxid bezogen, so dass alle Emissionen in sogenannten →*$CO_2$-Äquivalenten* vorliegen.

*Versauerung:* Einträge von Stickstoff- und Schwefelverbindungen führen im Boden zur Versauerung, womit eine Abnahme des pH-Werts und die Veränderung des chemischen Gleichgewichts einhergeht. Der Boden verliert sein Pufferungs- und Filtervermögen und damit die Fähigkeit, Ökosysteme zu stabilisieren sowie unerwünschte Stoffeinträge beispielsweise ins Grundwasser oder in empfindliche benachbarte Ökosysteme zu unterbinden.

*Versiegelung*: siehe *Bodenversiegelung*

*Vertraglich gesicherte Flächen, Vertragsnaturschutzflächen:* Flächen, auf denen Maßnahmen im Rahmen des *Vertragsnaturschutzprogramms (VNP)* und des Landschaftspflegeprogramms durchgeführt werden. Ziel der Programme ist es, die Leistungsfähigkeit des Naturhaushalts zu sichern und zu verbessern sowie die Lebensräume und Lebensgemeinschaften der heimischen Tier- und Pflanzenwelt zu erhalten. Das Programm fördert eine schonende Bewirtschaftung von →*gesetzlich geschützten Biotopflächen:* Mit dem Erschwernisausgleich werden Landwirte für entstehende Zusatzkosten und Einkommensverluste entschädigt.

*Vitalitäts-Check:* Instrument der Verwaltung für Ländliche Entwicklung, um die Innenentwicklungspotenziale in Gemeinden zu ermittelt und aufzubereiten. Vorhandene Gebäude- und Flächenpotenziale sollen für Wohnen- und Gewerbezwecke sowie Einrichtungen der Grundversorgung und des Gemeinschaftslebens revitalisiert werden.

*Waldumbau:* Beim Waldumbau handelt es sich um forstwirtschaftliche Maßnahmen zur Änderung der Waldstrukturen. Diese bezieht sich überwiegend auf die Anpassung der Baumartenzusammensetzung und Verteilung der Altersklassen. In der Regel ist das Ziel, Waldbestände mit natürlichen Strukturen und Stoffkreisläufen zu schaffen. Meist sollen klimaempfindliche, einförmige oder standortsfremde Wälder (häufig Nadelwälder) durch waldbauliche Maßnahmen hin zu widerstandsfähigen, standortsgerechten Mischwäldern entwickelt werden.

*Waldzustandserhebung:* Der Zustand der Wälder wird jährlich bundesweit an festen Aufnahmeorten erfasst. Seit rund 40 Jahren beobachtet die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft die Vitalität der Bayerischen Wälder. Die Waldzustandserhebung dient dazu, den Einfluss von biotischen und abiotischen Faktoren auf die Gesundheit der Waldbäume zu beschreiben. Dabei ist der Verlust der Nadel- bzw. Blattmasse bei den Stichprobenbäumen im Vergleich zu einem gesunden Baum der entscheidende Kernparameter.

*Natürlicher Wasserkreislauf:* Das auf der Erde zur Verfügung stehende Wasser befindet sich in ständigem Kreislauf auf globaler wie auf regionaler Ebene. Es fällt in Form von Niederschlag auf die Erde, versickert durch den Boden ins Grundwasser oder fließt in Oberflächengewässer ab, durch Verdunstung von Land- und Wasseroberflächen steigt es wieder in die Atmosphäre auf.

# Literatur und Internet

(1) Umweltindikatoren: Aktuelle Trends auf einen Blick, Internetangebot des Bayerischen Landesamts für Umwelt. https://www.lfu.bayern.de/umweltdaten/indikatoren/index.htm

(2) Bayerisches Umweltinformationsgesetz (BayUIG) vom 8.12.2006, Bayerische Staatsregierung. https://www.gesetze-bayern.de/Content/Document/BayUIG

(3) Bericht zur Lage der Natur, Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (2023). https://www.lfu.bayern.de/natur/bericht_lage_natur/index.htm

(4) Indikatorenbericht zur nachhaltigen Entwicklung in Bayern, Bayerisches Landesamt für Statistik [Hrsg.] (2021). https://www.statistik.bayern.de/mam/produkte/veroffentlichungen/2021_indikatorenbericht_nachhaltigkeit.pdf

(5) Bayerns Klima im Wandel – Heute und in der Zukunft, Broschüre zum kostenlosen Download (4. Aufl. 2022), Bayerisches Landesamt für Umwelt [Hrsg.]. https://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_klima_00173.htm

(6) Bayerisches Klimainformationssystem BayKIS, Bayerisches Landsamt für Umwelt [Hrsg.]. https://klimainformationssystem.bayern.de/

(7) Permafrost an der Zugspitze, Bayerisches Landesamt für Umwelt [Hrsg.]. https://www.lfu.bayern.de/geologie/permafrost/zugspitze/index.htm

(8) KLIWA – Klimaveränderung und Wasserwirtschaft, Internetangebot des Arbeitskreis KLIWA [Hrsg.]. https://www.kliwa.de/

(9) Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten im Bayerischen Klimainformationssystem BayKIS, Bayerisches Landesamt für Umwelt [Hrsg.]. https://klimainformationssystem.bayern.de/klimafolgenindikator/I-NA-1

(10) Monitoringbericht 2019 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel: Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) [Hrsg.]. https://www.umweltbundesamt.de/monitoring-zur-das

(11) Beeinflusst der Klimawandel die Jahreszeiten in Bayern? Antworten der Phänologie, Bayerisches Landesamt für Umwelt [Hrsg.] (2014). https://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_klima_00120.htm

(12) Aktuelle Phänologie, Internetangebot des Deutschen Wetterdienstes DWD. https://www.dwd.de/DE/leistungen/phaeno_akt/phaenoakt.html

(13) Länderinitiative Kernindikatoren (LiKi), Internetangebot der Arbeitsgemeinschaft von Umweltfachbehörden der Länder und des Bundes.https://www.liki.nrw.de

(14) Bayerisches Klimaschutzgesetz (BayKlimaG) vom 23. November 2020, Bayerische Staatskanzlei [Hrsg.]. https://www.gesetze-bayern.de/Content/Document/BayKlimaG

(15) Umweltökonomische Gesamtrechnung der Länder, Bayerisches Landesamt für Statistik [Hrsg.]. https://www.statistik.bayern.de/statistik/gesamtrechnungen/ugr/index.html

(16) Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) vom 12. Dezember 2019. https://www.gesetze-im-internet.de/ksg/inhalts_bersicht.html

(17) Die Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie, Internetangebot der Bundesregierung. https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/nachhaltigkeitspolitik/deutsche-nachhaltigkeitsstrategie-318846

(18) BayKlimaG – Bayerisches Klimaschutzgesetz, Internetangebot des Bayerischen Landesamts für Umwelt im Rahmen Umweltpakt Bayern. https://www.umweltpakt.bayern.de/energie_klima/recht/bayern/444/bayklimag-bayerisches-klimaschutzgesetz

(19) Klimaschutzgesetz: Generationenvertrag für das Klima, Internetangebot der Bundesregierung. https://www.bundesregierung.de/breg-de/schwerpunkte/klimaschutz/klimaschutzgesetz-2021-1913672

(20) Bayerische Nachhaltigkeitsstrategie, Internetangebot des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz [Hrsg.].
https://www.nachhaltigkeit.bayern.de/

(21) Stellungnahme des Sachverständigenrats für Umweltfragen (2022).
https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04_Stellungnahmen/2020_2024/2022_06_fragen_und_antworten_zum_co2_budget.pdf?__blob=publicationFile&v=30

(22) Energiedaten – Internetangebot des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie [Hrsg.].
https://www.stmwi.bayern.de/energie/energiedaten/

(23) Bayerisches Aktionsprogramm Energie, Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie [Hrsg.].
https://www.stmwi.bayern.de/energie/aktionsprogramm-energie/

(24) Energie-Atlas Bayern, Internetplattform zu den Themen um Erneuerbare Energien, Energieeffizienz und Energiesparen, Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie.
https://www.energieatlas.bayern.de/

(25) Das Bayerische Klimaschutzprogramm gemäß Art. 5 BayKlimaG vom 30.06.2022, Bayerische Staatsregierung.
https://www.stmuv.bayern.de/themen/klimaschutz/klimaschutzgesetz/doc/klimaschutzprogramm_2022.pdf

(26) Bericht aus den Kabinettssitzungen vom 17.05.2022, 06.09.2022 und 13.12.2022, Pressemitteilungen der Bayerischen Staatskanzlei.
https://www.bayern.de/bericht-aus-der-kabinettssitzung-vom-17-mai-2022/
https://www.bayern.de/bericht-aus-der-kabinettssitzung-vom-6-september-2022/
https://www.bayern.de/bericht-aus-der-kabinettssitzung-vom-13-dezember-2022/

(27) Beobachtung von Hangbewegungen, Bayerisches Landesamt für Umwelt [Hrsg.].
https://www.lfu.bayern.de/geologie/massenbewegungen/hangbewegungen/index.htm

(28) Zweiter Bayerischer Gletscherbericht, Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz [Hrsg.] (2021).
https://www.bestellen.bayern.de/shoplink/stmuv_klima_014.htm

(29) Umweltatlas Bayern, Bayerisches Landesamt für Umwelt [Hrsg.].
https://umweltatlas.bayern.de

(30) Darstellung und Analyse der Landschaftszerschneidung in Bayern, Esswein, H. und Schwarz-von Raumer, H.-G. (2006).
https://www.lfu.bayern.de/natur/landschaftszerschneidung/unzerschnittene_raeume/doc/bericht_lz_bz_06.pdf

(31) Unzerschnittene, verkehrsarme Räume in Bayern, Internetangebot des Bayerischen Landesamtes für Umwelt [Hrsg.].
https://www.lfu.bayern.de/natur/landschaftszerschneidung/unzerschnittene_raeume/index.htm

(32) Konzept zur Erhaltung und Wiederherstellung von bedeutsamen Wildtierkorridoren an Bundesfernstraßen in Bayern, Bayerisches Landesamt für Umwelt [Hrsg.] (2008).
https://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_nat_00119.htm

(33) Wildtierkorridore, Internetangebot des Bayerischen Landesamts für Umwelt [Hrsg.].
https://www.lfu.bayern.de/natur/wildtierkorridore/index.htm

(34) Das Übereinkommen über die biologische Vielfalt (CBD), Internetangebot des Bundesamt für Naturschutz BfN.
https://www.bfn.de/das-uebereinkommen-ueber-die-biologische-vielfalt-cbd

(35) Das Monitoring häufiger Brutvögel, Internetangebot des Landesbundes für Vogelschutz in Bayern [Hrsg.].
https://www.lbv.de/mitmachen/fuer-fortgeschrittene/dda-monitoring/?file=files/user_upload/Dokumente/LBV_Infoblaetter_kostenfrei/DDA-Monitoring/DDA-Monitoring_FAQ.pdf

(36) Brutvögel in Bayern, Bezzel, E., Geiersberger, I., von Lossow, G. & Pfeiffer, R. (2005), Ulmer, Stuttgart.

(37) Atlas der Brutvögel in Bayern, Rödl, T., Rudolph, B-U., Geiersberger, I., Weixler, K., Görgen, A (2012), Ulmer, Stuttgart.

(38) Rote Liste gefährdeter Tiere Bayerns ab 2016, Bayerisches Landesamt für Umwelt [Hrsg.].
https://www.lfu.bayern.de/natur/rote_liste_tiere/2016/index.htm

(39) Förderprogramme des Naturschutzes: Landschaftspflege, Vertragsnaturschutz; Internetangebot des Bayerischen Landesamts für Umwelt.
https://www.lfu.bayern.de/natur/foerderprogramme_naturschutz/index.htm

(40) Natur.Vielfalt.Bayern, Internetangebot des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz [Hrsg.].
https://www.naturvielfalt.bayern.de/index.html

(41) Naturschutzrecht in Bayern – Schutzgebietskategorien nach Bundesnaturschutzgesetz §§ 22–30, und Bayerisches Naturschutzgesetz Art. 13–15 und 23, Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz [Hrsg.] (23.02.2011, zuletzt geändert 23.12.2022).
https://www.gesetze-bayern.de/Content/Document/BayNatSchG-G3

(42) BayernNetzNatur, Internetangebot zu Themen der Erhaltung der biologischen Vielfalt in Bayern, Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz.
https://www.naturvielfalt.bayern.de/arten_und_lebensraeume/bayernnetznatur_projekte/index.html

(43) Bayerischer Artenschutzbericht und Artenhilfsprogramme, Internetangebot des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz.
https://www.stmuv.bayern.de/themen/naturschutz/bayerns_naturvielfalt/artenschutz/index.htm

(44) Monitoring der Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert (HNV-Farmland-Monitoring), Bundesamt für Naturschutz BfN.
https://www.monitoringzentrum.de/steckbriefe/monitoring-der-landwirtschaftsflaechen-mit-hohem-naturwert-hnv-farmland-monitoring

(45) Biotopverbund in Bayern, Internetangebot des Bayerischen Artenschutzzentrums, Bayerisches Landesamt für Umwelt [Hrsg.].
https://www.lfu.bayern.de/natur/bayaz/biotopverbund/index.htm

(46) Der Bayerische Streuobstpakt – Ein Meilenstein für die Erhaltung der Kulturlandschaft, Internetangebot des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz.
https://www.stmuv.bayern.de/themen/naturschutz/naturschutzfoerderung/streuobstpakt/index.htm

(47) FlurNatur – Struktur- und Landschaftselemente, Internetangebot des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus (StMELF).
https://www.gesetze-bayern.de/Content/Document/BayWaldG

(48) Bayerisches Waldgesetz vom 22.07.2005, zuletzt geändert am 23.11.2020, Bayerische Staatskanzlei [Hrsg.].
https://www.gesetze-bayern.de/Content/Document/BayWaldG

(49) Waldbericht 2023 und Waldzustandserhebung 2023, Internetangebot des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus.
https://www.stmelf.bayern.de/wald/waldschutz/waldbericht-und-kronenzustandserhebung-waldzustand-in/index.html

(50) Waldpakt für Bayern vom 25. Juni 2023 zwischen der Bayerischen Staatsregierung, den Bayerischen Waldbesitzern, dem Bayerischen Gemeindetag und dem Bayerischen Städtetag; Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus [Hrsg.].
https://www.stmelf.bayern.de/mam/cms01/service/dateien/230623_waldpakt2023_final.pdf

(51) Waldbau, Internetangebot der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft LWF [Hrsg.].
https://www.lwf.bayern.de/waldbau-bergwald/waldbau/index.php

(52) Critical Loads für Säure und eutrophierenden Stickstoff, Nagel HD et al. im Auftrag des Umweltbundesamtes [Hrsg.] (2004).
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/2991.pdf

(53) Eutrophierung und Versauerung, Internetangebot zu Themen der Versauerung und Eutrophierung von Böden und Ökosystemen, Bayerisches Landesamt für Umwelt.
https://www.lfu.bayern.de/luft/schadstoffe_luft/eutrophierung_versauerung/index.htm

(54) Stoffeinträge sind ein Standortsfaktor, Raspe S. et al. (2013) – LWF aktuell 94, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft [Hrsg.].
http://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/boden-klima/dateien/a94_stoffeintraege_sind_ein_standortsfaktor_bf_gesch.pdf

(55) Bewertung von Maßnahmen zur Verminderung von Nitrateinträgen in die Gewässer auf Basis regionalisierter Stickstoff-Überschüsse, Umweltbundesamt (2016).
https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/bewertung-von-massnahmen-zur-verminderung-von

(56) Stickstoff: Lösungsstrategien für ein drängendes Umweltproblem, Sachverständigenrat für Umweltfragen (2015).
https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/02_Sondergutachten/2012_2016/2015_01_SG_Stickstoff_HD.html

(57) Stickstoff – Zuviel des Guten?, Umweltbundesamt [Hrsg.] (2011).
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/4058.pdf

(58) Nitratbericht 2020, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) [Hrsg.].
https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewaesser/nitratbericht_2020_bf.pdf

(59) Düngebedarfsermittlung, Internetangebot der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft LfL [Hrsg.].
https://www.lfl.bayern.de/duengebedarfsermittlung

(60) Die europäische Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und ihre Umsetzung in Bayern, Internetplattform, Bayerisches Landesamt für Umwelt.
https://www.lfu.bayern.de/wasser

(61) Wasserzukunft Bayern 2050, Bayerisches Staatsministerium für Umwelt- und Verbraucherschutz.
https://www.stmuv.bayern.de/themen/wasserwirtschaft/wasserzukunft_bayern_2050/index.htm

(62) Einfluss des Klimawandels auf Seen, Publikation des Arbeitskreis KLIWA (2022).
https://www.kliwa.de/_download/Literaturstudie-Seen-2015-aktuelle-Fassung-220623.pdf

(63) Gewässerökologie, Internetangebot des Bayerischen Landesamts für Umwelt.
https://www.lfu.bayern.de/wasser/klimawandel_wasserhaushalt/auswirkung_auf_wasserhaushalt/gewaesseroekologie/index.htm

(64) Niedrigwasser in Süddeutschland. Analysen, Szenarien und Handlungsempfehlungen, KLIWA-Heft 23, Bayerisches Landesamt für Umwelt [Hrsg.] (2018).
https://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_klima_00159.htm

(65) Pilotstudie Niedrigwasser Naab und Sächsische Saale – Bericht der Kooperation KLIWA, Bayerisches Landesamt für Umwelt [Hrsg.] (2018).
https://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_klima_00160.htm

(66) Moore, Internetinformation des Bayerischen Artenschutzzentrums im Bayerischen Landesamt für Umwelt [Hrsg.].
https://www.lfu.bayern.de/natur/bayaz/moore/modellvorhaben/index.htm

(67) boden:ständig – Die Praxisplattform für Boden und Gewässerschutz, KIGG Gesellschaft für strategische Kommunikation mbH, Augsburg, [Hrsg.], im Auftrag der Bayerischen Verwaltung für Ländliche Entwicklung, München.
https://www.boden-staendig.eu/

(68) Bayerisches Kompetenzzentrum für Gesundheitsschutz im Klimawandel, Internetangebot des Bayerischen Landesamts für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit.
https://www.lgl.bayern.de/gesundheit/umweltbezogener_gesundheitsschutz/klimawandel_gesundheit/kompetenzzentrum/index.htm

(69) Landesarbeitsgemeinschaft Gesundheitsschutz im Klimawandel (LAGiK), Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit.
https://www.lgl.bayern.de/gesundheit/umweltbezogener_gesundheitsschutz/klimawandel_gesundheit/lagik/index.htm

(70) Hitzeaktionspläne in Kommunen, Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit [Hrsg.] (2023).
https://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lgl_ges_00090.htm

(71) Umweltinitiative Stadt.Klima.Natur, Internetangebot des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz.
https://www.stadtklimanatur.bayern.de/index.html

(72) Hitzewarnsystem, Internetangebot des Deutschen Wetterdienstes.
https://www.hitzewarnungen.de/index.jsp

(73) Monitoringbericht 2023 Klimafolgen und Klimaanpassung Bayern: Indikator I-GE-1 Hitzebelastung, Seite 54; Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz [Hrsg.] (2023).
https://www.bestellen.bayern.de/shoplink/stmuv_klima_020.htm

(74) Verbundprojekt Klimawandel und Gesundheit in Bayern (VKG), Internetangebot der Bayerischen Staatsministerien für Gesundheit und Pflege sowie für Umwelt und Verbraucherschutz.
https://www.vkg.bayern.de

(75) Immissionsmessungen LüB – Lufthygienisches Landesüberwachungssystem Bayern, Internetangebot zu Daten und Fakten der Luftüberwachung, Bayerisches Landesamt für Umwelt.
https://www.lfu.bayern.de/luft/immissionsmessungen/index.htm

(76) Luftreinhalteplan der Stadt München, Internetangebot der München Betriebs GmbH & Co. KG (Landeshauptstadt München und Stadtwerke München GmbH).
https://stadt.muenchen.de/infos/luftreinhalteplan.html

(77) Radverkehrsprogramm Bayern 2025, Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr [Hrsg.] (2021).
https://www.radverkehr.bayern.de/assets/stmi/miniwebs/radverkehr/stmb_radverkehrsprogramm_2025.pdf

(78) Leitlinien der WHO für Umgebungslärm für die Europäische Region (2018).
https://www.who.int/europe/de/publications/i/item/WHO-EURO-2018-3287-43046-60243

(79) EG-Umgebungslärmrichtlinie, Internetangebot zu Themen der EG-Umgebungslärmrichtlinie des Bayerischen Landesamts für Umwelt.
https://www.lfu.bayern.de/laerm/eg_umgebungslaermrichtlinie/index.htm

(80) Ergebnisse der Lärmkartierung, Internetangebot des Bayerischen Landesamts für Umwelt.
https://www.lfu.bayern.de/laerm/eg_umgebungslaermrichtlinie/ergebnisse/index.htm

(81) Umweltwissen Lärm – Straße und Schiene, Bayerisches Landesamt für Umwelt [Hrsg.] (2022).
https://www.lfu.bayern.de/buerger/doc/uw_36_laerm_strasse_schiene.pdf

(82) Bayerische ÖPNV-Strategie 2030, Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr [Hrsg.] (2022).
https://www.stmb.bayern.de/med/aktuell/archiv/2022/221208oepnvstrategie

(83) BAYSIS – Bayerisches Straßeninformationssystem, Internetangebot der Landesbaudirektion Bayern.
https://www.baysis.bayern.de/web

(84) Rahmenplan Straßenverkehrsmanagement Bayern, Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr [Hrsg.] (2018).
https://www.bayerninfo.de/fileadmin/BayernInfo/PDF/bi_rahmenplan.pdf

(85) Bundesverkehrswegeplan 2030, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur [Hrsg.] (2016).
https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/bundesverkehrswegeplan-2030-gesamtplan.pdf?__blob=publicationFile

(86) Deutschlandticket, Bundesregierung (2023).
https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/deutschlandticket-2134074

(87) Nitrat im Grundwasser, Internetangebot des Bayerischen Landesamtes für Umwelt.
https://www.lfu.bayern.de/wasser/grundwasser_nitrat/index.htm

(88) Antimony 2015: 3rd International Workshop on Antimony in the Environment, 6–9 October, 2015 Leipzig (Germany) – Helmholtz Centre for Environmental Research, Filella, M., Daus, B. et al. (2015), Leipzig.

(89) Hintergrundwerte der atmosphärischen Deposition, Bayerisches Landesamt für Umwelt [Hrsg.] (2021).
https://www.lfu.bayern.de/luft/schadstoffe_luft/schwermetalle/ergebnisse/doc/hintergrundwerte_atmosphaer_depo.pdf

(90) Schwermetalle: Eintrag, Anreicherung und Bewertung, Internetangebot zu Themen des Metalleintrags in Ökosysteme, Bayerisches Landesamt für Umwelt.
https://www.lfu.bayern.de/luft/schadstoffe_luft/schwermetalle/index.htm

(91) „Zero-Pollution"-Aktionsplan der EU-Kommission, Internetangebot der Europäischen Umweltagentur.
https://www.eea.europa.eu/de/highlights/null-schadstoff-ziele-fuer-2030

(92) Instrumente zur Klimaanpassung vor Ort – Eine Arbeitshilfe für Kommunen in Bayern, Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz [Hrsg.] (2023).
https://www.bestellen.bayern.de/shoplink/stmuv_klima_016.htm

(93) Maßnahmen der grünen und blauen Infrastruktur zur Klimaanpassung im besiedelten Bereich, Internetangebot des Bayerischen Landesamtes für Umwelt.
https://www.lfu.bayern.de/werkzeuge/klimaanpassung/index.htm

(94) Beratungsstelle Energieeffizienz und Nachhaltigkeit, Internetangebot der Bayerischen Architektenkammer.
https://www.byak.de/planen-und-bauen/beratungsstelle-energieeffizienz-und-nachhaltigkeit.html

(95) Zentrum Stadtnatur und Klimaanpassung, Internetangebot der Technischen Universität München.
https://www.zsk.tum.de/zsk/startseite

(96) Niedrigwasser, Dürre und Grundwasserneubildung – Bestandsaufnahme zur gegenwärtigen Situation in Deutschland, den Klimaprojektionen und den existierenden Maßnahmen und Strategien, Umweltbundesamt [Hrsg.] (2021).
https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/niedrig-wasser-duerre-grundwasserneubildung

(97) Entwicklung der Grundwassersituation in Bayern, Internetangebot des Bayerischen Landesamts für Umwelt.
https://www.lfu.bayern.de/wasser/grundwassersituation_bayern/index.htm

(98) Land: schaf(f)t: Wasser, Bericht der Expertenkommission Wasserversorgung in Bayern (2021).
https://www.wasser.tum.de/fileadmin/w00bup/wasser/Expertenkomission_Bericht_Wasserversorgung_Bayern/Kommissionsbericht_Wasserversorgung_in_Bayern.pdf

(99) Wasserkreislauf und -bilanzen, Internetangebot des Bayerischen Landesamts für Umwelt.
https://www.lfu.bayern.de/wasser/wasser_kreislauf_bilanzen/index.htm

(100) Wasserversorgung in Bayern – Grundsätze und Ziele, Internetangebot des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz.
https://www.stmuv.bayern.de/themen/wasserwirtschaft/versorgung/index.htm

(101) Öko-Landbau in Bayern – Faltblattreihe, Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten [Hrsg.] (2020).
https://www.bestellen.bayern.de/shoplink/08082016.htm

(102) Biodiversitätsstrategie und Biodiversitätsprogramm, Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz.
https://www.stmuv.bayern.de/themen/naturschutz/bayerns_naturvielfalt/biodiversitaet/index.htm

(103) Die EU-Rechtsvorschriften für den ökologischen Landbau – Die EU-Öko-Basisverordnung und ihre Durchführungsbestimmungen, Internetangebot des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft.
https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/oekologischer-landbau/aenderungen-oekoverordnung.html

(104) Ökologischer Landbau in Deutschland, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft [Hrsg.] (2023).
https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/OekolandbauDeutschland.html

(105) Bodenmanagement – Grundbesitz neu ordnen und Landbesitz koordinieren, Internetangebot des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus (StMELF), Amt für Ländliche Entwicklung Oberbayern [Hrsg.]
https://www.ale-oberbayern.bayern.de/132168/index.php

(106) Bündnis zum Flächensparen, Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz [Hrsg.].
https://www.stmuv.bayern.de/themen/boden/flaechensparen/buendnis.htm

(107) Landesentwicklungsprogramm Bayern (LEP), Bayerisches Staatministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie [Hrsg.] (2023).
https://www.stmwi.bayern.de/landesentwicklung/instrumente/landesentwicklungsprogramm/

(108) Flächenmanagement – vorausschauende Stadt- und Ortsentwicklung, Internetangebot des Bayerischen Staatsministeriums für Wohnen, Bau und Verkehr.
https://www.stmb.bayern.de/buw/staedtebau/flaechensparen/flaechenmanagement/index.php

(109) Bauland- und Innenentwicklungspotenziale in deutschen Städten und Gemeinden, Bundesinstitut für Bau-Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung [Hrsg.] (2022).
https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2022/bbsr-online-11-2022.html

(110) Satellitengestützte Erfassung der Bodenversiegelung in Bayern, Bayerisches Landesamt für Umwelt [Hrsg.] (2018).
https://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_all_00054.htm

(111) Flächensparoffensive Bayern, Internetangebot des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie.
https://www.flaechensparoffensive.bayern/

(112) Flächenschonen – Förderinitiativen „Innen statt Außen“ und „Flächenentsiegelung“ der Bayerischen Staatsregierung, Internetangebot des Bayerischen Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr [Hrsg.].
https://www.stmb.bayern.de/buw/staedtebaufoerderung/foerderschwerpunkte/flaechenschonen/index.php

(113) Dorferneuerung, Internetangebot des Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus [Hrsg.].
https://www.stmelf.bayern.de/foerderung/dorferneuerung-in-bayern/index.html

(114) Flächenmanagement-Datenbank – praktische Hilfe für Kommunen, Programm zum Download im Internetangebot des Bayerischen Landesamts für Umwelt [Hrsg.].
https://www.lfu.bayern.de/umweltkommunal/flaechenmanagement/fmdb/index.htm

(115) FolgekostenSchätzer – Die Zukunft im Blick, Programm zum Download im Internetangebot des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz.
https://www.lfu.bayern.de/umweltkommunal/flaechenmanagement/folgekostenschaetzer/index.htm

(116) Flächensparen in Bayern, Internetangebot des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz.
https://www.stmuv.bayern.de/themen/boden/flaechensparen/index.htm

(117) Alte Lasten – neue Chancen – Rückblick, Einblick und Ausblick, Bayerisches Landesamt für Umwelt [Hrsg.] (2011).
https://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_bod_00075.htm

(118) Chance Flächenrecycling – Zukunft ohne Altlasten – Ratgeber für Kommunen und Investoren, Bayerisches Landesamt für Umwelt [Hrsg.] (2019).
https://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_bod_00046.htm

(119) Kataster nach Art. 3 BayBodSchG („Altlastenkataster“), Internetangebot zu Themen des Altlastenkatasters Bayern, Bayerisches Landesamt für Umwelt.
https://www.lfu.bayern.de/altlasten/altlastenkataster/index.htm

(120) Hausmüll in Bayern – Bilanzen 2022 – Informationen aus der Abfallwirtschaft, Bayerisches Landesamt für Umwelt [Hrsg.] (2023).
https://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_abfall_00274.htm

(121) Abfall – vermeiden, verwerten, beseitigen, Internetangebot des Bayerischen Landesamt für Umwelt [Hrsg.].
https://www.lfu.bayern.de/abfall/index.htm

(122) Bayerisches Abfallwirtschaftsgesetz – BayAbfG vom 9. August 1996, zuletzt geändert 25. Mai 2021, Bayerische Staatsregierung.
https://www.gesetze-bayern.de/Content/Document/BayAbfAIG/True

(123) Faktor X, Internetangebot zu Themen der effizienten und umweltschonenden Nutzung natürlicher Ressourcen, Umweltbundesamt.
https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/ressourcenschonung-in-produktion-konsum/faktor-x

(124) Die Nutzung natürlicher Ressourcen. Bericht für Deutschland 2022, Umweltbundesamt (2022).
https://www.umweltbundesamt.de/ressourcenbericht2022

(125) Leitfaden für die Vorbereitung zur Wiederverwendung, Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (2019).
https://www.bestellen.bayern.de/shoplink/stmuv_abfall_006.htm

(126) Nachhaltigkeit in Kommunen im Rahmen der Bayerischen Nachhaltigkeitsstrategie, Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz.
https://www.stmuv.bayern.de/themen/agenda/kommunen/beispiele/wirtschaft.htm

(127) Ressourceneffizienz-Zentrum Bayern – REZ, Internetseite zum effizienten Einsatz von Materialien und Rohstoffen, Bayerisches Landesamt für Umwelt.
https://www.umweltpakt.bayern.de/rez/

(128) Bayerische Ressourcenstrategie, Internetangebot des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz.
https://www.stmuv.bayern.de/themen/ressourcenschutz/ressourcenstrategie/index.htm

(129) Infozentrum Umwelt-Wirtschaft (IZU) für nachhaltiges Wirtschaften und betrieblichen Umweltschutz, Internetangebot des Bayerischen Landesamts für Umwelt.
https://www.umweltpakt.bayern.de/izu/

(130) Integrierte Produktpolitik, Internetangebot des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz.
https://www.stmuv.bayern.de/themen/ressourcenschutz/ressourceneffizienz/ipp.htm

(131) Gewässerkundlicher Jahresbericht 2022: Grund- und Bodenwasser, Internetangebot des Bayerischen Landesamts für Umwelt.
https://www.lfu.bayern.de/wasser/gewaesserkundlicher_jahresbericht_2022/grund_bodenwasser/index.htm

(132) Hydrogeologie in Bayern, Internetangebot des Bayerischen Landesamts für Umwelt.
https://www.lfu.bayern.de/geologie/hydrogeologie/index.htm

(133) Niedrigwasser-Informationsdienst Bayern, Internetangebot des Bayerischen Landesamts für Umwelt.
https://www.nid.bayern.de/

(134) Bundesministerium für Digitales und Verkehr Artikel „Verkehr in Zahlen", Bundesministerium für Digitales und Verkehr [Hsg.].
https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/verkehr-in-zahlen.html

# Bildnachweis

Adobe Stock:
© Robert Poorten – stock.adobe.com: Seite 4 links, Seite 20; © Sonja Birkelbach – stock.adobe.com: Seite 5 links, Seite 66; © MaxSafaniuk – stock.adobe.com: Seite 5 rechts, Seite 90; © Frank Lambert – stock.adobe.com: Seite 9; © Ronald Rampsch – stock.adobe.com: Seite 10 oben; © mmphoto – stock.adobe.com: Seite 10 unten; © Wolfilser – stock.adobe.com: Seite 11 oben; © BAHADIR YENICERI – stock.adobe.com: Seite 11 unten; © schulzfoto – stock.adobe.com: Seite 12 oben links, Seite 100; © Dieter Kenz – stock.adobe.com: Seite 12 oben rechts; © Thomas Otto – stock.adobe.com: Seite 13 oben; © imageBROKER – stock.adobe.com: Seite 13 unten; © ecwo – stock.adobe.com: Seite 14; © Marco2811 – stock.adobe.com: Seite 16 oben; © Adrian – stock.adobe.com: Seite 16 unten; © Werner – stock.adobe.com: Seite 17 oben; © Kadmy – stock.adobe.com: Seite 17 unten; © brudertack69 – stock.adobe.com: Seite 18 oben links; © Jacob Lund – stock.adobe.com: Seite 18 oben rechts; © Astrid Gast – stock.adobe.com: Seite 18 unten; © Eyetronic – stock.adobe.com: Seite 19 oben; © mekcar – stock.adobe.com: Seite 19 Mitte; © Kostiantyn – stock.adobe.com: Seite 19 unten; © Tadej – stock.adobe.com: Seite 24; © MoniStock – stock.adobe.com: Seite 28; © allessuper_1979 – stock.adobe.com: Seite 30, Seite 86; © Ingo Bartussek – stock.adobe.com: Seite 32; © Pugun & Photo Studio – stock.adobe.com: Seite 34; © keBu.Medien – stock.adobe.com: Seite 44, Seite 58; © Gerhard – stock.adobe.com: Seite 46; © fottoo – stock.adobe.com: Seite 50; © Blickfang – stock.adobe.com: Seite 52; © Sinuswelle – stock.adobe.com: Seite 54; © Rostislav – stock.adobe.com: Seite 60; © christiane65 – stock.adobe.com: Seite 62; © kristina rütten – stock.adobe.com: Seite 65 oben, Seite 104; © LincB – stock.adobe.com: Seite 70; © Christian Müller – stock.adobe.com: Seite 72; © Markus Mainka – stock.adobe.com: Seite 74; © Comofoto – stock.adobe.com: Seite 80; © Otto Durst – stock.adobe.com: Seite 82; © DedMityay – stock.adobe.com: Seite 84; © artfocus – stock.adobe.com: Seite 89 oben; © DiedovStock – stock.adobe.com: Seite 96; © Madrugada Verde – stock.adobe.com: Seite 98; © jeho.photography – stock.adobe.com: Seite 102; © Vladyslav – stock.adobe.com: Seite 106; © sittinan – stock.adobe.com: Seite 108

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU):
verändert nach UN-Nachhaltigkeitsziele: Seite 7; Seite 8; Seite 15; Seite 38; alle Diagramme; LfU, Nadeeka Pinto, Grafiken Schutzgüter; LfU, Karl Mayer: Seite 36 oben; LfU, Peter Thom: Seite 36 unten; LfU, Johannes Rost: Seite 112

Sonstige:
Bayerische Vermessungsverwaltung: Karte Seite 37, Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung – www.geodaten.bayern.de, Lizenz: CC BY 4.0, 2023

Prof. Dr. Carl Beierkuhnlein: Seite 42

Alicia Bilang, München: Seite 88 links

Hans Frieß, Diedorf: Seite 78 und Seite 89 unten

Dr. Otmar Fugmann, Flugmann-Luftbilder, Kronach: Titelbild

Fridtjof Gilck, Eschenlohe: Seite 48

Lukas Ittner, Wielenbach: Seite 63

Florian Knülle, Grafing b. München: Seite 4 rechts, Seite 40

Prof. Dr. Michael Krautblatter: Seite 22

Labant, CC BY-SA 3.0 <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>, via Wikimedia Commons heruntergeladen am 25.07.2024, Seite 76

Dr. Martin Mörtl, Hof: Seite 64 unten

Joachim Nittka, Augsburg: Seite 26

Hubert Schraml, Neumarkt i. d. Oberpfalz: Seite 56

Stefanie Schuster: Seite 88 rechts

Ondřej Spisar, BIVALVIA s.r.o.: Seite 64 oben

Stadtwerke Augsburg/Thomas Hosemann: Seite 110

Technische Universität München: Seite 92

Universität Augsburg: Seite 68

Unsplash/mehmet ali turan: Seite 94

WWA Traunstein, Andreas Philipp: Seite 65 unten

Dr. Andreas Zehm, Weilheim: Seite 12 unten



Eine Behörde im Geschäftsbereich
Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz

